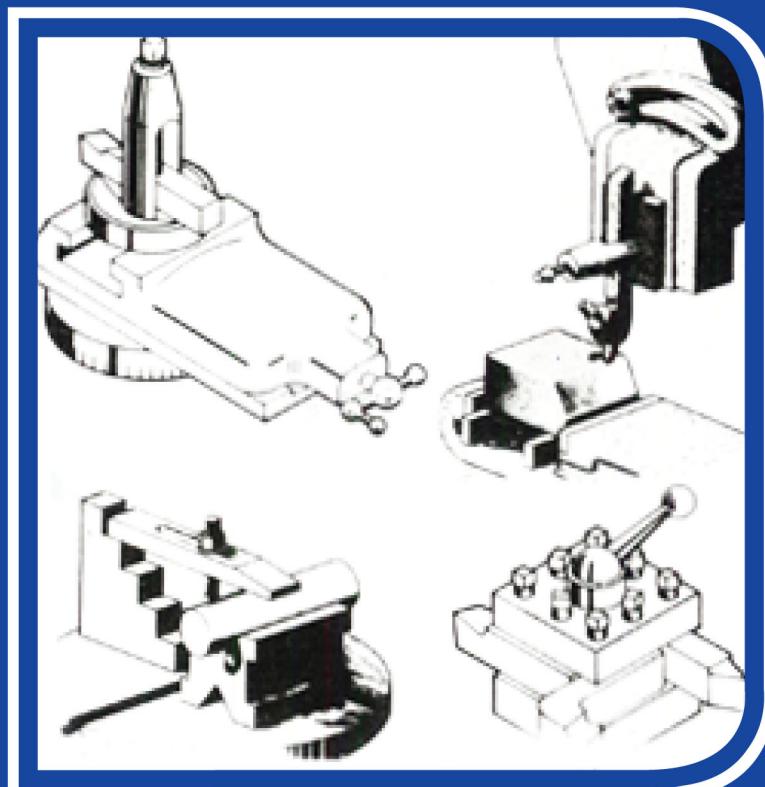




# ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ II

Πέτρου Γ. Πετροπούλου

ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ Α.Π.Θ.





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ  
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η σύμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλώσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλώσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσεως. Η γλώσσικη επεξεργασία των βιβλίων ανατίθε-

ται σε φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέση στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

**Μιχαήλ Αγγελόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

**Αλέξανδρος Σταυρόπουλος**, καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

**Ιωάννης Τεγόπουλος**, καθηγητής ΕΜΠ.

**Σταμάτης Παλαιοκρασάς**, Σύμβουλος – Αντιπρόεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

**Εμμανουήλ Τρανούδης**, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.

**Σύμβουλος** επί των εκδόσεων του Ιδρύματος **Κων. Μανάφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

**Γραμματέας** της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

### Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

**Γεώργιος Κακριδής** (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, **Άγγελος Καλογεράς** (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιας** (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετοιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγιώτης Χατζηιωάννου** (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Αλέξανδρος Ι. Παππάς** (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, **Χρυσόστομος Καβουνίδης** (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Γεώργιος Ρούσσος** (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, **Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδοσίου** (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταματίου** (1988-1990) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσεως ΥΠΕΠΘ.



# ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ II

Π.Γ. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ  
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ Α.Π.Θ.

ΤΕΥΧΟΣ Α

ΑΘΗΝΑ  
1994





## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

**Βασικό αντικείμενο του πρώτου τεύχους (Α')** του μαθήματος *Μηχανουργική Τεχνολογία - Εργαστήριο II* της Γ' τάξεως του τεχνικού και επαγγελματικού Λυκείου, αλλά και του δευτέρου τεύχους (Β') που θα ακολουθήσει. Είναι οι κατεργασίες καπής των μετάλλων και οι εργαλειομηχανές κοπής.

Η πολύ πλατιά χρήση των κατεργασιών κοπής στη βιομηχανική πράξη, τόσο των βασικών από αυτές (τόρνευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα, φραιζάρισμα και λείανση) και των ποικίλων παραλλαγών τους, αλλά και των ειδικών κατεργασιών (κοπή οδοντώσεων, σπειροτόμηση κλπ.), 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 ωηλής 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 ανάλογα ψηλό.

Όμως, για να συντελεσθεί η μηχανουργική παραγωγή, εκτός από την κατάλληλη κατά περίπτωση εργαλειομηχανή και το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο, συμμετέχουν ο τεχνίτης, που χειρίζεται την εργαλειομηχανή, το κατεργαζόμενο υλικό και ο έλεγχος, τον οποίο διενεργούμε με τη βοήθεια των προβλεπομένων μετρητικών οργάνων. Με τον έλεγχο αυτό διαπιστώνομε κάθε φορά, αν το κομμάτι που κατασκευάζομε ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές, που έχουμε προκαταβολικά θέσει γι' αυτό. Έτσι, πέρα από τα σχετικά με τις κατεργασίες κοπής και με τις εργαλειομηχανές, αφιερώνομε στον τόμο αυτό και ένα ξεχωριστό Κεφάλαιο: τις μηχανουργικές μετρήσεις. Για τα μηχανουργικά υλικά μιλήσαμε στο τρίτο Κεφάλαιο της *Μηχανουργικής Τεχνολογίας - Εργαστήριο I*.

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

Η συγγραφή του βιβλίου αυτού έγινε με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα τού *Υπουργείου*.

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 αποφύγουμε επαναλήψεις, κάνομε πάρα πολλές παραπομπές.

*Τονίζομε ιδιαίτερα και πάλι εδώ, ότι οι γνώσεις που παρέχονται στο μαθητή με το βιβλίο αυτό, θα πρέπει να συνδυάζονται με εποπτική διδασκαλία και με πρακτική άσκηση στο μηχανουργείο και στο Εργαστήριο, για να επιτευχθεί έτσι το βέλτιστο αποτέλεσμα της εκπαίδευσεως. Αυτό επιβάλλει ένα βαρύ φορτίο στο διδάσκοντα.*

*Το κείμενο διαιρείται σε έξι Κεφάλαια.*

*Στο πρώτο Κεφάλαιο επιχειρούμε μια ταξινόμηση των κατεργασιών κοπής και των συναφών εργαλειομηχανών και περιγράφονται συνοπτικά οι κινήσεις που λαμβάνουν χώρα σε βασικές κατεργασίες.*

*Στο δεύτερο Κεφάλαιο αναπτύσσομε, δύο απλούστερα γίνεται, τις θεμελιώδεις αρχές της κοπής των μετάλλων και στο τρίτο Κεφάλαιο τη συγκρότηση και δομή των εργαλειομηχανών κοπής. Και τα δυο αυτά Κεφάλαια έχουν γενικό χαρακτήρα και από αυτά ο μαθητής θα πάρει συστηματοποιημένες γνώσεις, που θα τον βοηθήσουν σημαντικά στην κατανόηση των κατεργασιών, με τις οποίες θα αρχίσουμε από το έκτο Κεφάλαιο και που θα συνεχισθούν στο επόμενο τεύχος.*

*Στο τέταρτο Κεφάλαιο συμπληρώνομε τις μηχανουργικές μετρήσεις, που είχαμε αρχίσει στη Μηχανουργική Τεχνολογία - Εργαστήριο I, με σημαντικά αντικείμενα. Ακολούθως ασχολούμαστε στο πέμπτο Κεφάλαιο με τη συντήρηση των εργαλειομηχανών και τέλος με τις βασικές κατεργασίες κοπής και τις συναφείς εργαλειομηχανές, αρχίζοντας από το τρυπάνισμα και το δράπανο (Κεφ. 6) και συνεχίζοντας με το πλάνισμα και την πλάνη (Κεφάλ. 7). Για κάθε κατεργασία δίνομε την αρχή στην οποία αυτή βασίζεται, τις δυνατότητες, τις οποίες έχει και περιγράφομε την εργαλειομηχανή, στην οποία εκτελείται η κατεργασία. Επί πλέον παρέχομε στοιχεία για τη σωστή εκτέλεση της (πρόσδεση κομματιού, εργαλείου κλπ.), όπως και για την εκλογή των συνθηκών κατεργασίας, της γεωμετρικής μορφής του κοπικού εργαλείου και του υγρού κοπής. Τέλος με εύχρηστες σχέσεις προσδιορίζομε την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής και την ισχύ κοπής.*

*Για καλύτερη εμπέδωση της ύλης του βιβλίου, στο τέλος κάθε ενότητας δίνομε σχετικά παραδείγματα εφαρμογής μαζί με ερωτήσεις και ασκήσεις.*

*Ο συγγραφέας κάνει δεκτή ευμενέστατα κάθε υπόδειξη για τυχόν σφάλματα ή παραλήψεις που μπορεί να διαπιστωθούν από τους αναγνώστες για βελτίωση του βιβλίου σε προσεχή έκδοσή του.*

**Ο συγγραφέας**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΟΠΗΣ

#### 1.1 Πώς κατατάσσονται οι κατεργασίες κοπής.

Όπως γνωρίζομε (MT-EI\*, παράγρ. 3.1, σχ. 3.1α), τα ποικίλα βιομηχανικώς χρήσιμα μεταλλικά προϊόντα παράγονται με κάποια (ή και με συνδυασμό) από τις ακόλουθες κατεργασίες και μεθόδους μορφοποιήσεως:

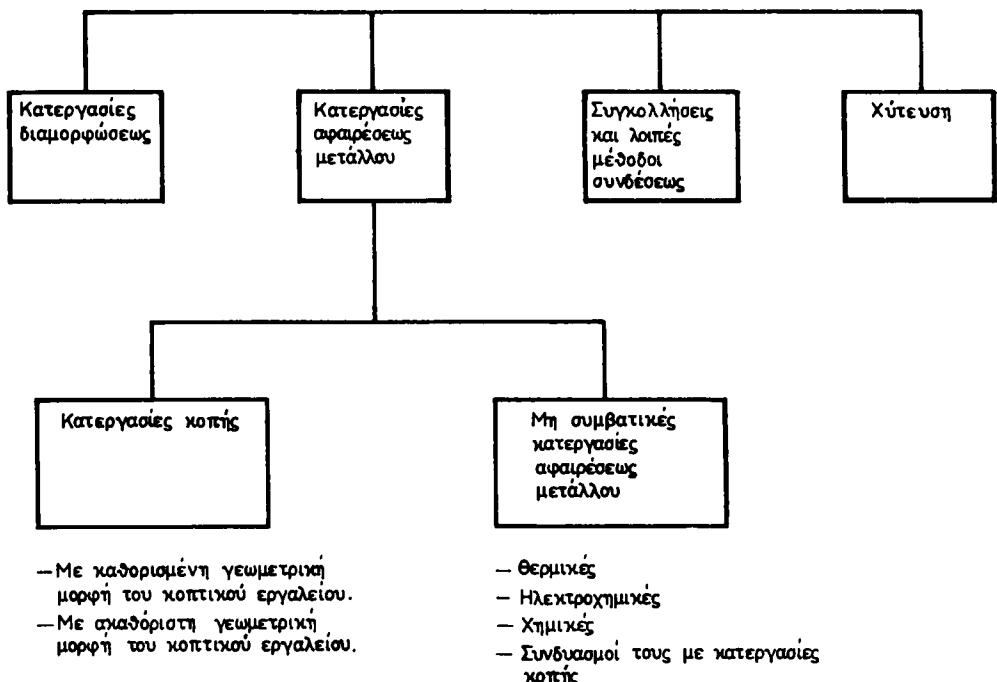
- α) Τις κατεργασίες διαμορφώσεως.
- β) Τις κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου.
- γ) Τις συγκολλήσεις μαζί με τις λοιπές μεθόδους συνδέσεως μεταλλικών κομματιών, όπως είναι οι κοχλιοσυνδέσεις, οι ηλώσεις κ.α. και
- δ) τη χύτευση.

Με τη χύτευση, τις συγκολλήσεις και τις μεθόδους συνδέσεως μεταλλικών κομματιών ασχοληθήκαμε στο MT-EI (κεφάλ. 20, 21 και 22). Επίσης για τις κατεργασίες διαμορφώσεως και για τις κατεργασίες κοπής (υπάγονται στη γενικότερη κατηγορία των κατεργασιών αφαιρέσεως μετάλλου, σχ. 1.1), όπως όμως αυτές εκτελούνται με εργαλεία και με μέσα του χεριού, μιλήσαμε διεξοδικά στο MT-EI. Στη συνέχεια του βιβλίου αυτού, μετά από μια εισαγωγή στις γενικές αρχές της κοπής των μετάλλων και της δομής των εργαλειομηχανών κοπής, θα συνεχίσουμε με την εξέταση βασικών κατεργασιών κοπής και των συναφών εργαλειομηχανών. Συγκεκριμένα θα ασχοληθούμε με το τρυπάνισμα και τα δράπανα και με το πλάνισμα και τις πλάνες.

Με τις κατεργασίες διαμορφώσεως (MT-EI, εισαγωγή τέταρτου μέρους) μορφοποιούμε μεταλλικά κομμάτια με τη βοήθεια καταλλήλων προς τούτο εργαλείων χωρίς πρακτικά να αφαιρούμε υλικό, ενώ με τις κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου η μορφοποίηση πραγματοποιείται με αφαίρεση υλικού.

Οι κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου ομαδοποιούνται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν οι **κατεργασίες κοπής** και στη δεύτερη υπάγονται οι λεγόμενες **μη συμβατικές κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου**. Με τις κατεργασίες κοπής δίνουμε την επιθυμητή μορφή σε ένα μεταλλικό κομμάτι αφαιρώντας το υλικό που πλεονάζει μηχανικά με τη βοήθεια του **κοπτικού εργαλείου** (ή απλώς εργαλείου) (και της εργαλειομηχανής) σε μορφή αποβλίτων (γρεζιών). Το κοπτικό εργαλείο είναι δυ-

\* MT-EI: Μηχανουργική Τεχνολογία – Εργαστήριο I



Σχ. 1.1.

Κατεργασίες και μέθοδοι μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων.

νατό να έχει γεωμετρικώς καθορισμένη μορφή, όπως είναι το εργαλείο τορνεύσεως [σχ. 1.3α(β)], η φραίζα [σχ. 1.3στ(α), (γ)], το τρυπάνι [σχ. 1.3β (β)] κ.α. η γεωμετρικώς ακαθόριστη μορφή, πράγμα που συμβαίνει π.χ. στο λειαντικό τροχό [παράγρ. 1.3 (ΣΤ), σχ. 1.3ζ]. Επίσης το εργαλείο μπορεί να έχει μία μόνο κύρια κόψη (εργαλείο τορνεύσεως) ή και περισσότερες (τρυπάνι, φραίζα). Στις μη συμβατικές μεθόδους αφαιρέσεως μετάλλου, η μορφοποίηση του κομματιού πραγματοποιείται με αφαίρεση υλικού σε τελική μορφή **τεμαχιδίων** με μη μηχανικές όμως μεθόδους (δηλαδή με θερμικές, ηλεκτροχημικές, χημικές ή συνδυασμούς τους με κατεργασίες κοπής).

Γενικά οι κατεργασίες κοπής συγκρινόμενες με τις κατεργασίες διαμορφώσεως και με τις άλλες μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων μας δίνουν τη μεγαλύτερη διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής, όπως και την καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας, με αυξημένο όμως παραγωγικό κόστος.

Στήν πράξη εφαρμόζουμε μεγάλη ποικιλία από κατεργασίες κοπής (όπως βέβαια και από συναφείς εργαλειομηχανές).

Στον Πίνακα 1.1.1 παραθέτουμε ομαδοποιημένες τις κυριότερες από τις κατεργασίες κοπής και τις δυνατότητές τους να παράγουν διάφορα είδη στοιχειώδών τεχνικών επιφανειών (επιπέδων, κυλινδρικών, ειδικής μορφής κλπ.). Επί πλέον, στην παράγραφο 1.3 θα μιλήσουμε συνοπτικά για τις βασικές κατεργασίες κοπής (τόρνευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα, φραιζάρισμα και λείανση).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.1**

**Οι πυροτεχνές κατεργασίες από τις οποίες και σε διανομητές τους στη μερικοποίηση τεχνών επιφανειών**

Είδος κατεργασμένης επιφάνειας Βασική κατεργασία κοπής	Ε. γιατίδες επιφάνειες	Κυλινδρικές επιφάνεις	Επιφάνειες με ειδική μορφή	Σπειροειδείς επιφάνεις, (οπειρώματα), επιφάνεις κύλισεων (οδοντώσεις)
1. Τόρνευση (σχ. 1.3)	Μετωπική τόρνευση	Διαμήκης τόρνευση (εξωτερική ή εσωτερική)	Τόρνευση μορφής, τόρνευση αντηραφής	Τόρνευση σημειώσεων
2. Τρυπανίσμα (διάτροπη) [σχ. 1.3β (α) (1)] και συναφείς κατεργασίες:	—	Άνοιγμα ή διεύρυνση τρύπας	Τρυπανίσμα, γλύφανση ειρηνίθιση μορφής	—
α) Γλύφανση [σχ. 1.3β(α) (2)]	—	Γλύφανση	—	—
β) Ειρηνίθιση [σχ. 1.3β(α) (3)]	Επίπεδη εμβύθιση	—	—	Κονή εσωτερικών σημειώσεων με κατάλληλο σπειροτύπιο
γ) Εσωτερική σπειροτύπηση [σχ. 1.3β(α) (4)]	—	—	—	—
3. Φραιζάρισμα (σχ. 1.3στ)	Φραιζάρισμα επιπέδων επιφανειών: περιφερικό (αντίρροπο ή ομόρροπο), μετωπικό	—	Φραιζάρισμα μορφής (κοπή οδοντώσεων), φραιζάρισμα αντηραφής	Φραιζάρισμα σπειρωμάτων
4. Πλάνισμα (σε ταχυπλάνη ή σε τραπέζιοπλάνη) [σχ. 1.3γ, 1.3δ]	Πλάνισμα επιπέδων επιφανειών	—	Πλάνισμα μορφής, τλάνισμα αντηραφής	Κονή οδοντώσεων
5. Λέιανση (σχ. 1.3η) και συναφείς κατεργασίες:	Λέιανση, χόνιγκ και λάσπηγκ επιπέδων επιφανειών	Λέιανση αντηραφής, λέιανση αντηραφής	Λέιανση σημειώσεων και οδοντώσεων	Λέιανση σημειώσεων και οδοντώσεων
Καθεδρικήν γεωμετρικήν γοργήν του κομμικού εργαλείου		Λείανση, χόνιγκ και λάσπηγκ επιπέδων επιφανειών (εξωτερικών ή εσωτερικών)	—	Λείανση σημειώσεων και οδοντώσεων
Ακαθεδρικήν γεωμετρικήν γοργήν του κομμικού εργαλείου		—	—	Λείανση σημειώσεων και οδοντώσεων

Οι μη συμβατικές κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια (και συνεχώς τελειοποιούνται), για να καλύψουν τις ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις σε κατεργασία σκληρών μεταλλικών υλικών, όπως και κομματιών με πολύ περίπλοκες μορφές. Και τούτο, γιατί οι γνωστές μας κατεργασίες κοπής ή αδυνατούν εντελώς να ανταποκριθούν σε αυτές τις απαιτήσεις ή ανταποκρινόμενες επιβάλλουν ψηλό κόστος κατεργασίας.

Η οικογένεια αυτή των νέων κατεργασιών περιλαμβάνει:

- Την αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα (παράγρ. 1.4.1, σχ. 1.3ι).
- Την ηλεκτροχημική αφαίρεση μετάλλου (παράγρ. 1.4.2, σχ. 1.3ια).
- Την ηλεκτρολυτική λείανση.
- Την αφαίρεση μετάλλου με υπερήχους, με Laser, με Plasma, με δέσμη ηλεκτρονίων κ.α.

## 1.2 Γενικά για την κινηματική των κατεργασιών κοπής. Συνθήκες κατεργασίας ή κοπής.

Η κάθε μία από τις βασικές κατεργασίες κοπής (Πίνακας 1.1.1, παράγρ. 1.3) πραγματοποιείται σε ειδικά γι' αυτή μελετημένη και σχεδιασμένη **εργαλειομηχανή** (παράγρ. 1.3, 1.4, 1.5). Μία εργαλειομηχανή κοπής εκτελεί τις ακόλουθες βασικές λειτουργίες:

α) Παρέχει την αναγκαία για την κατεργασία ισχύ, συνήθως με τη βοήθεια ενός κατάλληλου ηλεκτροκινητήρα (ή και περισσοτέρων).

β) Διαθέτει μέσα για τη στερεή και ασφαλή συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου και του κατεργαζόμενου κομματιού και εξασφαλίζει τη σωστή αρχική σχετική μεταξύ τους θέση και

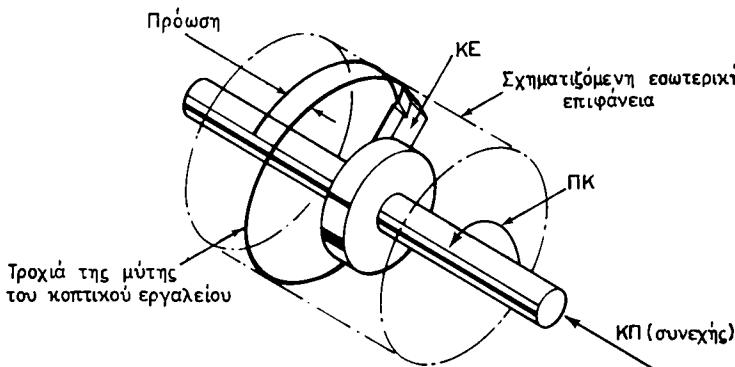
γ) εκτελεί και ελέγχει τις απαραίτητες για την κατεργασία **βασικές κινήσεις**, ανάλογα με την **κινηματική** \* της κάθε κατεργασίας και διατηρείται έτσι η ορθή σχετική θέση του εργαλείου και του κομματιού καθ' όλη τη διάρκεια της κατεργασίας. Η κοπή λαμβάνει χώρα και διατηρείται όταν το κομμάτι κινείται σε σχέση με το εργαλείο που βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε να διεισδύει στο κομμάτι.

Δύο είναι οι θεμελιώδεις κινήσεις στις κατεργασίες κοπής, τις οποίες θα πρέπει να μας δίνει με ανάλογη κατά περίπτωση ακρίβεια η εργαλειομηχανή κοπής: η **πρωτεύουσα κίνηση** (Π.Κ.) και η **κίνηση προώσεως** (Κ.Π.) (σχ. 1.2α).

**Πρωτεύουσα κίνηση** είναι η κύρια κίνηση, που παρέχεται από την εργαλειομηχανή, με σκοπό τη δημιουργία σχετικής κινήσεως ανάμεσα στο κοπτικό εργαλείο και στο κομμάτι έτσι, ώστε η κόψη του εργαλείου να προσεγγίζει το υλικό του κομματιού. Συνήθως η πρωτεύουσα κίνηση απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος, που απαιτείται για την κατεργασία.

**Η κίνηση προώσεως** είναι μία κίνηση, που μπορεί να δοθεί από την εργαλειομηχανή είτε στο κοπτικό εργαλείο είτε στο κατεργαζόμενο κομμάτι. Η κίνηση αυτή συνδυαζόμενη με την πρωτεύουσα κίνηση έχει ως αποτέλεσμα συνεχή ή διακοπόμενη (διαλείπουσα) αφαίρεση **αποβλήτου**, άρα και τη **γένεση** της κατεργασμένης επιφάνειας του κομματιού με τα επιθυμητά γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Η κίνηση προώσεως είναι δυνατό να λαμβάνει χώρα συνεχώς (όπως π.χ. στην τόρνευ-

\* Όταν λέμε **κινηματική** μιας κατεργασίας εννοούμε την παράσταση των κινήσεων, που πρέπει να κάνουν το κοπτικό εργαλείο και το κομμάτι, για να σχηματισθεί η επιφάνεια, την οποία επιδιώκεται στην κατεργασία. Η κινηματική της τορνεύσεως επί παραδείγματι εικονίζεται στο σχήμα 4.3α(α).



Σχ. 1.2α.

Γένεση της κατεργασμένης επιφάνειας (εσωτερικής κυλινδρικής επιφάνειας) με συνδυασμό της πρωτεύουσας κινήσεως και της κινήσεως προώσεως κατά την εσωτερική τόρνευση: (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, KE κοπικό εργαλείο).

ση ή στο τρυπάνισμα) ή κατά βήματα, όπως στο πλάνισμα. Γι' αυτήν ξοδεύεται ένα μικρό ποσοστό από τη συνολική ισχύ, που χρειάζεται η κατεργασία.

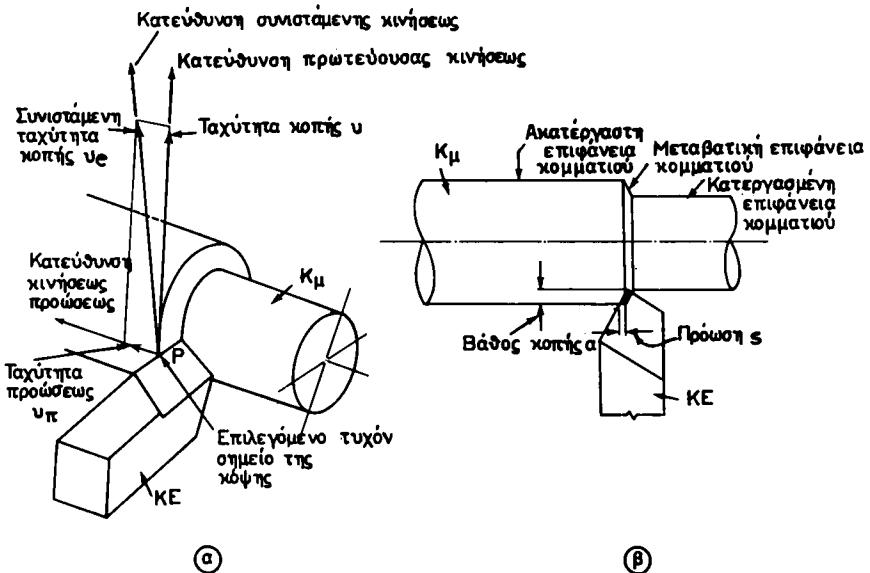
Στις διάφορες κατεργασίες κοπής, οι δύο αυτές βασικές κινήσεις εναλλάσσονται ανάμεσα στο κοπικό εργαλείο και στο κομμάτι. Άλλοτε δηλαδή στο εργαλείο δίνεται η πρωτεύουσα κίνηση και η κίνηση προώσεως στο κομμάτι και άλλοτε γίνεται το αντίθετο. Αυτό θα το δούμε στην παράγραφο 1.3, όπου θα δώσουμε την κινηματική 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. 1.2β).

**Ταχύτητα κοπής** υπονομάζομε τη στιγμιαία ταχύτητα της πρωτεύουσας κινήσεως κάποιου σημείου P της κόψης του εργαλείου, που επιλέγομε, ως προς το κατεργαζόμενο κομμάτι. Τη μετρούμε συνήθως σε μέτρα ανά πρώτο λεπτό [m/min] για την τόρνευση, τρυπάνισμα, πλάνισμα και φραιζάρισμα και σε μέτρα ανά δεύτερο λεπτό [m/s] για τη λείανση.

**Ταχύτητα προώσεως** υπ. είναι η στιγμιαία ταχύτητα της συνεχούς κινήσεως προώσεως ενός σημείου P της κόψης του εργαλείου ως προς το κομμάτι. Την εκφράζομε σε χιλιοστόμετρα ανά πρώτο λεπτό [mm/min]. Στη διακοπόμενη κίνηση προώσεως δεν έχει νόημα η 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 τόρνευση [σχ. 1.2β (β)] 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. 1.3γ), 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/ενεργό διαδρομή.



Σχ. 1.2β.

Πρωτεύουσα κίνηση, κίνηση προώσεως και συνθήκες κατεργασίας κατά τη διαμήκη τόρνευση. (Κμ κομμάτι, KE κοπικό εργαλείο).

Η ταχύτητα κοπής και η πρόωση μαζί με το **βάθος κοπής** αποτελούν ό,τι ονομάζομε **συνθήκες κατεργασίας** ή **συνθήκες κοπής**. Λέγοντας **βάθος κοπής** εννοούμε την απόσταση ανάμεσα στην ακατέργαστη και στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού ή το βάθος, στό οποίο θέλομε να εισχωρήσει το εργαλείο μέσα στο υλικό του κομματιού [σχ. 1.2β(β)].

Από τώρα θα πρέπει να τονίσουμε εδώ ότι η κατάλληλη εκλογή των τιμών για τις συνθήκες κατεργασίας ( $u$ ,  $s$  και  $\alpha$ ) κατά περίπτωση κατεργασίας ενέχει εξαιρετική σημασία στην όλη επιτυχία και αποδοτικότητα της κατεργασίας και στην εκμετάλλευση της εργαλειομηχανής, που χρησιμοποιούμε.

### 1.3 Οι κυριότερες κατεργασίες κοπής.

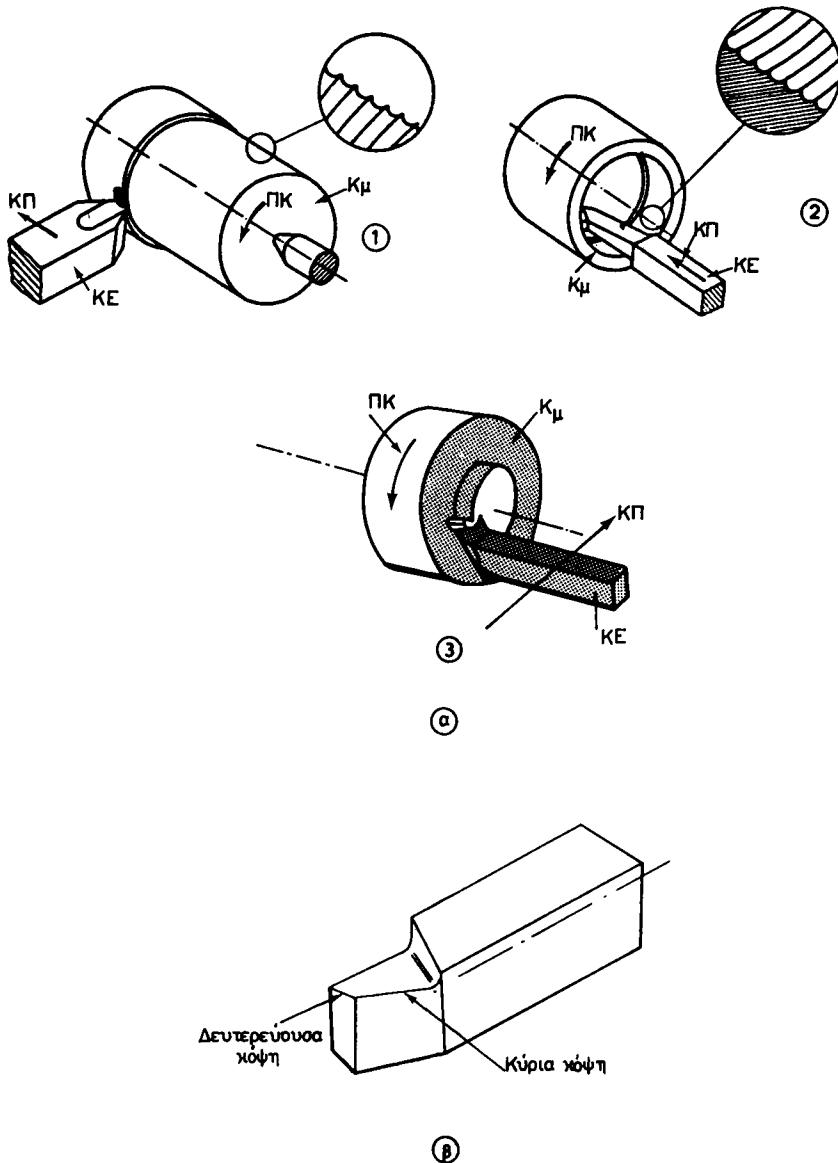
Πριν να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των γενικών αρχών της κοπής των μετάλλων (Κεφάλ. 2) και στη δομή των εργαλειομηχανών κοπής (Κεφάλ. 3), θεωρούμε σκόπιμο να αναφερθούμε εδώ, εντελώς συνοπτικά, στις βασικές κατεργασίες κοπής. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο μαθητής από το ένα μέρος θα μπορέσει να εμπεδώσει τις έννοιες για την κινηματική των κατεργασιών, που δώσαμε στην προηγούμενη παράγραφο και από το άλλο θα αποκτήσει παραστάσεις, που θα τον βοηθήσουν γενικά στην κατανόηση των αντικειμένων, που θα ακολουθήσουν.

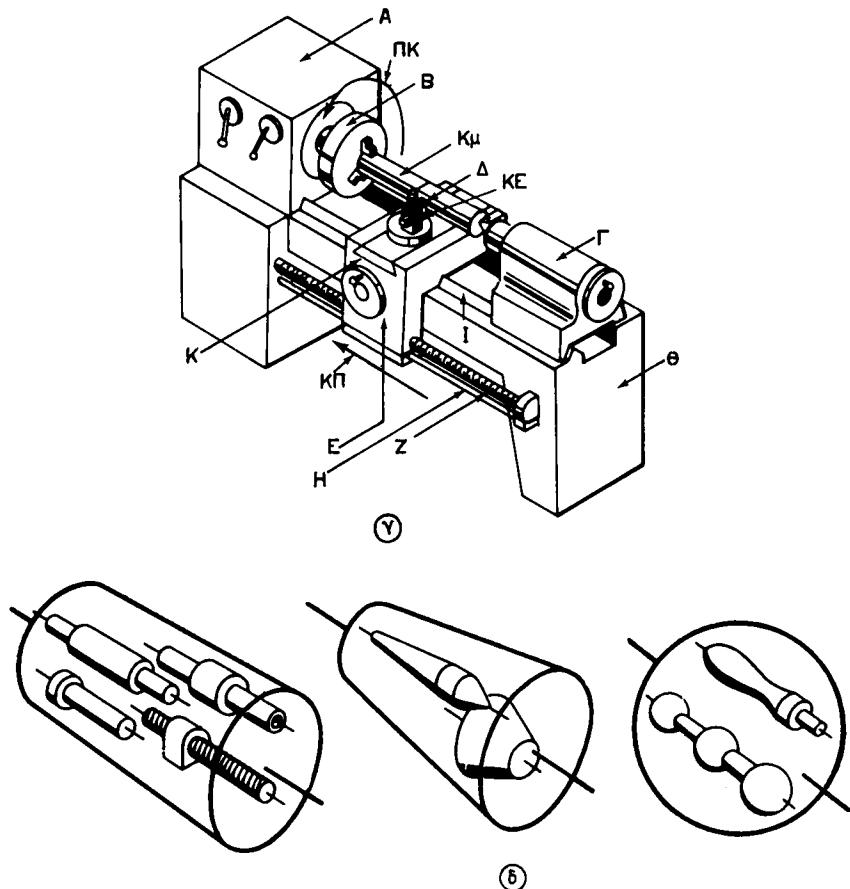
Για κάθε κατεργασία κοπής θα περιγράψουμε την κινηματική της και θα δώσουμε σχηματική παράσταση του εργαλείου και της εργαλειομηχανής, που χρησιμοποιού-

με για την εκτέλεσή της, παραθέτοντας και την απαραίτητη ονοματολογία. Επί πλέον θα παρουσιάσουμε και τυπικά μορφοποιούμενα με τις αντίστοιχες κατεργασίες κομμάτια.

#### A. Τόρνευση.

Κατά την τόρνευση το κομμάτι εκτελεί περιστροφική πρωτεύουσα κίνηση [σχ. 1.3α (α)] γύρω από τον αξονά του (οριζόντιο ως επί το πλείστο), ενώ το εργαλείο [με μία κύρια κόψη, σχ. 1.3α(β)] μετατοπίζεται ευθύγραμμα συνεχώς (συνεχής κί-





Σχ. 1.3α.

Τόρνευση και τόρνος. (α) Κινηματική της τορνεύσεως: 1) Διαμήκης εξωτερική τόρνευση. 2) Διαμήκης εσωτερική τόρνευση. 3) Μετωπική τόρνευση. (β) Το κοπτικό εργαλείο της τορνεύσεως. (γ) Σχηματική παράσταση οριζόντιου τόρνου: Α κεφαλή (κιβώτιο περιστροφικών ταχυτήτων και κύρια άτρακτος), Β σφιγκτήρας κομματιών (τσοκ), Γ κεντροφορέας (κουκουβάγια), Δ εργαλειοδέτης, Ε εργαλειοφορέο, Ζ κοχλίας σπειρωμάτων, Η ράβδος προώσεως, Θ βάση, Ι διαμήκης ολισθητήρας, Κ εγκάρσιος ολισθητήρας κλίνη. (δ) Μορφές κομματιών που κατασκευάζονται με τόρνευση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

νηση προώσεως) παράλληλα προς τον άξονα του κομματιού [διαμήκης τόρνευση, σχ. 1.3α(α)(1)] ή σε ορθή γωνία ως προς τον άξονα του κομματιού [μετωπική τόρνευση, σχ. 1.3α(α)(3)]. Η διαμήκης τόρνευση μπορεί να είναι εξωτερική [σχ. 1.3α(α)(1)] ή **εσωτερική** [σχ. 1.3α(α)(2)]. Η εσωτερική τόρνευση είναι γνωστή και ως **μπόριγκ** κατά την αγγλική ονομασία (borining). Με αυτή διευρύνομε κυλινδρικές τρύπες ή κοίλα.

Εκτός από τη διαμήκη (εξωτερική ή εσωτερική) και τη μετωπική τόρνευση συναντούμε στην πράξη και ειδικές περιπτώσεις τορνεύσεως, όπως είναι η κωνική

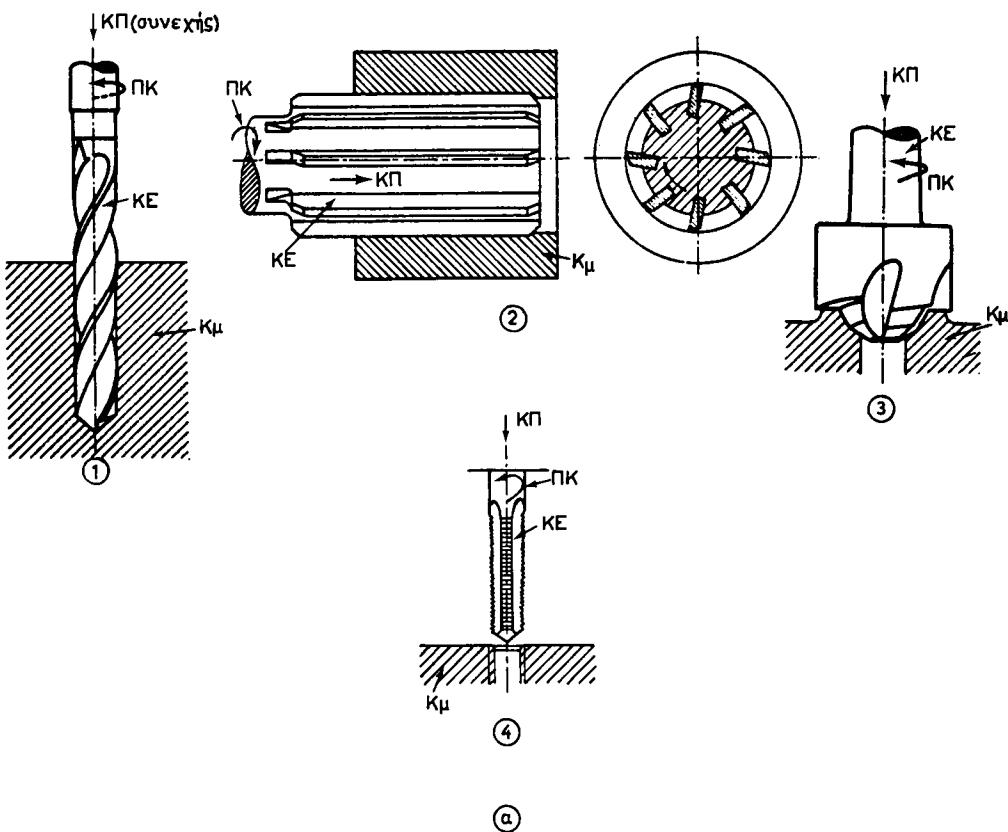
τόρνευση, η τόρνευση μορφής, η τόρνευση αντιγραφής και η τόρνευση σπειρωμάτων (Πίνακας 1.1.1).

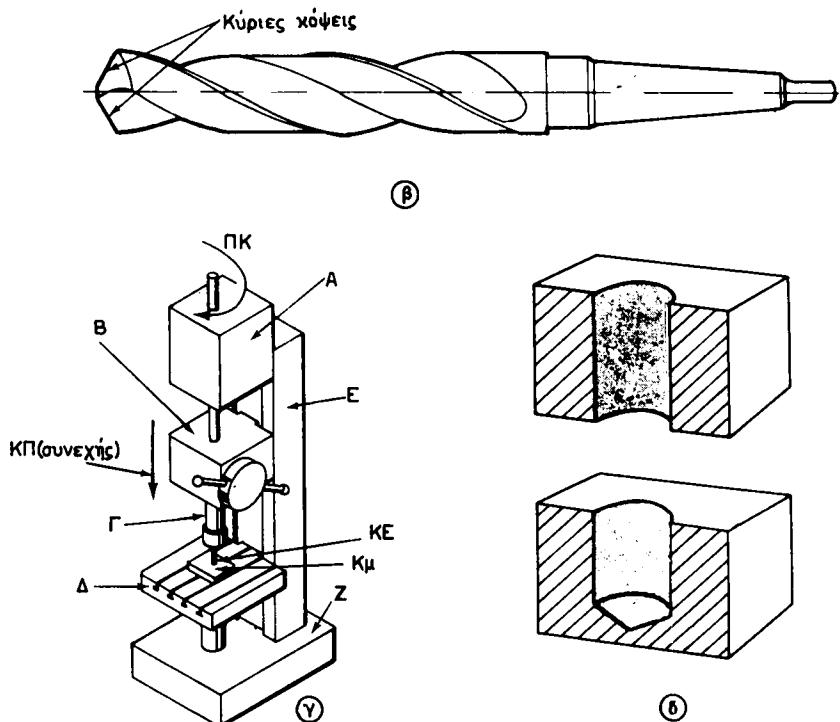
Η τόρνευση εκτελείται στο γνωστό μας **τόρνο** [σχ. 1.3α (γ)]. Το κομμάτι συγκρατείται μεταξύ σφιγκτήρα (τσόκ) Β και κεντροφορέα (κουκουβάγιας) Γ, αν έχει μεγάλο μήκος (ή μόνο στο σφιγκτήρα αν είναι βραχύ) και το κοπτικό εργαλείο προσδένεται στον εργαλειοδέτη Δ του τόρνου.

Στο σχήμα 1.3α(γ) εικονίζεται σχηματικά ένας οριζόντιος μηχανουργικός τόρνος γενικής χρήσεως με τα βασικά του μέρη.

### B. Τρυπάνισμα (διάτρηση).

Με το τρυπάνισμα ανοίγομε κυλινδρικές τρύπες σε κομμάτια [σχ. 1.3β (δ)] ή διευρύνομε ή αποτελείωνομε υπάρχουσες, με κοπτικό εργαλείο, το **ελικοειδές τρυπάνι** [σχ. 1.3β(β)], το οποίο συνήθως έχει δύο κύριες κόψεις. Το τρυπάνι για να εργασθεί, πρέπει να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του (πρωτεύουσα κίνηση) και ταυτόχρονα να πρωθείται (να προχωρεί) αξονικά συνεχώς μέσα στο κομμάτι, που πρόκειται να τρυπήσουμε (συνεχής κίνηση προώσεως) [σχ. 1.3β(α) (1)]. Το τρυπάνι στερεώνεται με τη βοήθεια ειδικού σφιγκτήρα στην κωνική υποδοχή της ατράκτου Γ της εργαλειομηχανής, ενώ το κομμάτι συγκρατείται σταθερά στην τράπεζά της Δ.





Σχ. 1.3β.

Τρυπάνισμα (διάτρηση), συναφείς με αυτό κατεργασίες και δράπανο.

(α) Κινηματική: 1) Τρυπανίσματος. 2) Γλυφάνσεως. 3) Εμβιθίσεως. 4) Σπειροτομήσεως. (β) Το ελικοειδές τρύπανο. (γ) Σχηματική παράσταση ενός δραπάνου 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 κοππικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

Κατεργασίες παρόμοιες με το τρυπάνισμα (κατεργασίες δηλαδή όπου χρειάζεται το κοππικό εργαλείο να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του και συγχρόνως να προωθείται συνεχώς αξονικά) είναι οι ακόλουθες:

- α) Η γλύφανση [σχ. 1.3β(α)(2)].
- β) Η εμβύθιση [σχ. 1.3β(α)(3)].
- γ) Η εσωτερική σπειροτόμηση [σχ. 1.3β(α)(4)].

Η εργαλειομηχανή, στην οποία γίνεται το τρυπάνισμα και οι συναφείς με αυτό κατεργασίες, που αναφέραμε, είναι το γνωστό μας **δράπανο**, του οποίου σχηματική παράσταση με ονοματολογία των κυρίων μερών του δίνομε στο σχήμα 1.3β(γ).

### Γ. Πλάνισμα.

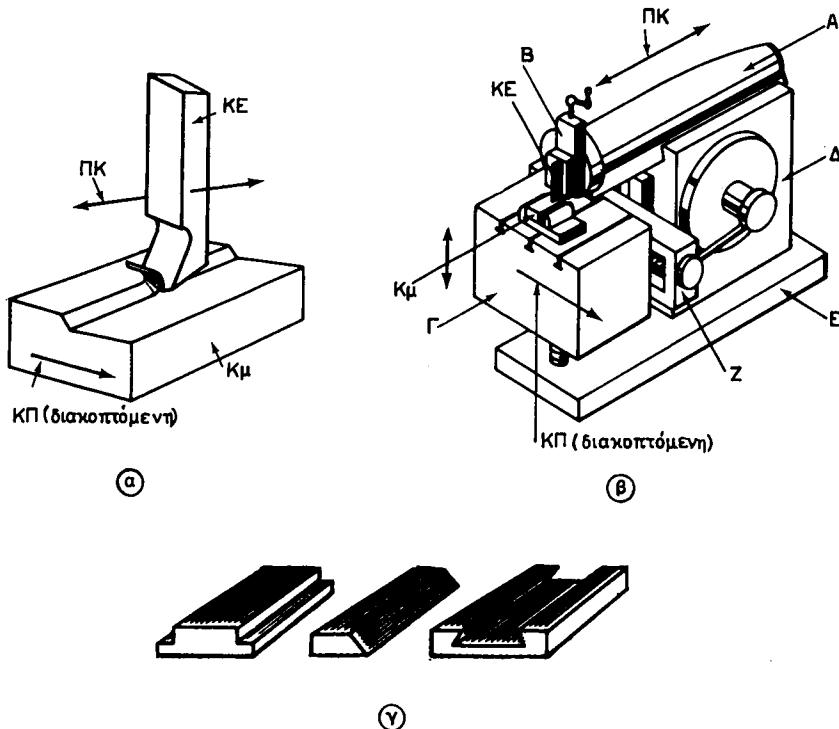
#### 1. Πλάνισμα σε βραχεία πλάνη ή ταχυπλάνη.

Είναι κατεργασία που χρησιμοποιείται στη μορφοποίηση επιπέδων επιφανειών

κομματιών με μικρό σχετικά μήκος και σε μικρό αριθμό.

Κατά το πλάνισμα αυτό [σχ. 1.3γ(α)] το κοπτικό εργαλείο (εργαλείο με μία κύρια κόψη) εκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση (πρωτεύουσα κίνηση). Κάθε παλινδρόμηση (ένας πλήρης κύκλος εργασίας) περιλαμβάνει μία **ενεργό διαδρομή** (προς τα εμπρός), κατά την οποία το εργαλείο κόβει, και μία **νεκρή διαδρομή** (προς τα πίσω) για την επιστροφή του εργαλείου στην άρχικη του θέση. Το κομμάτι, στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής του κοπτικού εργαλείου, προωθείται κάθετα προς την κατεύθυνση της κινήσεως του εργαλείου κατά απόσταση ίση με την πρόωση (χιλιοστόμετρα ανά ενεργό διαδρομή του εργαλείου). Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι, αντίθετα με διαδρομές που συμβαίνουν στην τόρνευση και στο τρυπάνισμα που εξετάσαμε μέχρι τώρα, η πρόωση κατά το πλάνισμα (είτε αυτό γίνεται σε βραχεία πλάνη είτε σε τραπεζοπλάνη, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω) επιβάλλεται κατά βήματα· η κίνηση δηλαδή της προώσεως είναι **διακοπόμενη**.

Στο σχήμα 1.3γ(β) εικονίζεται σχηματικά μία βραχεία πλάνη. Το εργαλείο προσδένεται στον εργαλειοδέτη της πλάνης και το κομμάτι συγκρατείται στην τράπεζά της.



Σχ. 1.3γ.

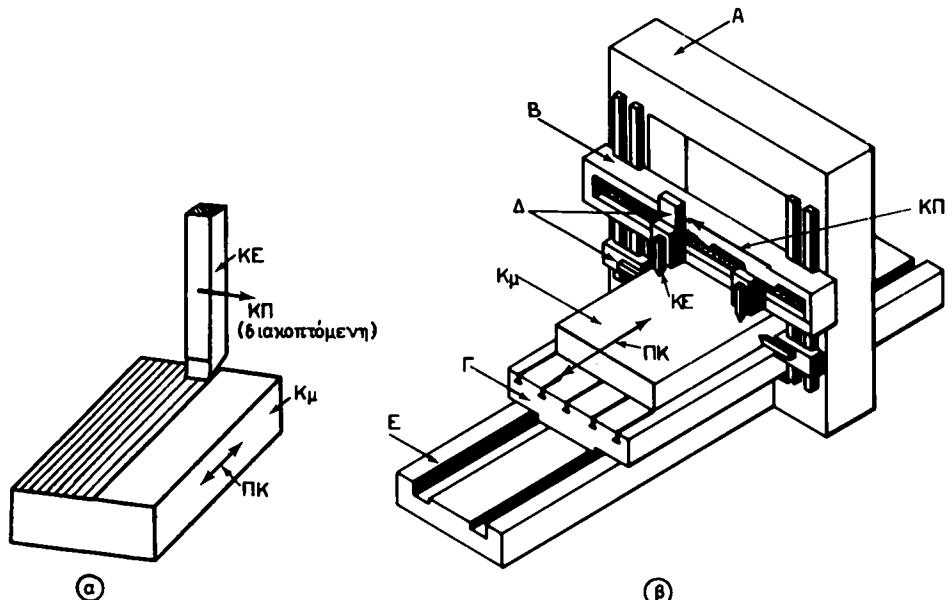
Πλάνισμα σε βραχεία πλάνη ή ταχυπλάνη και βραχεία πλάνη.

(α) Κινηματική του πλανίσματος σε βραχεία πλάνη. (β) Τα κύρια μέρη μιας ταχυπλάνης και οι κύριες κινήσεις της: Α έλκηθρο, Β εργαλειοφορέο, Γ τράπεζα, Δ κορμός ή ορθοστάτης, Ε βάση, Ζ εγκάρασιο φορείο. (γ) Τυπικές επιφάνειες κομματιών που μορφοποιούνται με πλάνισμα γενικά. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

## 2. Πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη.

Το πλάνισμα αυτό ενδείκνυται για την κατεργασία μεγάλων επιπέδων επιφανειών. Εδώ, αντίθετα με ό,τι συμβαίνει στο πλάνισμα στη βραχεία πλάνη [σχ. 1.3δ(α)], η πρωτεύουσα κίνηση (ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση) δίνεται στο κομμάτι από την τράπεζα της πλάνης, στην οποία προσδένεται και η κίνηση πρώσεως (διακοπόμενη) στο εργαλείο (εργαλείο με μία κύρια κόψη), το οποίο μετατοπίζεται κάθετα προς την κατεύθυνση της πρωτεύουσας κινήσεως.

Σχηματική παράσταση μιας τραπεζοπλάνης δίνομε στο σχήμα 1.3δ(β).



Σχ. 1.3δ.

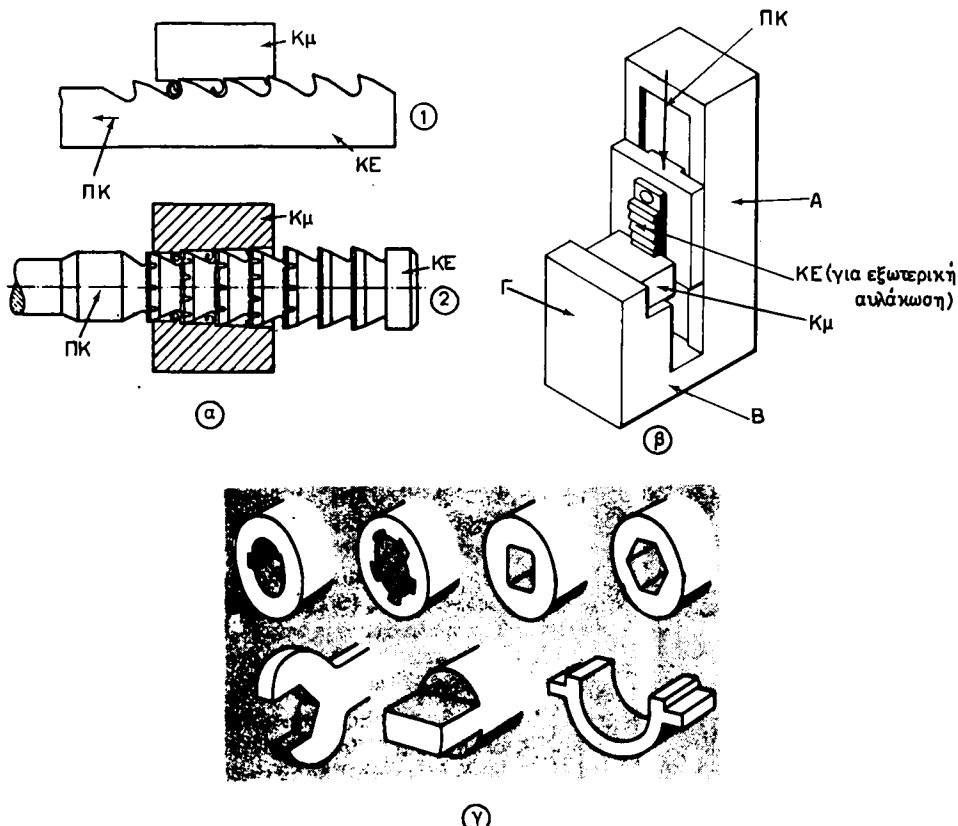
Πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη και τραπεζοπλάνη.

(α) Κινηματική του πλανίσματος σε τραπεζοπλάνη. (β) Τα κύρια μέρη μιας τραπεζοπλάνης και οι κύριες κινήσεις της: Α πλαισιωτός κορμός, Β εγκάρσιο φορείο, Γ τράπεζα, Δ εργαλειοφόρες κεφαλές, Ε βάση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση πρώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

## Δ. Αυλάκωση (μπρόουτσιγκ, broaching).

Με την αυλάκωση (μπρόουτσιγκ, από την αγγλική της ονομασία) κατεργαζόμαστε εσωτερικές ή εξωτερικές επιφάνειες [σχ. 1.3ε(α)] σε κομμάτια μικρού σχετικά ή μέσου μεγέθους. Συνήθως δίνομε διάφορες μορφές σε τρύπες, οι οποίες προηγουμένως θα πρέπει να ανοιχθούν με τρυπάνισμα ή εσωτερική τόρνευση [σχ. 1.3ε(γ)].

Το κοπτικό εργαλείο [σχ. 1.3ε(α)] είναι εργαλείο με πολλές κύριες κόψεις (δόντια). Το ύψος των δοντιών από τον άξονα του εργαλείου μεγαλώνει προοδευτικά από το ένα άκρο προς το άλλο μέχρις ότου τελικά φθάσει εκείνο, που απαιτείται, για τη συγκεκριμένη μορφή την οποία επιθυμούμε να δώσουμε στην τρύπα ή στην



Σχ. 1.3ε.

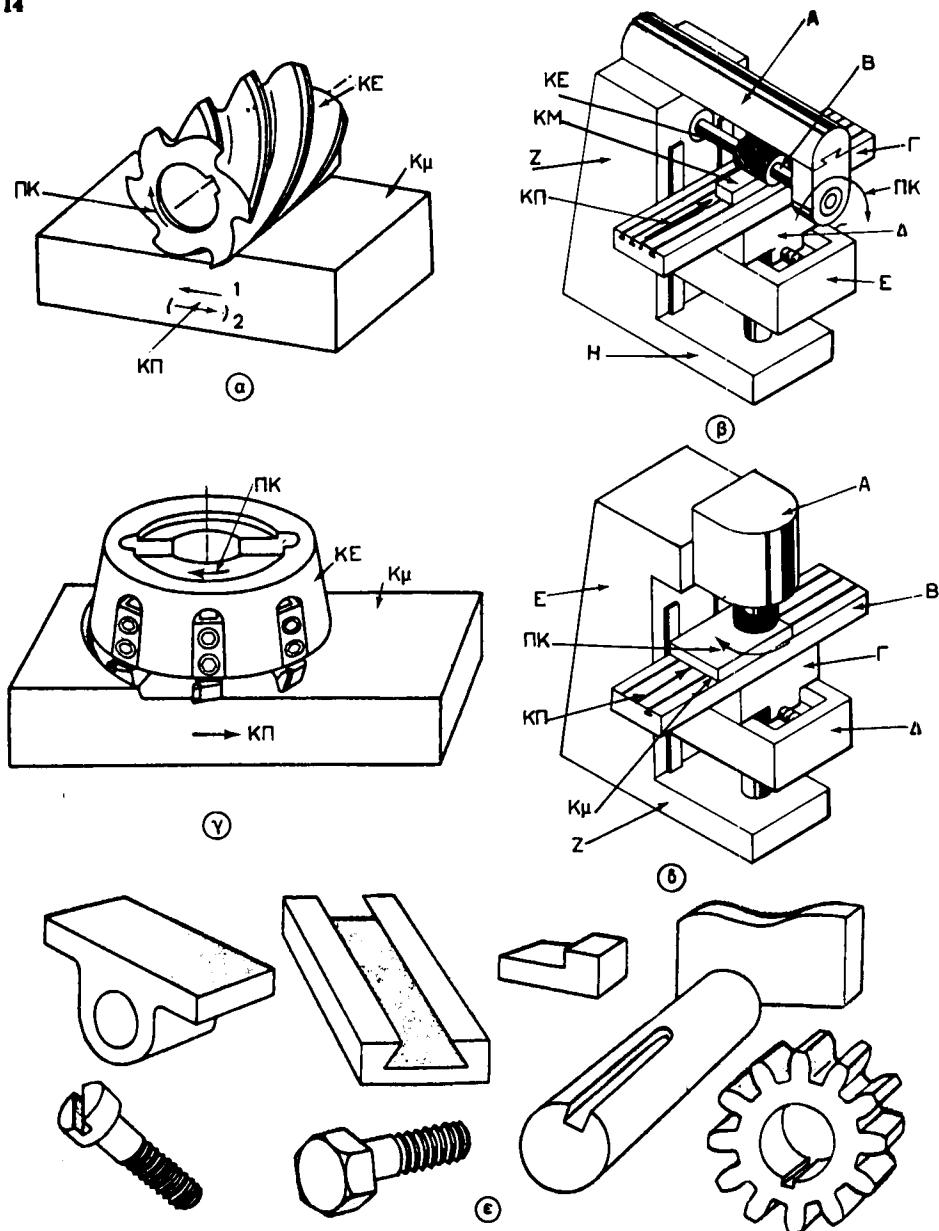
Αυλάκωση και μηχάνημα αυλακώσεως.

(α) Κινηματική της αυλακώσεως: 1) Εξωτερική αυλάκωση. 2) Εσωτερική αυλάκωση. (β) Μηχάνημα αυλακώσεως: Α κορμός, Β βάση, Γ τράπεζα. (γ) Τυπικές εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες που κατεργάζονται με αυλάκωση.

**εξωτερική επιφάνεια.** Η πρωτεύουσα κίνηση, η οποία είναι ευθύγραμμη [σχ. 1.3ε (α)], μπορεί να δοθεί είτε στο εργαλείο είτε στο κομμάτι. Κίνηση προώσεως δεν χρειάζεται στην κατεργασία αυτή. Συνήθως το εργαλείο κινείται με χαμηλή ταχύτητα ωθούμενο ή ελκόμενο, ενώ το κομμάτι προσαρμόζεται σταθερά στην εργαλειομηχανή. Τα δόντια κόβουν προοδευτικά, όταν έρθει η 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 σε ένα ολόκληρο πέρασμα του εργαλείου.

Η αυλάκωση ενδείκνυται μόνο για μαζική παραγωγή λόγω του ψηλού κόστους του κοπτικού εργαλείου. Με αυτή επιτυγχάνομε μεγάλη ακρίβεια και πολύ καλή τραχύτητα επιφάνειας μέσα σε αρκετά μικρό χρόνο κατεργασίας.

Εκτελείται σε ειδικά μηχανήματα αυλακώσεως [σχ. 1.3ε(β)], όπου η απαιτούμενη δύναμη κοπής ασκείται κυρίως υδραυλικά. Μπορεί όμως να επιβληθεί και μηχανικά.



Σχ. 1.3στ.

Το φραιζάρισμα και οι φραιζομηχανές.

(α) Κινηματική του περιφερικού φραιζαρίσματος: 1) Ομόρροπο φραιζάρισμα. 2) Αντίρροπο φραιζάρισμα. (β) Τα κύρια μέρη μιας οριζόντιας φραιζομηχανής: Α πρόβολος, Β εργαλειοφόρος άξονας, Γ τράπεζα, Δ ανώτερο φορείο, Ε κατώτερο φορείο, Ζ κορμός, Η βάση. (γ) Κινηματική του μετωπικού φραιζαρίσματος. (δ) Τα κύρια μέρη μιας κατακόρυφης φραιζομηχανής: Α εργαλειοφόρα κεφαλή Β τράπεζα, Γ ανώτερο φορείο, Δ κατώτερο φορείο, Ε κορμός, Ζ βάση. (ε) Αντιπροσωπευτικά κορμάτια που παράγονται με φραιζάρισμα γενικά. [ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο (φραιζά ή κοπτήρας), Κμ κομμάτι].

## **E. Φραιζάρισμα.**

Το φραιζάρισμα είναι κατεργασία κοπής, κατά την οποία αφαιρείται υλικό από το κομμάτι υπό μορφή **μεμονωμένων** αποβλίτων. Το κοπτικό εργαλείο, που το ονομάζουμε **κοπτήρα** ή **φραΐζα** έχει πολλές κύριες κόψεις, οι οποίες διαμορφώνονται στα δόντια που φέρει περιφερειακά ή περιφερειακά και μετωπικά ο κοπτήρας [σχ. 1.3στ (α),(γ)]. Κάθε δόντι κόβει ένα ξεχωριστό απόβλιττο με μεταβλητό πάχος ύστερα από συνδυασμό της περιστροφικής κινήσεως της φραΐζας γύρω από το σταθερό άξονά της (πρωτεύουσα κίνηση) και της ευθύγραμμης μεταφορικής κινήσεως του κομματιού (κίνηση προώσεως) κάθετα προς τον άξονα της φραΐζας. Η κίνηση προώσεως είναι **συνεχής** και κάθε δόντι δεν κόβει συνεχώς, αλλά μόνο επί ορισμένο μέρος της περιόδου κινήσεως της φραΐζας, που αντιστοιχεί σε ορισμένη γωνία περιστροφής.

Το φραιζάρισμα το διακρίνομε σε **περιφερικό** [σχ. 1.3στ(α)] και σε **μετωπικό** [σχ.1.3στ(γ)].

Με το περιφερικό φραιζάρισμα κατεργαζόμαστε επίπεδες επιφάνειες παράλληλες προς τον άξονα της φραΐζας. Η φραΐζα φέρει δόντια στην περιφέρειά της με την κόψη τους παράλληλη (φραΐζα με ίσια δόντια) ή υπό γωνία (φραΐζα με ελικοειδή δόντια) ως προς τον άξονά της.

Κατά το περιφερικό φραιζάρισμα είναι δυνατό η κίνηση προώσεως (κίνηση του κομματιού) να είναι αντίρροπη ή ομόρροπη προς την πρωτεύουσα κίνηση (της φραΐζας). Έτσι, διαμορφώνονται αντίστοιχα δύο μέθοδοι για το περιφερικό φραιζάρισμα: το **αντίρροπο** φραιζάρισμα και το **ομόρροπο** φραιζάρισμα.

Κατά το μετωπικό φραιζάρισμα η φραΐζα έχει δόντια με κόψεις περιφερειακά και μετωπικά και η κατεργασμένη επιφάνεια προκύπτει κάθετη στον άξονα της φραΐζας.

Με το φραιζάρισμα μπορούμε, εκτός από επίπεδες επιφάνειες να κατεργασθούμε και διάφορες καμπύλες επιφάνειες με φραιζάρισμα μορφής και αντιγραφής, οπως ακόμα να κόψουμε οδοντώσεις και σπειρώματα (Πίνακας 1.1.1).

Για να γίνει το φραιζάρισμα, η φραΐζα προσδένεται στον εργαλειοφόρο άξονα της φραιζομηχανής και το κομμάτι στην τράπεζά της.

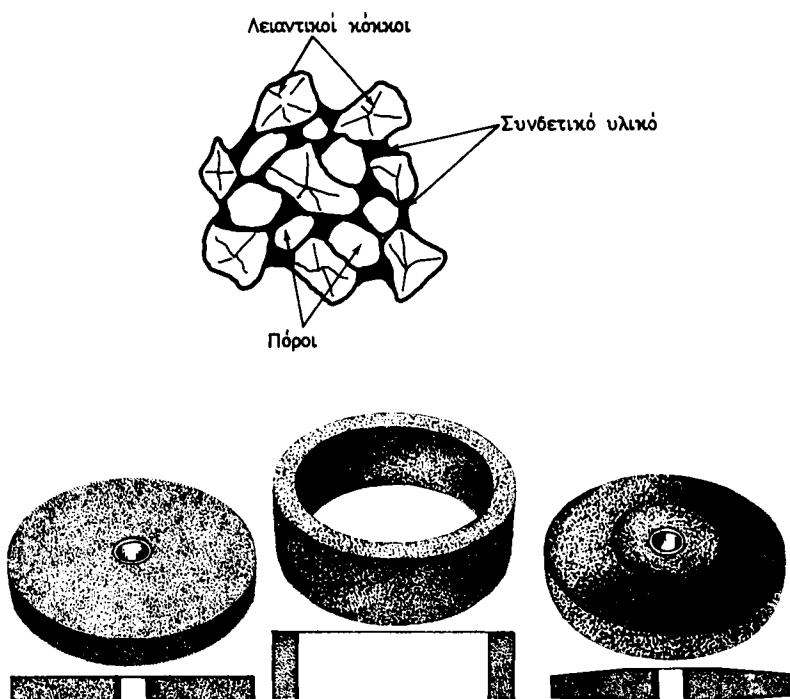
Το περιφερικό φραιζάρισμα εκτελείται σε οριζόντια φραιζομηχανή [σχ. 1.3στ(β)], η οποία παίρνει αυτή την ονομασία από το ότι ο εργαλειοφόρος άξονάς της λαμβάνει οριζόντια θέση. Το μετωπικό φραιζάρισμα γίνεται σε κατακόρυφη φραιζομηχανή [σχ. 1.3στ (δ)], η οποία φέρει κατακόρυφο εργαλειοφόρο άξονα. Μπορούμε όμως να μετατρέψουμε την οριζόντια φραιζομηχανή σε κατακόρυφη προσθέτοντας ένα συγκρότημα, που το ονομάζουμε **προβοσκίδα**.

## **ΣΤ. Λείανση.**

Η λείανση είναι και αυτή μία κατεργασία κοπής, όπου όμως το κοπτικό εργαλείο είναι εντελώς διαφορετικό από τα εργαλεία που έχουμε συναντήσει μέχρι τώρα, δηλαδή τα εργαλεία με μία κύρια κόψη ή με περισσότερες και με αυστηρά καθορισμένη γεωμετρική μορφή.

Το εργαλείο της λειάνσεως είναι ο **λειαντικός τροχός** ή **σμυριδοτροχός** (σχ. 1.3ζ).

Αποτελείται από πολλούς **λειαντικούς κόκκους** [είναι σκληροί και εύθρυπτοι κόκκοι συνήθως από κορούνδιο (οξείδιο του αργιλίου) ή από καρβίδιο του πυριτίου], που ενσωματώνονται για να αποτελέσουν το λειαντικό τροχό με κάποιο κατάλληλο **συνδετικό μέσο**. Οι κόκκοι του λειαντικού τροχού είναι **στοιχειώδη κοππικά εργαλεία** με ακαθόριστη όμως γεωμετρία, που διατάσσονται τυχαία στην ενεργό επιφάνεια (εκείνη την επιφάνεια που κόβει) του λειαντικού τροχού. Τους λειαντικούς κόκκους του τροχού μπορούμε να τους εξομοιώσουμε με στοιχειώδη δόντια μιας φραίζας. Όπως τα δόντια μιας φραίζας έτσι και οι κόκκοι ενάς λειαντικού τροχού κόβουν επί μικρό μέρος της περιόδου περιστροφής του και κάθε κόκκος, βγάζει ένα πολύ μικρό απόβλιττο. Με τη λείανση, ακριβώς εξ αιτίας του κοπτικού ερ-



Σχ. 1.3ζ.  
Ο λειαντικός τροχός.

γαλείου που χρησιμοποιούμε και των ψηλών ταχυτήτων κοπής που εφαρμόζομε (30 ως 80 m/s απέναντι 0,5 ως 4 m/s στις συνηθισμένες κατεργασίες κοπής), επιτυγχάνομε μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις και στη μορφή των κομματιών, όπως και πολύ καλή τραχύτητα επιφάνειας. Κατά τη λείανση ο ρυθμός αφαιρέσεως μετάλλου είναι χαμηλός. Η λείανση γενικά χρησιμοποιείται για αποπεράτωση (phi-

νίρισμα) των κομματιών. Αποτελεί τη μοναδική κατεργασία κοπής για μορφοποίηση πολύ σκληρών υλικών (βαμμένα χαλυβοκράματα, σκληρομέταλλα κ.ά.).

Κατά τη λείανση η πρωτεύουσα κίνηση (περιστροφική) δίνεται στο λειαντικό τροχό. Το κομμάτι και ο λειαντικός τροχός εκτελούν διάφορες ευθύγραμμες κινήσεις ανάλογα με το είδος της λειάνσεως, όπως βλέπουμε στα σχετικά σχήματα.

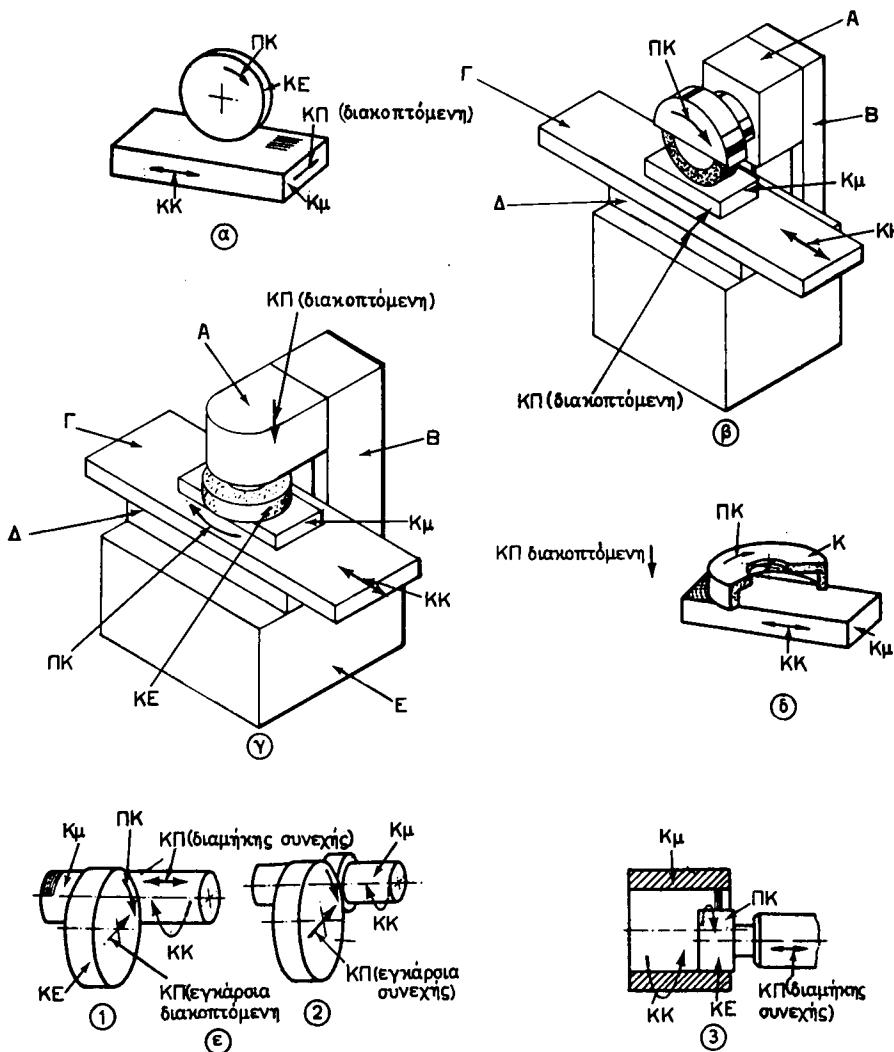
**Διακρίνομε τα ακόλουθα είδη λειάνσεως:**

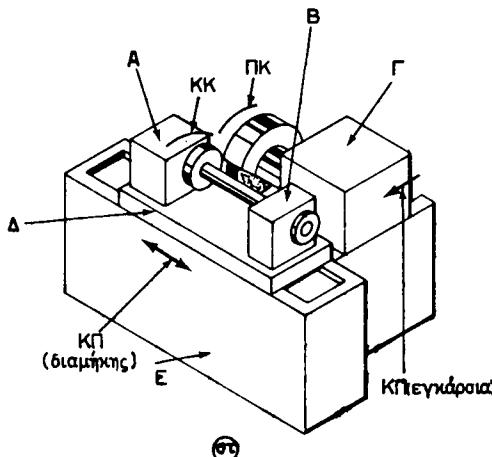
a) **Λείανση επιπέδων επιφανειών:**

- Περιφερική [σχ. 1.3η(α)].
- Μετωπική [σχ. 1.3η(δ)].

b) **Λείανση κυλινδρικών επιφανειών:**

- Εξωτερική [σχ. 1.3η(ε)(1),(2)].
- Εσωτερική [σχ. 1.3η(ε)(3)].

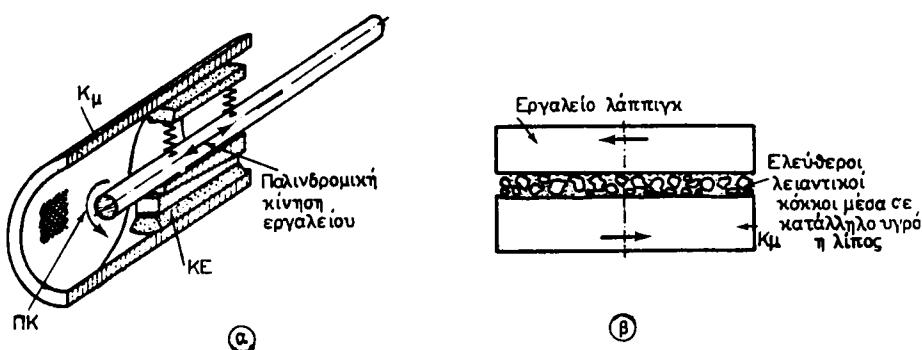




Σχ. 1.3η.

Λείανση και λειαντικά μηχανήματα.

- (α) Κινηματική της περιφερικής λειάνσεως. (β) Κύρια μέρη λειαντικού μηχανήματος επιπέδων επιφανειών (με οριζόντιο δίξονα): Α εργαλειοφόρα κεφαλή, Β ορθοστάτης, Γ τράπεζα, Δ φορείο, Ε κλίνη. (γ) Λειαντικό μηχάνημα επιπέδων επιφανειών (με κατακόρυφο δίξονα): Α εργαλειοφόρα κεφαλή, Β ορθοστάτης, Γ τράπεζα, Δ φορείο, Ε κλίνη. (δ) Κινηματική της μετωπικής λειάνσεως (ε) Κινηματική της λειάνσεως κυλινδρικών επιφανειών: 1) Εξωτερική διαμήκης, 2) Εξωτερική εγκάρσια. 3) Εσωτερική. (στ) Λειαντικό μηχάνημα εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών: Α κεφαλή για την περιστροφή του κομματιού, Β κεντροφορέας, Γ εργαλειοφόρα κεφαλή, Δ τράπεζα, Ε κλίνη. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ λειαντικό ραβδίο, Κμ κομμάτι).



Σχ. 1.3θ.

- (α) Το χόνιγκ εσωτερικών επιφανειών. (β) Το λάππιγκ (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΕ λειαντικό ραβδίο, Κμ κομμάτι).

γ) Άκεντρη λείανση:

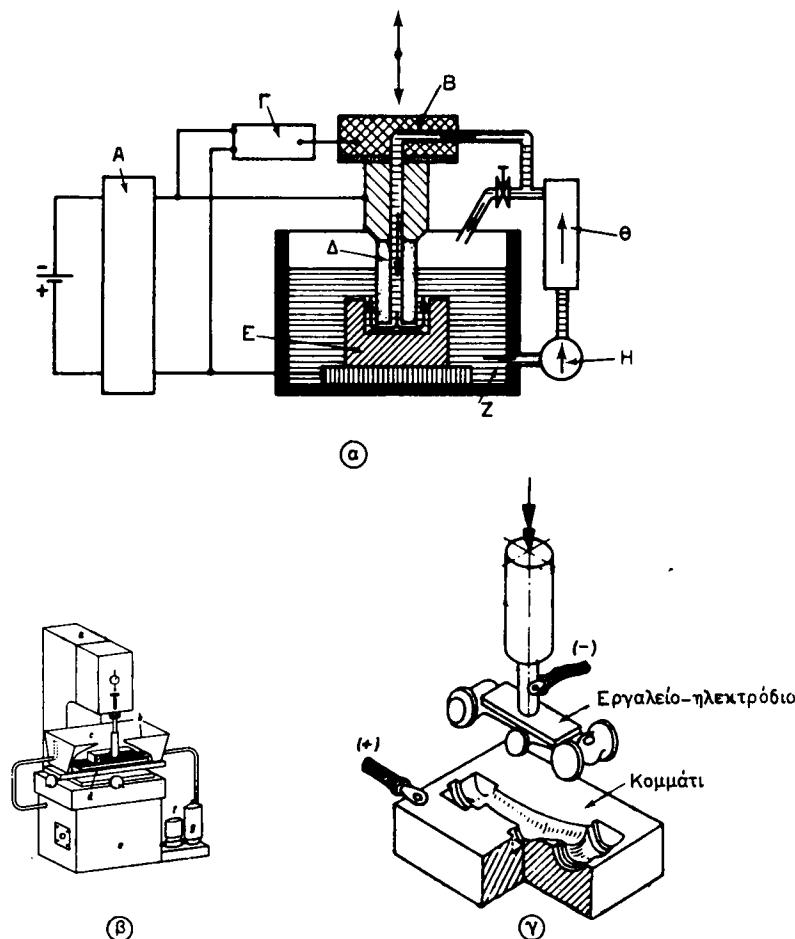
- Εξωτερική.
- Εσωτερική.

Ως ειδικές περιπτώσεις λειάνσεως συναντούμε τη λείανση μορφής, τη λείανση αντιγραφής και τη λείανση οδοντώσεων και σπειρωμάτων.

Συναφείς προς τη λείανση κατεργασίες, είναι:

- α) Το χόνιγκ (Honing) [σχ.1.3θ(α)], όπου το εργαλείο αποτελείται από λειαντικά ραβδία και
- β) το λάππιγκ (Lapping) [σχ.1.3θ(β)], κατά το οποίο οι λειαντικοί κόκκοι χρησιμοποιούνται ελεύθεροι σε κατάλληλο υγρό ή λίπος.

Η ακρίβεια κατεργασίας μεγαλώνει και η τραχύτητα επιφάνειας καλυτερεύει όσο προχωρούμε από τη λείανση στο χόνιγκ και στο λάππιγκ.



Σχ. 1.3ι.

- α) Σχηματική παράσταση της κατεργασίας αφαιρέσεως μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα: Α μονάδα τροφοδοτήσεως, Β μηχανισμός προώσεως ηλεκτροδίου, Γ έλεγχος προώσεως, Δ εργαλείο - ηλεκτρόδιο, Ε κομμάτι, Ζ διηλεκτρικό, Η αντίλια, Θ φίλτρο.
- β) Μηχανή αφαιρέσεως μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα.
- γ) Κατά την αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα το εργαλείο - ηλεκτρόδιο αποτυπώνεται στο κομμάτι.

## 1.4 Δύο από τις κυριότερες μη συμβατικές κατεργασίες αφαίρεσεως μετάλλου.

### 1.4.1 Αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα.

Η σχηματική διάταξη της κατεργασίας αυτής εικονίζεται στο σχήμα 1.3ι(α). Το εργαλείο στην επιθυμητή μορφή (αρνητικό ηλεκτρόδιο, π.χ. από χαλκό ή γραφίτη) προσαρμόζεται σε ειδική υποδοχή του μηχανισμού προώσεως της εργαλειομηχανής. Το προς κατεργασία κομμάτι (θετικό ηλεκτρόδιο) προσδένεται κατάλληλα στην τράπεζα της εργαλειομηχανής. Και τα δύο, δηλαδή το εργαλείο και το κομμάτι εμβαπτίζονται σε λουτρό διηλεκτρικού υγρού σε κυκλοφορία και συνδέονται σε ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος μέσω ενός κυκλώματος αντιστάσεως-πυκνωτή (κύκλωμα RC) ή σε ειδική παλμογεννήτρια. Ανάμεσα στο εργαλείο και στο κομμάτι διατηρείται σταθερό διάκενο της τάξεως των 25 ως 50 μ m, που εξασφαλίζεται με τη βοήθεια του μηχανισμού προώσεως της εργαλειομηχανής.

Κατά τη λειτουργία του κυκλώματος RC που αναφέραμε, διασπάται το μεταξύ εργαλείου και κομματιού διάκενο και δημιουργούνται ηλεκτρικοί σπινθήρες. Εξ αιτίας της πολύ ψηλής θερμοκρασίας (μπορεί να φθάσει, στους  $12000^{\circ}$  C) που αναπτύσσεται στην περιοχή κάθε σπινθήρα προκαλείται τήξη του υλικού κομματιού και εργαλείου σε λεπτό επιφανειακό στρώμα στις θέσεις αυτές και δημιουργείται έτσι ένας μικρός αβαθής κρατήρας. Το διηλεκτρικό υγρό που κυκλοφορεί παρασύρει και στερεοποιεί το λειωμένο μέταλλο σε τεμαχίδια με σφαιρικό σχήμα και τα απομακρύνει.

Η πολικότητα που δίνουμε (εργαλείο-αρνητικό και κομμάτι-θετικό), όπως ακόμα και ο κατάλληλος κάθε φορά συνδυασμός υλικού εργαλείου και υλικού κομματιού ευνοούν την αφαίρεση πολύ περισσότερου υλικού από το κομμάτι παρά από το εργαλείο.

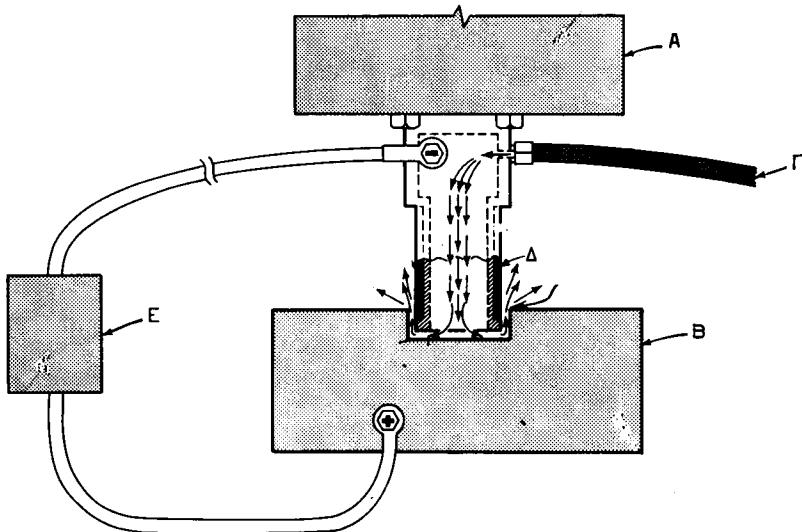
Έτσι, η αφαίρεση μετάλλου από το κομμάτι με το μηχανισμό που αναφέραμε προχωρεί προδευτικά και τελικά αποτυπώνεται η μορφή του εργαλείου στο κομμάτι [σχ. 1.3ι(γ)]. Η πρώθηση του εργαλείου-ηλεκτρόδιου συντελείται αυτόματα με τη βοήθεια σερβομηχανισμού, καθώς αφαιρείται υλικό από το κομμάτι.

Η κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού αποτελείται από μικρούς κρατήρες άτακτα διαταγμένους χωρίς, από τη φύση της κατεργασίας, να δημιουργούνται προσανατολισμένα σημάδια, όπως συμβαίνει στις συνηθισμένες κατεργασίες κοπής, όπου τα ίχνη του εργαλείου αποτυπώνονται στην επιφάνεια με καθορισμένο προσανατολισμό (π.χ. τόρνευση, φραιζάρισμα, πλάνισμα κλπ.).

Η αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα βρίσκεται γενικά εφαρμογές στην κατασκευή μητρών κάθε φύσεως.

### 1.4.2 Ηλεκτροχημική αφαίρεση μετάλλου (σχ. 1.3ια).

Κατ' αυτήν αφαιρείται μέταλλο από το κομμάτι. Το κομμάτι (άνοδος), που θα πρέπει να είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, τοποθετείται μέσα σε ένα δοχείο, το οποίο συγκρατείται στην τράπεζα της συναφούς εργαλειομηχανής και που συνδέεται στο θετικό πόλο μιας πηγής συνεχούς ρεύματος. Το εργαλείο-ηλεκτρόδιο (κάθοδος) σε σχήμα που θα δώσει στο κομμάτι την επιθυμητή μορφή, προσδένεται στον εργαλειοδέτη της εργαλειομηχανής και συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της ηλεκτρικής πηγής. Στο σχηματιζόμενο ανάμεσα στο εργαλείο και στο κομμάτι



Σχ. 1.3ια.

Σχηματική παράσταση της ηλεκτροχημικής αφαιρέσεως μετάλλου: Α κινητή πλάκα για την πρόσωση του εργαλείου (κάθοδος), Β κομμάτι (άνοδος), Γ παροχή ηλεκτρολύτη, Δ εργαλείο, Ε ηλεκτρική πηγή συνεχούς ρεύματος.

διάκενο ρέει ηλεκτρολύτης υπό πίεση. Το ρεύμα που διέρχεται στον ηλεκτρολύτη έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση μετάλλου **ηλεκτρολυτικά** από το θετικό ηλεκτρόδιο, δηλαδή από το κομμάτι. Στις θέσεις, όπου το εργαλείο και το κομμάτι βρίσκονται πιο κοντά, η παρουσιαζόμενη ηλεκτρική αντίσταση είναι πιο μικρή, άρα και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μεγαλύτερη. Και επειδή το μέταλλο από το κομμάτι αφαιρείται πιο γρήγορα στις θέσεις αυτές, η μορφή του εργαλείου αποτυπώνεται στο κομμάτι.

Η κατεργασμένη επιφάνεια με τη μέθοδο αυτή είναι εντελώς απαλλαγμένη από ελαττώματα, που προέρχονται από ψηλές θερμοκρασίες (όπως παρουσιάζονται σε επιφάνειες κατεργασμένες με κατεργασίες κοπής και με ηλεκτρικό σπινθήρα), όπως και από παραμένουσες τάσεις.

Εφαρμόζεται στην κατεργασία πολύ σκληρών υλικών για την κατασκευή μητρώων γενικά, πτερυγίων στροβίλων κ.ά.

## 1.5 Κατάταξη των εργαλειομηχανών κοπής.

Τις εργαλειομηχανές κοπής τις κατατάσσουμε με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

### A. Κατάταξη ως προς το είδος της κατεργασίας.

Είναι η κλασσική κατάταξη που κάνομε στις εργαλειομηχανές σύμφωνα με τη

βασική κατεργασία κοπής, για την οποία η κάθε μία είναι μελετημένη και σχεδιασμένη.

Έχουμε έτσι:

- α) Για την τόρνευση τον **τόρνο**.
- β) Για το τρυπάνισμα το **δράπανο**.
- γ) Για το πλάνισμα την **πλάνη**.
- δ) Για το φραιζάρισμα τη **φραιζομηχανή** και
- ε) για τη λείανση το **λειαντικό μηχάνημα**.

Τις κλασσικές αυτές εργαλειομηχανές είναι δυνατό να τις συναντήσουμε είτε ως εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως είτε ως ειδικές εργαλειομηχανές.

## B. Κατάταξη ως προς το είδος της πρωτεύουσας κίνησεως.

### 1. Έργαλειομηχανές μέ ρειστροφική τήν πρωτεύουσα κίνηση.

#### α) Τόρνοι:

- Οριζόντιοι (σχ. 1.1γ).
- Κατακόρυφοι.
- Πυργωτοί (ή ρεβόλθερ, με περιστρεφόμενο εργαλειοφορέα πολλών εργαλείων) ημιαυτόματοι [σχ. 1.1θ (α)] ή αυτόματοι [σχ. 1.1θ(β)] [παράγρ. 1.5 (z)], μονοάτρακτοι ή πολυάτρακτοι.
- Σπειροτομήσεως.

#### β) Δράπανα:

- Κατακόρυφα (συνήθη στήλης) [σχ. 1.1ε(α)].
- Οριζόντια.
- Ακτινωτά [ή ράντιαλ, σχ. 1.1ε(β)].
- Ημιαυτόματα (μονοάτρακτα ή πολυάτρακτα).

#### γ) Φραιζομηχανές:

- Οριζόντιες [σχ. 1.1δ(α)].
- Κατακόρυφες [σχ. 1.1δ(β)].
- Αντιγραφής (Παντογράφοι).

#### δ) Φραιζοδράπανα (σχ. 1.1στ).

#### ε) Λειαντικά μηχανήματα:

- Επιπέδων επιφανειών (με παλινδρομούσα, σχ. 1.1η(α) ή με περιστρεφόμενη τράπεζα).
- Κυλινδρικών επιφανειών [εξωτερικών, σχ. 1.1η(β) ή εσωτερικών].
- Άκεντρης λειάνσεως.
- Οδοντώσεων.
- Σπειρωμάτων.
- Ειδικά (π.χ. στροφαλοφόρων αξόνων).
- Τροχιστικά (κυρίως κοπτικών εργαλείων, σχ. 1.1β).

**στ) Μηχανήματα χόνιγκ και λάππιγκ.**

**ξ) Μηχανήματα αποξέσεως οδοντοτροχών.**

**η) Μηχανήματα κοπής οδοντώσεων (γραναζοκόπτες):**

- Παραλλήλων οδοντωτών τροχών με ίσια ή ελικοειδή δόντια με τη μέθοδο χόμπιγκ (Hobbing: το κοπτικό εργαλείο είναι ατέρμονας κοχλίας).
- Κωνικών οδοντοτροχών με ίσια δόντια και υποειδών οδοντοτροχών.

**θ) Μηχανήματα αποκοπής:**

- Τόρνοι αποκοπής.
- Λειαντικά μηχανήματα αποκοπής.
- Περιστροφικά πριόνια.

## 2. Εργαλειομηχανές με ευθύγραμμη την πρωτεύουσα κίνηση.

**α) Πλάνες:**

- Οριζόντιες βραχείες πλάνες ή ταχυπλάνες [σχ. 1.1ζ(α)].
- Τραπεζοπλάνες (με ένα ή με δύο ορθοστάτες) [σχ. 1.1ζ(β)].
- Κατακόρυφες βραχείες πλάνες.

**β) Μηχανήματα αυλακώσεως (μηχανήματα μπρόουτσιγκ) οριζόντια ή κατακόρυφα [σχ. 1.3ε(β)].**

**γ) Μηχανήματα κοπής οδοντώσεων (γραναζοκόπτες):**

- Παραλλήλων οδοντοτροχών με ίσια ή ελικοειδή δόντια με τη μέθοδο Φέλλοους (Fellows: το κοπτικό εργαλείο είναι οδοντοτροχός που παλινδρομεί ευθύγραμμα) ή με τη μέθοδο Σάντερλαντ (Sunderland: το κοπτικό εργαλείο είναι οδοντωτός κανόνας που κάνει ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση).
- Κωνικών οδοντοτροχών με ίσια δόντια.

**δ) Μηχανήματα αποκοπής:**

- Παλινδρομικά πριόνια.

## Γ. Κατάταξη ως προς το βαθμό εξειδικεύσεως.

**1. Εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως.** Όνομάζομε έτσι τις εργαλειομηχανές, που είναι κατασκευασμένες για να εκτελούν ποικιλία από εργασίες της κατηγορίας τους σε ποικιλία από κομμάτια. Ένας συνήθης μηχανουργικός τόρνος είναι τυπική περίπτωση μιας εργαλειομηχανής γενικής χρήσεως. Μπορούμε σ' αυτόν να κατεργασθούμε εξωτερικές και εσωτερικές κυλινδρικές επιφάνειες, κωνικές επιφάνειες, να κόψουμε σπείρωμα κ.ά.

Χρησιμοποιούνται κυρίως στην παραγωγή κατά μονάδα [παράγρ. 1.1.4(A)] και κατά μικρές παρτίδες: επίσης και για επισκευαστικές εργασίες.

**2. Ειδικές εργαλειομηχανές ή εργαλειομηχανές ειδικής χρήσεως.** Ειδικές ονομάζομε τις εργαλειομηχανές, που είναι κατασκευασμένες για να εκτελούν αποκλειστικά και μόνο μια καθορισμένη εργασία. Ένας γραναζοκόπτης, ένα λειαντικό μηχάνημα οδοντώσεων ή ένας τόρνος για την τόρνευση εδράνων σε μία μηχανή εσωτερικής καύσεως είναι τυπικά παραδείγματα ειδικών εργαλειομηχανών.

**3. Αυστηρά εξειδικευμένες εργαλειομηχανές.** Χαρακτηρίζονται έτσι οι εργαλειομηχανές που είναι μελετημένες μόνο για την εκτέλεση ορισμένης φάσεως κατεργασίας σε ορισμένο κομμάτι.

Οι ειδικές και οι αυστηρά εξειδικευμένες εργαλειομηχανές βρίσκουν εφαρμογή στην παραγωγή κατά παρτίδες μεγάλου μεγέθους και στη μαζική παραγωγή.

**4. Εργαλειομηχανές μεταφοράς** [παράγρ. 1.1.4(γ)]. Είναι συγκροτήματα εργαλειομηχανών, όπου το ακατέργαστο κομμάτι [π.χ. το σώμα μιας μηχανής εσωτερικής καύσεως ή ένας μισού ετοιμος (μετά από την καμίνευσή του) διωστήρας] μεταφέρομενο, κατεργαζόμενο και ελεγχόμενο (όπου απαιτείται έλεγχος) από εργαλειομηχανή σε εργαλειομηχανή λαμβάνεται τελικά έτοιμο. Τέτοια συγκροτήματα εργαλειομηχανών χρησιμοποιούνται στή ροϊκή παραγωγή.

#### **Δ. Κατάταξη ανάλογα με την ακρίβεια κατεργασίας.**

- 1. Εργαλειομηχανές συνήθους ακρίβειας.**
- 2. Εργαλειομηχανές ακρίβειας.**
- 3. Εργαλειομηχανές μεγάλης ακρίβειας και**
- 4. Εργαλειομηχανές ύψιστης ακρίβειας,** στις οποίες κατασκευάζονται κομμάτια για τις εργαλειομηχανές (2) και (3).

#### **Ε. Κατάταξη ανάλογα με τη μορφή των κατεργασμένων επιφανειών.**

- 1. Εργαλειομηχανές κατεργασίας επιπέδων επιφανειών,** όπως π.χ. οι πλάνες, οι φραιζομηχανές, τα λειαντικά μηχανήματα επιπέδων επιφανειών κ.ά.
- 2. Εργαλειομηχανές κατεργασίας κυλινδρικών επιφανειών,** όπως είναι οι τόρνοι, τα δράπανα, τα λειαντικά μηχανήματα κυλινδρικών επιφανειών κλπ.
- 3. Εργαλειομηχανές κατεργασίας επιφανειών με ειδική μορφή.** Σ' αυτές ανήκουν οι γραναζοκόπτες, η φραιζομηχανή αντιγραφής, τα λειαντικά μηχανήματα οδοντώσεων κ.ά.

#### **ΣΤ. Κατάταξη ως προς το βάρος.**

Με βάση το κριτήριο αυτό διακρίνομε τις εργαλειομηχανές σε **ελαφρές** (συνήθως με βάρος μέχρι ένα τόννο), σε **βαριές** (με βάρος άνω των 10 τόννων) και σε **εργαλειομηχανές μέσου βάρους** (με βάρος άνω του ενός τόννου και μέχρι 10 τόννων).

#### **Ζ. Κατάταξη ως προς το βαθμό αυτοματισμού.**

Εδώ διακρίνομε τις εργαλειομηχανές σε **κοινές, ημιαυτόματες και αυτόματες.** **Ημιαυτόματη** ονομάζομε την εργαλειομηχανή εκείνη, στην οποία οι απαιτούμενες κινήσεις (πρωτεύουσες και κινήσεις προώσεως, όπως και οποιεσδήποτε άλλες βοηθητικές κινήσεις) για την κατεργασία ενός κομματιού γίνονται αυτομάτως. Στο τέλος της κατεργασίας του κομματιού η εργαλειομηχανή σταματά αυτομάτως και για να επαναληφθεί η κατεργασία άλλου όμοιου κομματιού, θα πρέπει να αποσυρθεί από την εργαλειομηχανή το έτοιμο κομμάτι, να τοποθετηθεί το ακατέργαστο και να ξεκινήσει έκ νέου η εργαλειομηχανή.

Στην αυτόματη εργαλειομηχανή, εκτός από τις αυτόματες κινήσεις που χαρακτηρίζουν την ημιαυτόματη εργαλειομηχανή, επί πλέον και η αφαίρεση του έτοιμου κομματιού και η τοποθέτηση του ακατέργαστου γίνονται επίσης αυτομάτως.

## 1.6. Ερωτήσεις.

1. Να αναφέρετε τις βασικές κατεργασίες και μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων.
2. Ποιες είναι οι ουσιώδεις διαφορές ανάμεσα στις κατεργασίες κοπής και στις κατεργασίες διαμορφώσεων των μετάλλων;
3. Να δώσετε την εξήγηση σε τρεις, κατά την εκλογή σας, από τους ακόλουθους όρους:  
**Πρωτεύουσα κίνηση μιας κατεργασίας κοπής, κίνηση προώσεως, ταχύτητα κοπής, ταχύτητα προώσεως, πρόσωση.**
4. Τι εννοούμε όταν λέμε **συνθήκες κατεργασίας** (ή κοπής);
5. Να περιγράψετε συνοπτικά με τη βοήθεια του απαραίτητου σχεδιαγράμματος τις εξής κατεργασίες:
  - α) Διαμήκης τόρνευση και β) τρυπάνισμα.
6. Ομοίως να περιγράψετε, όπως στην ερώτηση 5: α) Το μετωπικό φραιζάρισμα και β) το πλάνισμα σε τραπέζοπλάνη.
7. Να κάμετε το ίδιο, όπως στο (5) και για τη λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών.
8. Ποιες ανάγκες της πράξεως οδήγησαν στην ανάπτυξη των μη συμβατικών μεθόδων αφαιρέσεως μετάλλου;
9. Να περιγράψετε σύντομα την αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα δίνοντας συγχρόνως και απλό διάγραμμά της.
10. Να αναφέρετε δύο κατεργασίες, με τις οποίες κατεργαζόμαστε επίπεδες επιφάνειες και άλλες δύο, με τις οποίες μορφοποιούμε κυλινδρικές (εξωτερικές ή εσωτερικές) επιφάνειες.
11. Ποιο εργαλείο χαρακτηρίζομε ως εργαλείο μιας κύριας κόψεως και ποιο ως εργαλείο πολλών κυρίων κόψεων; Να δώσετε παραδείγματα αντιστοίχων τέτοιων εργαλείων.
12. Πώς ομαδοποιούνται οι εργαλειομηχανές κοπής με βάση το είδος της κάθε κατεργασίας, που εκτελείται σ' αυτές;
13. Ποια εργαλειομηχανή ονομάζομε **γενικής χρήσεως** και ποια **ειδική;** Να δώσετε παραδείγματα εργαλειομηχανών γενικής χρήσεως και ειδικών εργαλειομηχανών.
14. Ποια εργαλειομηχανή καλούμε ημιαυτόματη και ποια αυτόματη;
15. Σε ποιες εργαλειομηχανές εκτελούνται οι κατεργασίες που θα δώσετε ως απάντηση στην ερώτηση (10).
16. Να δώσετε δύο κατεργασίες σπειροτομήσεως, όποιες θέλετε, όπως και δύο μεθόδους κοπής οδοντώσεων.
17. Σε ποιες εργαλειομηχανές θα κάμετε αντίστοιχα τις κατεργασίες, που θα δώσετε ως απάντηση στην προηγούμενη ερώτηση (16);
18. Μια εργαλειομηχανή ζυγίζει 15 τόννους. Ανήκει στις ελαφριές, στις βαριές ή στις μέσου βάρους εργαλειομηχανές;
19. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνομε τις εργαλειομηχανές κοπής με κριτήριο την ακρίβεια κατεργασίας, που μας δίνουν;
20. Συγκρίνοντας ένα κοπτικό εργαλείο τορνεύσεως και ένα λειαντικό τροχό (και αυτός, όπως γνωρίζομε, είναι κοπτικό εργαλείο), ποιες σημαντικές διαφορές μεταξύ τους βρίσκετε;
21. Να δώσετε παραδείγματα τριών εργαλειομηχανών με περιστροφική την πρωτεύουσα κίνηση και μιας άλλης με ευθύγραμμη την πρωτεύουσα κίνηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

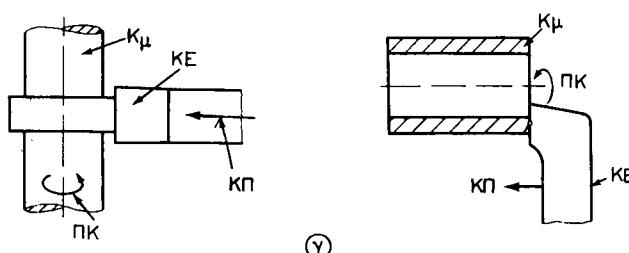
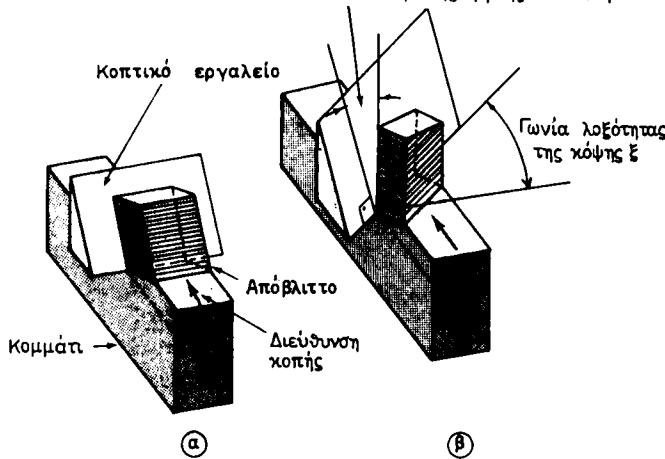
#### 2.1 Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων.

##### 2.1.1 Προκαταρκτικές έννοιες και ορισμοί.

Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων, τον οποίο θα αναπτύξουμε παρακάτω, ισχύει τόσο στις κατεργασίες των μετάλλων που εκτελούνται στις εργαλειομηχανές (παράγρ. 1.3, δσο και σε εκείνες που γίνονται με εργαλεία του χεριού (ΜΤ-ΕΙ Κεφάλαιο 8 ως 16).

Για τη μελέτη του μηχανισμού της κοπής μεταχειρίζόμαστε χάριν απλότητας τη λεγόμενη **ορθογωνική κοπή** [σχ. 2.1α(α)]. Κατά την ορθογωνική κοπή το κοπτικό εργαλείο έχει μορφή σφήνας, η κόψη του είναι ευθεία, έχει πλάτος μεγαλύτερο από το πλάτος του κομματιού και είναι κάθετη προς τη **διεύθυνση κοπής** (διεύθυνση

Γωνία εκτροπής η ροής του αποβλήτου ξ'



Σχ. 2.1α.

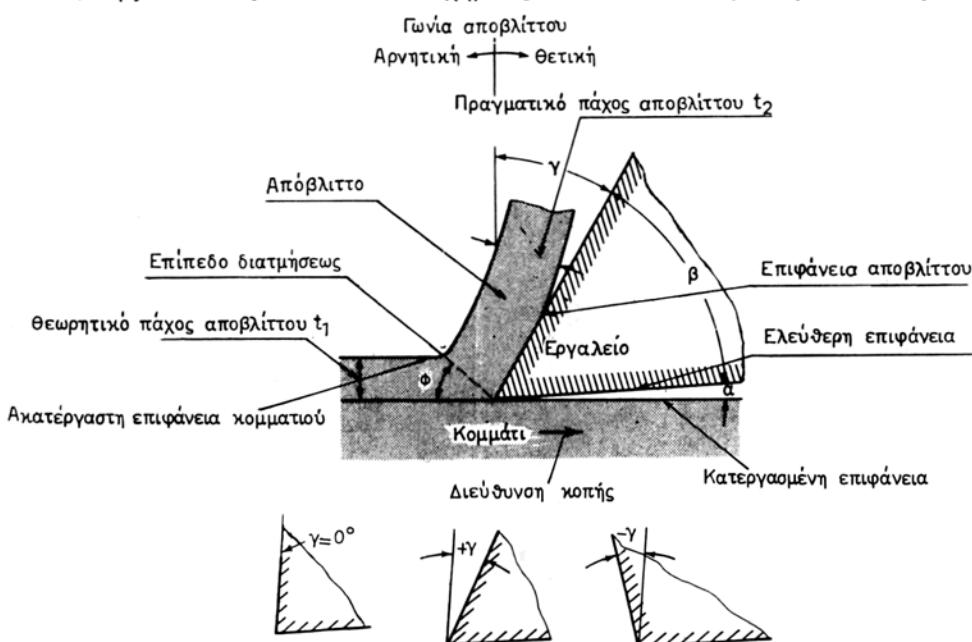
α) Ορθογωνική κοπή. β) Λοξή κοπή. γ) Ορθογωνική τόρνευση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, Κμ κομμάτι, ΚΕ κοπτικό εργαλείο).

της σχετικής κινήσεως εργαλείου και κομματιού). Το κοπτικό εργαλείο (ή το κομμάτι) εξαναγκάζεται να κινηθεί σχετικά προς το κομμάτι (ή το εργαλείο) έτσι, ώστε ένα επιφανειακό στρώμα του κομματιού (το μέγεθος του στρώματος αυτού εξαρτάται από την περίπτωση κοπής) να αφαιρείται σε μορφή αποβλίτου. Παραδείγματα ορθογωνικής κοπής βλέπουμε στο σχήμα 2.1α(γ).

Οι βασικές αρχές που ισχύουν στην ορθογωνική κοπή επεκτεινόμενες έχουν εφαρμογή και στη **λοξή κοπή** [σχ. 2.1α(β), παράγρ. 2.3.1(A)], την οποία συναντούμε κατά κύριο λόγο στην πράξη, τόσο για κατεργασίες με εργαλείο με μία κύρια κόψη (π.χ. τόρνευση, πλάνισμα κ.α.), όσο και για κατεργασίες με εργαλείο πολλών κυρίων κόψεων (π.χ. φραιζάρισμα, αυλάκωση κλπ.). Κατά τη λοξή κοπή ή κόψη του εργαλείου κλίνει ως προς την κάθετο στη διεύθυνση κοπής κατά μία γωνία  $\xi$ , την οποία καλούμε **γωνία λοξότητας της κόψης**.

Το κοπτικό εργαλείο της ορθογωνικής κοπής (σχ. 2.1β) έχει τις εξής γωνίες:

α) Τη **γωνία αποβλίτου γ**, που σχηματίζεται ανάμεσα στην **επιφάνεια αποβλίτου**



Σχ. 2.1β.

Χαρακτηριστικές γωνίες, επιφάνειες και μεγέθη κατά την ορθογωνική κοπή.

**του** (επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το απόβλιττο) και στην κάθετο προς τη διεύθυνση κοπής. Η γωνία αυτή έχει μεγάλη σημασία στην κοπή των μετάλλων, γιατί παίρνει μέρος στο σχηματισμό του αποβλίτου [παράγρ. 2.1.3]. Μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδενική.

β) Τη **γωνία ελεύθεριας α**, η οποία σχηματίζεται μεταξύ της **ελεύθερης επιφάνειας** του εργαλείου (είναι η επιφάνεια του εργαλείου που κείται προς το μέρος της κατεργασμένης επιφάνειας του κομματιού) και της διευθύνσεως κοπής. Η ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου δεν παίρνει μέρος στο σχηματισμό του αποβλίτου, η

γωνία ελευθερίας όμως επηρεάζει τη φθορά του εργαλείου [παράγρ. 2.4.3 (Γ)(2)].

γ) Τη **γωνία σφήνας** β, την οποία σχηματίζουν η επιφάνεια αποβλίτου και η ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου.

Μεταξύ των τριών αυτών γωνιών, που τις ονομάζομε **γωνίες κοπής** ισχύει, όπως είναι φανερό, η σχέση:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (2.1)$$

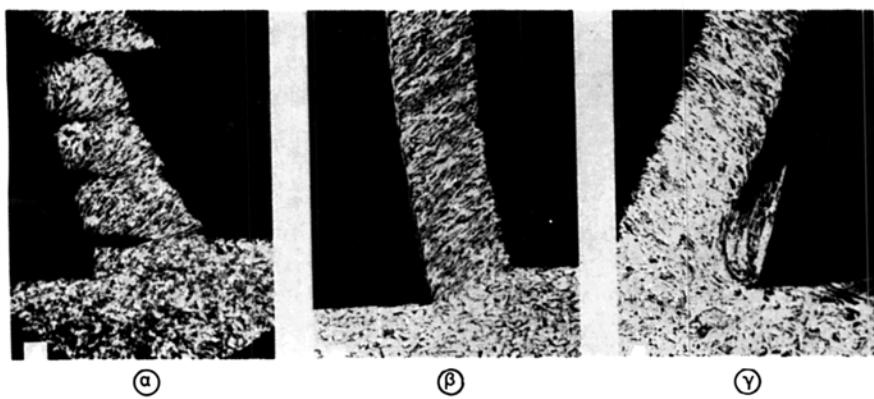
Το πάχος  $t_1$  του στρώματος του μετάλλου που αφαιρείται με τη βοήθεια του εργαλείου είναι γνωστό ως **θεωρητικό πάχος αποβλίτου**, ενώ το πάχος  $t_2$  που αποκτά το απόβλιτο μετά την κοπή ονομάζεται **πραγματικό πάχος αποβλίτου**.

### 2.1.2 Είδη και μορφές αποβλίτου.

Όπως γνωρίζομε (παράγρ. 1.1), οι κατεργασίες κοπής έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό τους το ότι, για τη μορφοποίηση των κομματιών, **αφαιρείται μέταλλο** και ότι το μέταλλο αυτό αφαιρείται σε **μορφή αποβλίτων**. Το απόβλιτο κατά συνέπεια είναι το προϊόν της κοπής των μετάλλων και η μελέτη του μας δίνει τη δυνατότητα να βγάζομε ενδιαφέροντα συμπεράσματα για το φαινόμενο της κοπής.

Το απόβλιτο, όπως θα δούμε στη συνέχεια, σχηματίζεται σε διάφορα μεγέθη και παίρνει ποικίλες μορφές ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας.

Διακρίνομε τρία βασικά είδη αποβλίτου: το **ασυνεχές απόβλιτο** [σχ. 2.1 γ (α)], το **συνεχές απόβλιτο** [σχ. 2.1 γ (β)] και το **συνεχές απόβλιτο με ψευδόκοψη** [σχ. 2.1 γ (γ)].



Σχ. 2.1γ.

Τα τρία είδη αποβλίτου: α) Το ασυνεχές απόβλιτο. β) Το συνεχές απόβλιτο. γ) Το συνεχές απόβλιτο με ψευδόκοψη.

#### A. Τα βασικά είδη αποβλίτου.

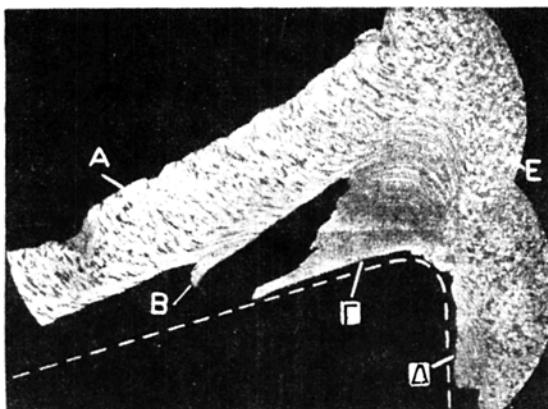
1) Το **ασυνεχές απόβλιτο**. Κατά το σχηματισμό του ασυνεχούς αποβλίτου, το μέταλλο που βρίσκεται μπροστά από την κόψη του εργαλείου, υφιστάμενο σημαντικές παραμορφώσεις, **θραύεται** στη ζώνη διατμήσεως [παράγρ. 2.1.3] συνήθως περιοδικά και το απόβλιτο **τεμαχίζεται**. Τέτοιο απόβλιτο συναντούμε στην κοπή ψαθυρών μετάλλων, όπως είναι ο χυτοσίδηρος ή ο χυτευτικός ορείχαλκος κ.α. Είναι δυνατός όμως ο σχηματισμός ασυνεχούς αποβλίτου και κατά την κοπή ολκίμων μετάλλων η κραμάτων (μαλακός χάλυβας, αργίλιο, χαλκός, μόλυβδος κλπ) γε-

νικά σέ χαμηλές ταχύτητες κοπής, σέ μεγάλες προώσεις και μέ εργαλεία μέ μικρές τιμές της γωνίας άποβλίτου.

2) **Τό συνεχές άποβλιττο.** Στήν περίπτωση αυτή τό μέταλλο, πού βρίσκεται μπροστά άπό τήν κόψη του εργαλείου, υφίσταται **συνεχή πλαστική παραμόρφωση σέ διάτμηση** (χωρίς βέβαια νά θραύεται) στή ζώνη διατμήσεως [θά τό έξηγήσομε αυτό παρακάτω στην παράγραφο 2.1.3] και το σχηματιζόμενο απόβλιττο εν είδει ταινίας κινείται επάνω στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου.

Το συνεχές απόβλιττο το συναντούμε κατά την κοπή ολκίμων μετάλλων και κραμάτων κυρίως σε ψηλές ταχύτητες κοπής, όπως συμβαίνει στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούμε σκληρομέταλλα ως κοπτικά εργαλεία [παράγρ. 2.3.2 (B)].

Το απόβλιττο αυτό μας είναι πολύ επιθυμητό, γιατί ο σχηματισμός του σχετίζεται με **ευνοϊκές συνθήκες** αναπτυσσόμενων δυνάμεων κοπής και καταναλισκόμενης ισχύος, τραχύτητας των κατεργασμένων επιφανειών και φθοράς (ή ζώης) του κοπτικού εργαλείου [παράγρ. 2.4, 2.1.2 (Γ)].



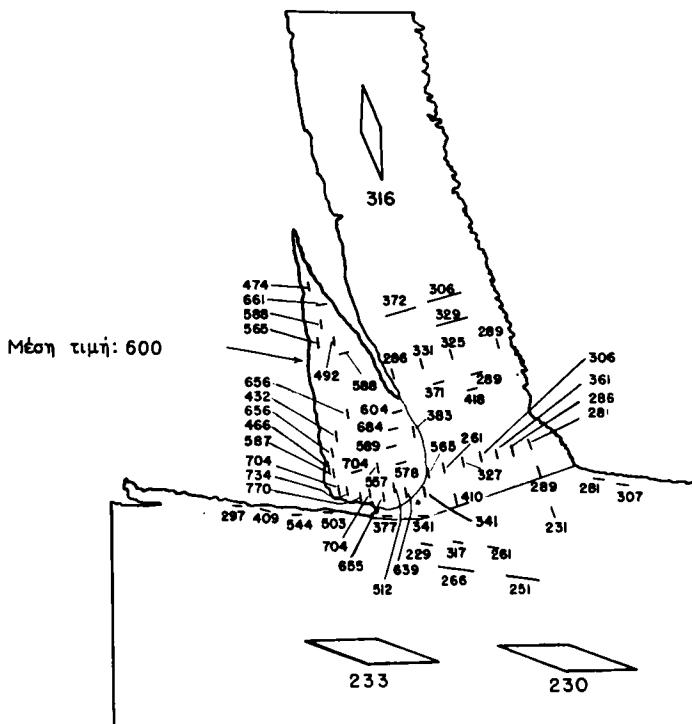
**Σχ. 2.1δ.**

Μικροφωτογραφία που μας δείχνει τη ψευδόκωψη  $\Gamma$  και τα τεμαχίδια  $\Beta$  και  $\Delta$  που προκύπτουν από τον τεμαχισμό της.

Α απόβλιττο, Ε κομμάτι.

3) **Το συνεχές απόβλιττο με ψευδόκωψη** [σχ. 2.1δ, σχ. 2.1γ(γ)]. Σχηματίζεται όπως και το συνεχές με τη διαφορά ότι στην περιοχή της κόψης του εργαλείου και επάνω στην επιφάνεια αποβλίτου δημιουργείται η λεγόμενη **ψευδόκωψη**. Αυτή είναι ένα σώμα σε σφηνοειδές ασυμετρικό σχήμα από ισχυρά παραμορφωμένο και σκληρωμένο (σχ. 2.1ε) μέταλλο. Δημιουργείται κατά την κοπή από επάλληλα λεπτά στρώματα μετάλλου, προσκολλούμενη στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, κάτω από συνθήκες ψηλού μέσου συντελεστή τριβής ψηλών τιμών ορθών στάσεων [παράγρ. 2.1.3] και ειδικών συνθηκών θερμοκρασίας.

Η ψευδόκωψη συνεχίζει να αναπτύσσεται, καθώς η κοπή προχωρεί. Και όταν η ψευδόκωψη αποκτήσει ένα ορισμένο μέγεθος κατά περίπτωση κοπής τότε, λόγω των δυνάμεων που ασκούνται επάνω σε αυτή, αποχωρίζονται από το σώμα της τεμαχίδια. Άλλα από αυτά ( $\Beta$ ) (σχ. 2.1δ) παρασυρόμενα προσκολλούνται στην προς το εργαλείο πλευρά του αποβλίτου, ενώ άλλα ( $\Delta$ ) επάνω στη νεοσχηματιζόμενη (κατεργασμένη) επιφάνεια του κομματιού.



Σχ. 2.1ε.

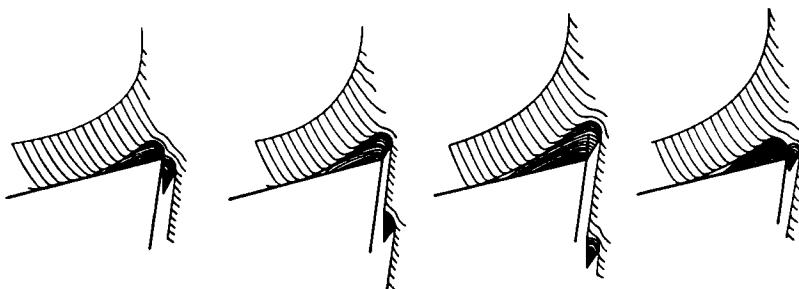
Διανομή της σκληρότητας στο απόβλιτο, στην ψευδόκωψη και στο κομμάτι. Είναι ολοφάνερη η σκλήρωση της ψευδόκωψης (μέση τιμή περίπου 600 βαθμοί σκληρότητας) απέναντι στους περίπου 230 του απαραμόρφωτου υλικού (χάλυβας) του κομματιού.

Ο σχηματισμός και ο τεμαχισμός της ψευδόκωψης λαμβάνει χώρα περιοδικά, όπως χαρακτηριστικά βλέπομε στο σχήμα 2.1στ.

Η δημιουργία της ψευδόκωψης παρουσιάζει **χειροτερεύουν** την τραχύτητα της. Ο πρώτος είναι ότι τα τεμαχίδια της ψευδόκωψης, τα οποία προσκολλούνται επάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού, **χειροτερεύουν** την τραχύτητα της. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι η παρουσία της ψευδόκωψης επηρεάζει τη φθορά (άρα και τη ζωή) του κοπτικού εργαλείου κατά τέτοιο τρόπο, ώστε άλλοτε να την **ευνοεί** και άλλοτε να τη **χειροτερεύει**. Έτσι, αν η ψευδόκωψη είναι ασταθής, τότε τα πολύ σκληρά τεμαχίδια της, που προσκολλούνται στην προς το εργαλείο επιφάνεια του αποβλίτου (τεμαχίδια Β του σχήματος 2.1δ), φθείρουν το εργαλείο στην επιφάνεια αποβλίτου με το μηχανισμό αποξέσεως [παράγρ. 2.4.2 (Α)]. Αν όμως η ψευδόκωψη είναι σταθερή σχετικά, τότε προφυλάσσει το εργαλείο από φθορά. Και αυτό, γιατί η ψευδόκωψη εκτελεί την εργασία της κόψης του εργαλείου.

Σχετικά με το σχηματισμό της ψευδόκωψης μπορούμε να διατυπώσουμε το γενικό κανόνα ότι το μέγεθός της μειώνεται:

- α) Με αύξηση της ταχύτητας κοπής (σε ψηλές ταχύτητες κοπής η ψευδόκωψη μπορεί και να εξαφανισθεί ολωσδιόλου).



**Σχ. 2.1στ.**

Ο κύκλος σχηματισμού και τεμαχισμού της ψευδόκοψης.

- β) Με αύξηση της τιμής της γωνίας αποβλίτου του εργαλείου.
- γ) Με ελάττωση του θεωρητικού πάχους του αποβλίτου ή της προώσεως στην τόρνευση και στις άλλες κατεργασίες και
- δ) με χρήση του κατάλληλου υγρού κοπής, που βελτιώνει, όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.5.2 (B), τις συνθήκες τριβής αποβλίτου – εργαλείου.

#### **B. Διάφορες μορφές αποβλίτων.**

Στο σχήμα 2.1ζ εικονίζονται μορφές αποβλίτων που σχηματίζονται κατά την τόρνευση χάλυβα ταξινομούμενες σε επτά κατηγορίες από 1 ως 7 με μεταβαλλόμενες την ταχύτητα κοπής, την πρόωση και τη γωνία αποβλίτου του εργαλείου. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι αύξηση της ταχύτητας κοπής, αύξηση της γωνίας αποβλίτου του εργαλείου ή μείωση της προώσεως ευνοούν το σχηματισμό μορφών αποβλίτου, που βαίνουν από την κατηγορία 7 προς την κατηγορία 1.

#### **Γ. Γρεζοθραύστες.**

Στην πράξη, πολλές φορές (π.χ. στην κοπή ολκίμων μετάλλων ή κραμάτων σε ψηλές ταχύτητες κοπής) σχηματίζεται απόβλιτο με μεγάλο μήκος (π.χ. ταινιοεδές, ή ελικοειδές, σχ. 2.1ζ). Τέτοιας μορφής απόβλιτο παρουσιάζει δυσκολίες στην εκτέλεση της κατεργασίας και εγκυμονεί κινδύνους για ατύχημα στον τεχνίτη και βλάβες στο εργαλείο και στην εργαλειομηχανή.

Σε τέτοιες περιπτώσεις ελέγχομε τη μορφή και το μέγεθος του αποβλίτου με κατάλληλη διαμόρφωση του κοπτικού εργαλείου δημιουργώντας **γρεζοθραύστες** (σχ. 2.1η).

#### **2.1.3 Πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιτο.**

Ας δούμε τώρα πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιτο, που είναι το πιο απλό για μελέτη και που, όπως είπαμε, το επιδιώκομε στην πράξη για τους λόγους που έχουμε αναφέρει [παράγρ. 2.1.2 (A) (2)].

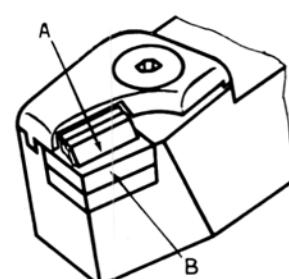
Παραδεχόμαστε ότι η κοπή είναι συνεχής και ορθογωνική (παράγρ. 2.1.1), ότι το εργαλείο είναι οξύ (μόλις τροχισμένο) και ότι το απόβλιτο δεν ρέει πλευρικά.

Ας πούμε ότι το εργαλείο παραμένει σταθερό και ότι το κομμάτι κινείται προς τα δεξιά (σχ. 2.1θ). Ο μηχανισμός της κοπής όμως δεν θ αλλαζε, αν συνέβαινε

Κατηγορία μορφής αποβλίτου	Μορφή αποβλίτου	Ονομασία
1		Ταινιοειδές ευθύ
2		Ταινιοειδές άτακτο
3		Ελικοειδές
4		Ελικοειδές τεμαχισμένο
5		Σπειροειδές τεμαχισμένο
6		Τεμάχια σπειροειδούς
7		Τεμάχιδια αποβλίτου

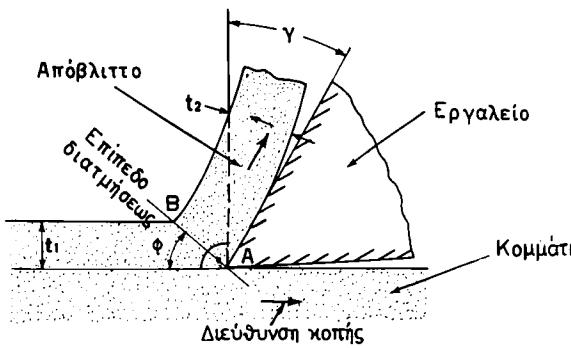
Σχ. 2.1ζ.

Διάφορες μορφές αποβλίτου που μπορούν να σχηματισθούν κατά την τόρνευση ενός χάλυβα.



Σχ. 2.1η.  
Γρεζοθραύστες.

Α γρεζοθραύστης, Β πλακίδιο από σκληρομέταλλο.



Σχ. 2.10.

Πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιτο.

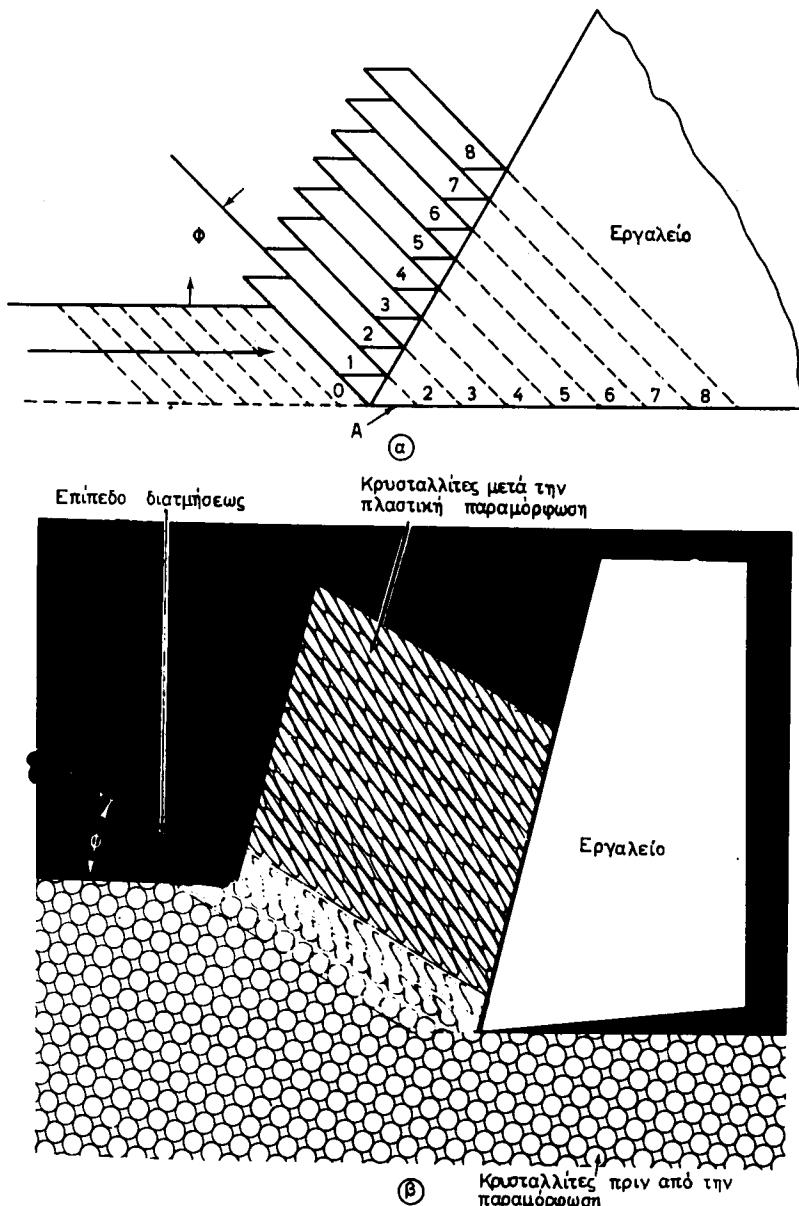
και το αντίθετο. Αν δηλαδή το κομμάτι ήταν σταθερό και το εργαλείο κουνιόταν.

Εξαιτίας της δυνάμεως που θα ασκηθεί από το εργαλείο προς το κομμάτι, δημιουργείται ένα πεδίο τάσεων ακριβώς μπροστά στην κόψη του εργαλείου. Αν, τώρα το υλικό είναι όλκιμο, **παραμορφώνεται συνεχώς με πλαστική διάτμηση** κατά μήκος του λεγόμενου **επιπέδου διατμήσεως** (AB) με αποτέλεσμα το σχηματισμό του αποβλίτου (με πάχος  $t_2$ ). Το απόβλιτο σχηματισμένο πλέον κινείται προς τα επάνω (μας το δείχνει το βέλος, σχ. 2.10) στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, εφαπτόμενο κατά τη ζώνη τριβής, υπό μορφή ταινίας (συνεχές απόβλιτο) υπερνικώντας σημαντική τριβή. Το επίπεδο διατμήσεως κλίνει ως προς τη διεύθυνση της κοπής κατά μια γωνία  $\Phi$ , την οποία ονομάζομε **γωνία διατμήσεως**. Στην πραγματικότητα η πλαστική διάτμηση του μετάλλου δεν γίνεται ακριβώς στο επίπεδο διατμήσεως, αλλά σε μια στενή ζώνη, στη **ζώνη διατμήσεως**. Το πάχος της ζώνης διατμήσεως μικραίνει οσο η ταχύτητα κοπής μεγαλώνει. Γ' αυτό, για τις ταχύτητες κοπής της πράξεως, η ζώνη διατμήσεως είναι δυνατό να προσεγγισθεί με το **επίπεδο διατμήσεως**, που διευκολύνει την ανάλυση και μελέτη της κοπής.

Ο μηχανισμός σχηματισμού του συνεχούς αποβλίτου με πλαστική διάτμηση μπορεί να εξομειωθεί, για να κατανοηθεί καλύτερα, με την ολίσθηση μιας δέσμης από παιγνιόχαρτα, που βρίσκονται μπροστά σε ένα εργαλείο και ωθουνται από αυτό [σχ. 2.11 (α)]. Κάθε παιγνιόχαρτο ολισθαίνει προς τα αριστερά σε σχέση με το γειτονικό του ακριβώς οπως κάθε σύνολο κρυσταλλιτων του μετάλλου (για τα πολυκρυσταλλικά μέταλλα) ολισθαίνει κατά μήκος της στενής ζώνης διατμήσεως. Κατα τη μετακίνηση π.χ. του παιγνιόχαρτου 1 ως προς το παιγνιόχαρτο O, παρατηρείται ολίσθηση μεταξύ τους, οπως και αποχωρισμός του από τη στοιχειώδη επιφάνεια A. Ο αποχωρισμός αυτός στην πραγματικότητα σημαίνει θραύση ενός στοιχείου του αποβλίτου στο κάτω ακρο του και σχηματισμό της νέας επιφάνειας του κομματιού, δηλαδή της **κατεργασμένης επιφάνειας**, οπως την έχομε αποκαλέσει.

Οι κρυσταλλίτες του μετάλλου του κομματιού καθώς διέρχονται από τη ζώνη διατμήσεως, παραμορφώνονται (επιμηκύνονται), οπως χαρακτηριστικά βλέπομε στο σχήμα 2.11(β).

Σύμφωνα με οσα έχομε αναπτύξει μέχρι τώρα, μπορουμε να διατυπώσομε τα εξης σχετικά με το σχηματισμό του συνεχούς αποβλίτου:



Σχ. 2.11.

Εξομοίωση του σχηματισμού του συνεχόμεν αποβλίτου.

- α) Το απόβλιτο σχηματίζεται με συνεχή πλαστική διάτμηση στη ζώνη διατμήσεως.
- β) Το σχηματιζόμενο απόβλιτο κινείται επάνω στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, εφαπτόμενο στη ζώνη τριβής και υπερνικώντας σημαντική τριβή.

γ) Η κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού δημιουργείται με θραύση του μετάλλου.

Ας μιλήσουμε τώρα για το σύστημα των δυνάμεων, που αναπτύσσονται κατά το σχηματισμό του συνεχούς αποβλίτου (σχ. 2.1α) με ορθογωνική βέβαια κοπή. Οι δυνάμεις που επενεργούν στο απόβλιτο, αν το θεωρήσουμε ως σώμα ελεύθερο, απόλυτα στερεό, που βρίσκεται σε ηρεμία ή σε ομαλή κίνηση, είναι οι ακόλουθες:

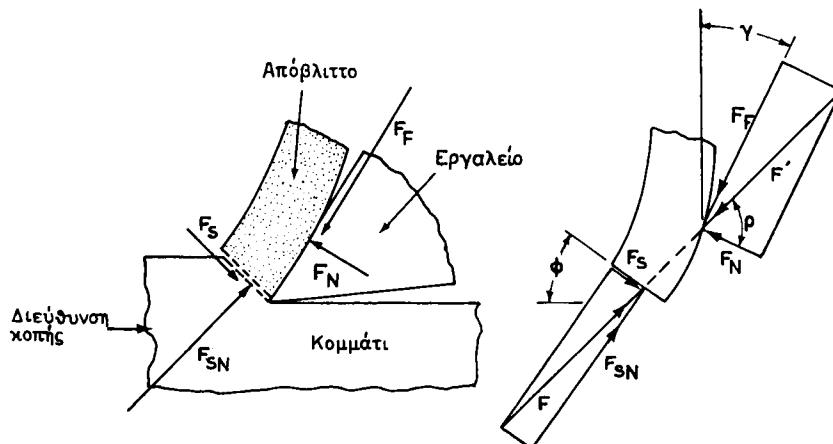
α) Η δύναμη διατμήσεως  $F_S$ . Είναι η αντίσταση σε διάτμηση που παρουσιάζει το κατεργαζόμενο υλικό.

β) Η κάθετη στο επίπεδο διατμήσεως δύναμη  $F_{SN}$ , που αποτελεί κατά κάποιον τρόπο μιαν αντίδραση που ασκεί το κομμάτι προς το κοπτικό εργαλείο.

γ) Η δύναμη τριβής  $F_F$ , που επενεργεί στη ζώνη τριβής και που αντιτίθεται στην κίνηση του αποβλίτου και

δ) Η κάθετη στη ζώνη τριβής δύναμη  $F_N$ .

Οι δυνάμεις  $F_S$  και  $F_{SN}$  μας δίνουν ως συνισταμένη τη δύναμη  $F$  και οι δυνάμεις  $F_F$  και  $F_N$  τη δύναμη  $F'$ . Αν τώρα θεωρήσουμε ότι δεν επενεργεί στο απόβλιτο καμιά ροπή, τότε για να έχουμε στατική ισορροπία του αποβλίτου ή ομαλή κίνηση του, θα πρέπει η  $F$  και  $F'$  να είναι ίσες και αντίθετες. Τη συνισταμένη  $F'$  (η  $F$ ) την ονομάζομε **δύναμη κοπής**.

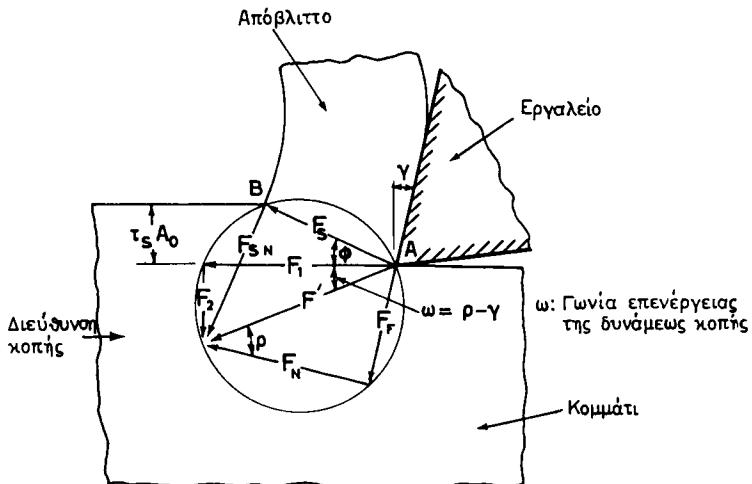


Σχ. 2.1α.

Το σύστημα των δυνάμεων στην ορθογωνική κοπή.

Στο σχ. 2.1β εικονίζεται το σύστημα αυτό των δυνάμεων κοπής σε μορφή κυκλικού διαγράμματος πολύ έγχρηστου για τον υπολογισμό διαφόρων ανάμεσά τους σχέσεων. Στο διάγραμμα αυτό περιλαμβάνονται ακόμα και οι συνιστώσες της δυνάμεως κοπής  $F_1$  και  $F_2$ . Η πρώτη, δηλαδή η  $F_1$ , επενεργεί προς την κατεύθυνση κοπής και καλείται **κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής**. Η γνώση της εχει μεγάλη σημασία, γιατί από αυτή μαζί με την ταχύτητα κοπής υπολογίζομε την ισχύ κοπής [σχέσεις (2.9)]. Η δεύτερη συνιστώσα, δηλαδή η  $F_2$ , έχει διεύθυνση κάθετη στην κατεύθυνση κοπής. Οι συνιστώσες αυτές  $F_1$  και  $F_2$  μετρούνται συνήθως με ειδικά δυναμόμετρα κοπής (παράγρ. 2.6.1).

Το λόγο μ της δυνάμεως τριβής  $F_F$  ως προς την κάθετη δύναμη  $F_N$ , δηλαδή  $\mu = F_F/F_N$  τον ονομάζομε **μέσο συντελεστή τριβής** και τη γωνία  $\rho = \text{toz}$  εφμ καλούμε **μέση γωνία τριβής**. Ο μέσος συντελεστής τριβής (ή η μέση γωνία τριβής) αποτελεί αποφασιστικό μέγεθος για τα φαινόμενα, που λαμβάνουν χώρα στη ζώνη τριβής.



Σχ. 2.1β.

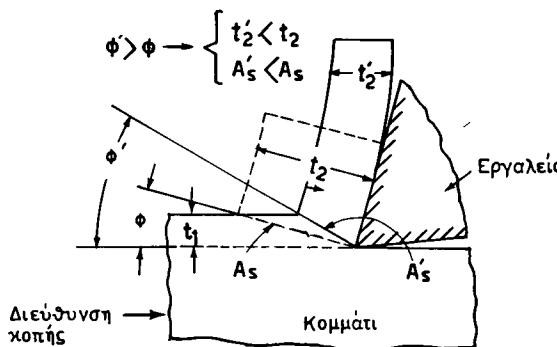
Οι δυνάμεις στην ορθογωνική κοπή, όπως ασκούνται από το εργαλείο στο κομμάτι στη μορφή ενός κυκλικού διαγράμματος.

#### 2.1.4 Η γωνία διατμήσεως και ο δείκτης συμπέσεως του αποβλίτου.

Η γωνία διατμήσεως αποτελεί βασικό μέγεθος της κοπής των μετάλλων και εκφράζει ποσοτικά δι, τι συμβαίνει στη ζώνη διατμήσεως. Η γνώση της, για δοσμένη περίπτωση κοπής, βοηθεί σημαντικά στο θεωρητικό υπολογισμό σπουδαίων μεγεθών της κοπής, όπως δυνάμεων, τάσεων, της ισχύος κοπής κ.α.

Γενικά μπορούμε να διατυπώσουμε την αρχή ότι **μεγάλες γωνίες διατμήσεως χαρακτηρίζουν αποδοτική κοπή**. Και αυτό με την έννοια ότι σε μεγάλες γωνίες διατμήσεως αναπτύσσονται μικρότερες δυνάμεις κοπής, η ισχύς που ξοδεύεται είναι επίσης μικρότερη και οι θερμοκρασίες χαμηλότερες με ευνοϊκές συνέπειες στη φθορά και στη ζωή του κοπτικού εργαλείου.

Έστω ότι αυξάνεται η γωνία διατμήσεως από μια τιμή  $\Phi$  σε μια άλλη  $\Phi'$  (σχ. 2.1γ). Με το μεγάλωμα αυτό της γωνίας  $\Phi$  έχουμε μείωση της επιφάνειας διατμήσεως από την τιμή  $A_\Phi$  στην τιμή  $A_{\Phi'}$  και του πραγματικού πάχους του αποβλίτου από  $t_2$  σε  $t'_2$ . Επειδή όμως η τάση διατμήσεως παραμένει πρακτικά σταθερή στο επίπεδο διατμήσεως (είναι το στιγμιαίο όριο διαρροής του κατεργαζόμενου υλικού σε διάτμηση  $T_{SO}$ ), η ελάττωση στην επιφάνεια διατμήσεως έχει ως επακόλουθο μείωση και στην απαιτούμενη για το σχηματισμό του αποβλίτου δύναμη διατμήσεως ( $F_S = A_{\Phi'} \cdot T_{SO}$ ) και κατ' επέκταση στη δύναμη κοπής. Εξάλλου με ελάττωση της γωνίας διατμήσεως συμβαίνει το αντίθετο, αυξάνεται δηλαδή η επιφάνεια δια-



Σχ. 2.1η.

Αύξηση της γωνίας διατμήσεως συνεπάγεται μέίωση της επιφάνειας διατμήσεως και του πράγματικού πάχους του αποβλίτου.

τμήσεως και το πράγματικό πάχος του αποβλίτου και από αυτό και η δύναμη διατμήσεως, άρα και η δύναμη κοπής.

Η γωνία διατμήσεως εξαρτάται από τη μέση γωνία τριβής  $\rho$  (η το μέσο συντελεστή τριβής  $\mu$ ) στη ζώνη επαφής ανάμεσα στο απόβλιττο και στο εργαλείο και από τη γωνία αποβλίτου γ του εργαλείου και μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε αύξηση στη γωνία αποβλίτου από αρνητικές προς θετικές τιμές η μείωση στη μέση γωνία τριβής [η στο μέσο συντελεστή τριβής] να έχει ως συνέπεια αύξηση στη γωνία διατμήσεως  $\Phi$ , άρα και αποδοτική κοπή, σύμφωνα με δύο έχουμε αναπτύξει. Αντίθετα, μείωση της γωνίας αποβλίτου του εργαλείου η αύξηση του μέσου συντελεστή τριβής συνεπάγεται ελάττωση της γωνίας διατμήσεως και κατά συνέπεια μη αποδοτική κοπή.

Με βάση τον κανόνα αυτό, θα πρέπει να εκλέγομε στην πράξη μεγάλες τιμές της γωνίας αποβλίτου [όσο βέβαια το επιτρέπει η μηχανική αντοχή του κοπικού εργαλείου και η ικανοποιητική συμπεριφορά του από άποψη φθοράς και ζώνης του, παράγρ. 2.4.3 (Γ) (2)] και να πάρονται κάθε δυνατό μέτρο για τη μείωση του μέσου συντελεστή τριβής [π.χ. να χρησιμοποιούμε κατάλληλο υγρό κοπής σε χαμηλές και μέσες ταχύτητες κοπής, [παράγρ. 2.5.2 (Β)]].

Ένα σημαντικό μέγεθος της κοπής των μετάλλων, που μπορούμε να το μετρήσουμε με ικανοποιητική για τις εφαρμογές ακρίβεια, είναι ο καλούμενος **δείκτης συμπέσεως του αποβλίτου**  $\lambda$ . Ο δείκτης αυτός ορίζεται ως ο λόγος του πράγματικού πάχους του αποβλίτου  $t_2$  προς το θεωρητικό του πάχος  $t_1$ , δηλαδή  $\lambda = t_2/t_1 > 1$ .

Ο δείκτης  $\lambda$  μας δίνει το μέτρο της πλαστικής παραμορφώσεως που υφίσταται το μέταλλο, για να σχηματισθεί το απόβλιττο. Ψηλές τιμές του  $\lambda$  σημαίνουν ισχυρή πλαστική παραμόρφωση του μετάλλου, ενώ χαμηλές του τιμές υποδηλώνουν η πιότερη παραμόρφωση του μετάλλου. Ο δείκτης συμπέσεως του αποβλίτου κατά συνέπεια μας δίνει χονδρική κάπως ποιοτική ένδειξη για τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής και θερμοκρασίες, όπως και για την ισχύ που ξοδεύεται κατά την κοπή, κυρίως όταν κάνομε συγκρίσεις.

### 2.1.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Τι εννοούμε με τους εξής όρους: **Ορθογωνική κοπή, λοξή κοπή, ψευδόκοψη, γωνία αποβλίτου εργαλείου, γωνία διατμήσεως, μέσος συντελεστής τριβής και δείκτης συμπέσεως αποβλίτου.**
2. Να σχεδιάσετε τα τρία βασικά είδη αποβλίτου.
3. Ποιο είναι το συνεχές απόβλιτο; Πότε το συναντούμε;
4. Σε ποιες αιτίες οφείλεται ο σχηματισμός της ψευδόκοψης; Πώς μπορούμε να περιορίσουμε το μέγεθός της;
5. Να περιγράψετε το μηχανισμό, με τον οποίο επηρεάζει η ψευδόκοψη την τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας του κομματιού.
6. Πώς επιδρά η ψευδόκοψη στη φθορά του κοπτικού εργαλείου;
7. Να αναφέρετε δύο περιπτώσεις κοπής, όπου παρουσιάζεται μειωμένο μέγεθος της ψευδόκοψης.
8. Γιατί χρησιμοποιούμε γρεζοθραύστη σε μερικά κοπτικά εργαλεία; Να σχεδιάσετε δύο είδη γρεζοθραύστη.
9. Να περιγράψετε σύντομα πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιτο δίνοντας συγχρόνως και το σχετικό σχήμα.
10. Πώς μπορούμε να εξομοιώσουμε το μηχανισμά σχηματισμού του συνεχούς αποβλίτου; Να κάμετε το αναγκαίο σκίτσο.
11. Να σχεδιάσετε το σύστημα των δυνάμεων που ασκούνται επάνω στο συνεχές απόβλιτο στην ορθογωνική κοπή, να σημειώσετε την κάθε δύναμη με το σύμβολό της και να δώσετε την ονομασία της.
12. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η γωνία διατμήσεως και πώς την επηρεάζουν οι παράγοντες αυτοί;
13. Ποιος είναι ο ρόλος που παίζει ο δείκτης συμπέσεως του αποβλίτου στην κοπή των μετάλλων.
14. Με τη βοήθεια του σχήματος 1.1θ να δείξετε οτι η γωνία διατμήσεως Φ συνδέεται με τη γωνία αποβλίτου του εργαλείου γ και με το δείκτη συμπέσεως του αποβλίτου λ με τη σχέση:

$$\epsilon\Phi\Phi = \frac{\sigma_{\text{unv}}}{\lambda - \eta\gamma}$$

## 2.2 Θερμότητα και θερμοκρασίες κατά την κοπή των μετάλλων.

### 2.2.1 Η θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή.

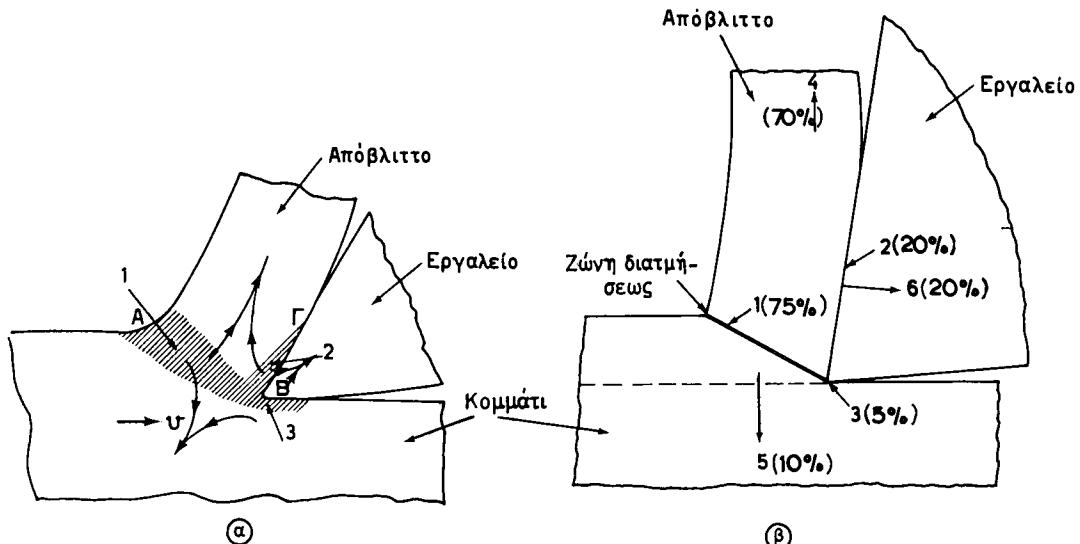
Η συνολική ενέργεια, που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η κοπή ενός μετάλλου ξοδεύεται σε δύο βασικά περιοχές [σχ. 2.2a(a)]: στη ζώνη διατμήσεως (1) και στη ζώνη τριβής (2) (παράγρ. 2.1.3). Υπάρχει όμως και μία τρίτη ζώνη, (3) όχι τόσο σημαντική, όσο οι προηγούμενες: η επιφάνεια, όπου εφάπτεται η ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου με το κομμάτι. Στη ζώνη αυτή ξοδεύεται ενέργεια από το ένα μέρος για το σχηματισμό της κατεργασμένης επιφάνειας του κομματιού (παράγρ. 2.3.1) και από το άλλο για την υπερνίκηση της τριβής που αναπτύσσεται στη ζώνη αυτή, ιδιαίτερα όταν το εργαλείο έχει προχωρημένη φθορά στην ελεύθερη του επιφάνεια.

Επειδή η μηχανική ενέργεια που διαθέτομε κατά την κοπή χρησιμοποιείται τόσο ως ενέργεια πλαστικής παραμορφώσεως στη ζώνη διατμήσεως, όσο και ως ενέργεια τριβής στη ζώνη τριβής και στη ζώνη επαφής εργαλείου - κομματιού, μετατρέπεται σχεδόν στο σύνολο της σε θερμότητα. Έτσι, οι τρεις ζώνες καταναλώσεως ενέργειας στο σχήμα 2.2a(a) θα είναι πηγές θερμότητας.

Το σχήμα 2.2a(b) μας δίνει μιάν εικόνα πώς κατανέμεται χονδρικά η παραγόμε-

νη θερμότητα στις τρεις ζώνες 1, 2 και 3 και πως η θερμότητα αυτή απάγεται στο απόβλιτο (4), στο εργαλείο (6) και στο κομμάτι (5).

Το μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας παράγεται στη ζώνη διατμήσεως και κυμαίνεται ανάμεσα σε 65 ως 80%. Επίσης το μεγαλύτερο ποσοστό (75% περίπου) της συνολικής θερμότητας, που εκλύεται κατά την κοπή, παραλαμβάνεται από το απόβλιτο.



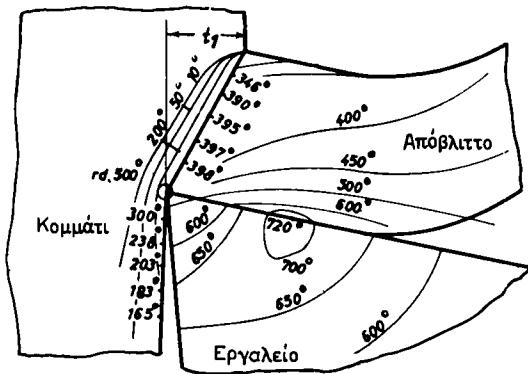
**Σχ. 2.2α.**

α) Ζώνες όπου παράγεται θερμότητα. β) Διανομή της παραγόμενης κατά την κοπή των μετάλλων θερμότητας σε συνηθισμένες ταχύτητες κοπής.

## 2.2.2 Οι αναπτυσσόμενες κατά την κοπή θερμοκρασίες και η διανομή τους.

Λόγω της σημαντικής ποσότητας θερμότητας, που εκλύεται κατά την κοπή των μετάλλων, αναπτύσσονται στις ζώνες 1, 2 και 3 πόσο αναφέραμε θερμοκρασίες αρκετά ψηλές, φυσικά ανάλογα με την περίπτωση κοπής. Οι ψηλές αυτές θερμοκρασίες έχουν κατά κύριο λόγο δύο επιπτώσεις: μιαν ευνοϊκή (τη μείωση στο όριο διαρροής του μετάλλου, άρα πιο εύκολη κοπή) και μία, την πιο σπουδαία, δυσμενή (τη φθορά στο κοπτικό εργαλείο και από αυτό την ελάττωση της ζωής του).

Ιδιαίτερα μας ενδιαφέρουν οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στη ζώνη τριβής (2), που σχετίζονται πιο άμεσα με τη φθορά του εργαλείου. Η μέση θερμοκρασία στη ζώνη αυτή, οπως πειραματικά και θεωρητικά έχει βρεθεί, εξαρτάται από το είδος του κατεργαζόμενου υλικού (ειδική θερμότητα, πυκνότητα, συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και ειδική αντίσταση κοπής), από την ταχύτητα κοπής και από τη θεωρητική διατομή του αποβλίτου. Συγκεκριμένα, η μέση αυτή θερμοκρασία υψώνεται όσο η ταχύτητα κοπής, η θεωρητική διατομή του αποβλίτου και η ειδική αντίσταση κοπής του κατεργαζόμενου μετάλλου μεγαλώνει και όσο η ειδική θερμότητα, η πυκνότητα και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού μικράνει.



Σχ. 2.2β.

Διανομή Θερμοκρασιών στο εργαλείο, στο κομμάτι και στο απόβλιττο κατά την κατεργασία ενός σκληρού ανθρακούχου χάλυβα. (Οι θερμοκρασίες δίνονται σε °C).

Στο σχήμα 2.2β εικονίζεται η διανομή θερμοκρασιών στο απόβλιττο, στο εργαλείο και στο κομμάτι για την αναφερόμενη στο σχήμα περίπτωση κοπής ενός χάλυβα. Από τη διανομή αυτή των θερμοκρασιών, αλλά και από παρόμοιες διανομές σε άλλα πειράματα είμαστε σε θέση να διατυπώσουμε τις εξής δύο βασικές παρατηρήσεις:

α) Ότι οι θερμοκρασίες είναι κατά πολύ ψηλότερες στο εργαλείο από ότι είναι στο απόβλιττο και φυσικά και στο κομμάτι και

β) ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες αναπτύσσονται συνήθως σε θέσεις που απέχουν αρκετά από τη μύτη του εργαλείου. Πολύ συχνά στη θέση των μέγιστων θερμοκρασιών αρχίζει να αναπτύσσεται ο κρατήρας [παράγρ. 2.4.2 (Γ)].

### 2.2.3 Ερωτήσεις.

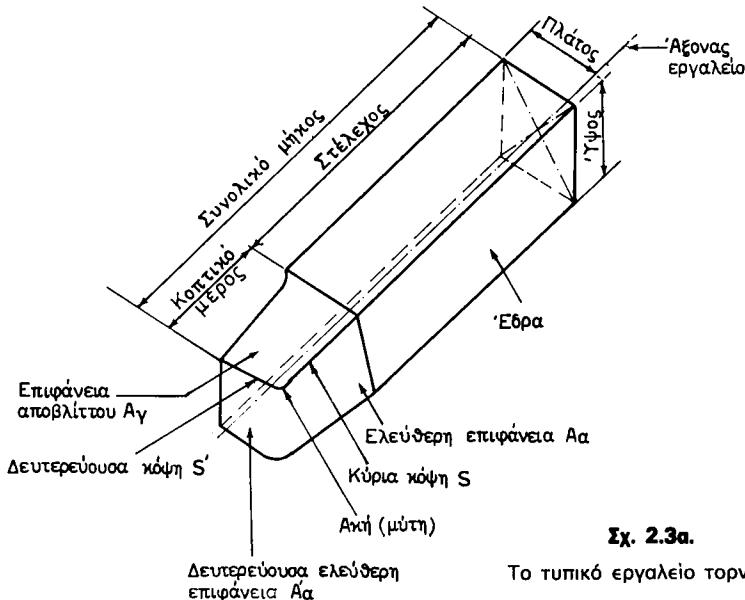
1. Γιατί παράγεται θερμότητα κατά την κοπή των μετάλλων;
2. Σε ποιες ζώνες εκλύεται θερμότητα κατά την κοπή των μετάλλων; Να τις σημειώσετε κάνοντας το απαραίτητο σκίτσο.
3. Να δώσετε χονδρικά σε ποσοστά το ποσό της θερμότητας που παράγεται ξεχωριστά σε κάθε μια ζώνη της αμέσως προηγούμενης ερωτήσεως.
4. Να αναφέρετε κατά προσέγγιση τι ποσοστό από τη συνολική θερμότητα, που εκλύεται κατά την κοπή, παραλαμβάνεται από το απόβλιττο, τι ποσοστό από το κοπτικό εργαλείο και ποιο ποσοστό από το κομμάτι.
5. Να μνημονεύσετε δύο παράγοντες που επιδρούν επάνω στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στη ζώνη τριβής κατά την κοπή.
6. Σε ποια περίπου θέση στην επιφάνεια αποβλίτου του κοπτικού εργαλείου αναπτύσσονται οι ψηλότερες θερμοκρασίες; Ποια συγκεκριμένη επίπτωση έχουν οι θερμοκρασίες στη θέση αυτή επάνω στη φθορά του εργαλείου;

## 2.3 Το κοπτικό εργαλείο.

Στην παράγραφο 2.1.1 δώσαμε βασικά στοιχεία για το εργαλείο της ορθογωνι-

κης κοπής. Εδώ θα ασχοληθούμε με δύο αντικείμενα: Το πρώτο θα είναι η προτυποποίηση της γεωμετρικής μορφής των εργαλείων λοξής κοπής, τα οποία όπως έχουμε τονίσει βρίσκουν ευρύτατες πρακτικές εφαρμογές, με αντιπροσωπευτικό το εργαλείο της τορνεύσεως (εργαλείο με μία κύρια κόψη, σχ. 2.3a). Το δεύτερο αντικείμενο, για το οποίο θα μιλήσομε, θα είναι τα λοιπά υλικά για κοπτικά εργαλεία, πέρα από τους ανθρακούχους χάλυβες και τα χαλυβοκράματα εργαλείων, όπως και πέρα από τους ταχιχάλυβες, με τα οποία ασχοληθήκαμε στην παράγραφο 3.6.2 MT-EI. Τα υλικά κοπτικών εργαλείων, που θα αναπτύξουμε στις επόμενες σελίδες είναι:

- Τα χυτευτικά κράματα (στελλίτες).
- Τα σκληρομέταλλα.
- Τα κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια και
- οι διάφορες λειαντικές σκόνες.



Σχ. 2.3a.

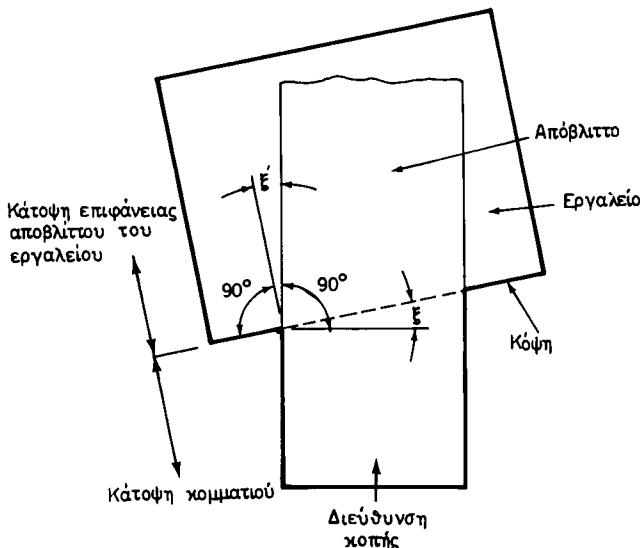
Το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως.

### 2.3.1 Προτυποποίηση του εργαλείου τορνεύσεως.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούμε στις διάφορες κατεργασίες κοπής (παράγρ. 1.3) τα συναντούμε σε ποικιλία μορφών και μεγεθών. Άλλα από αυτά έχουν μια κύρια κόψη (εργαλείο τορνεύσεως) και άλλα δύο ή περισσότερες (τρυπάνι, φραίζα κ.α.).

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε στις πιο βασικές από τις υπάρχουσες προδιαγραφές για τη γεωμετρική μορφή του τυπικού εργαλείου της τορνεύσεως (σχ. 2.3a) και πιο συγκεκριμένα στην προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποιήσεως και στη βρεταννική, στη γερμανική κατά DIN και στην αμερικανική. Και πριν να αρχίσουμε τη συζήτηση για τα πρότυπα αυτά, θεωρούμε σκόπιμο να συμπληρώσουμε με συντομία τη λοξή κοπή (παράγρ. 2.1.1) δεδομένου ότι το εργαλείο της τορνεύσεως, με το οποίο θα ασχοληθούμε, είναι τυπικό εργαλείο λοξής κοπής.

Στη λοξή κοπή (σχ. 2.3β, 2.1α), αν θεωρήσουμε ότι τό πλάτος του αποβλίτου παραμένει αμετάβλητο κατά το σχηματισμό του, τότε το απόβλιτό θα εκτραπεί από την κάθετη στην κόψη του εργαλείου κατά μία γωνία ξ' (τη γωνία εκτροπής ή ροής του αποβλίτου), που προκύπτει ίση με τη γωνία λοξότητας ξ της κόψης. Πειραματικά έχει αποδειχθεί ότι η ισότητα αυτή δεν ισχύει για πολλές περιπτώσεις της πράξεως, εν τούτοις όμως μπορούμε να τη δεχθούμε ως χονδρική προσέγγιση. Από την παρατήρηση αυτή προκύπτει ότι, μεταβάλλοντας τη γωνία λοξότητας της κόψης, είμαστε σε θέση να αλλάζουμε (να ελέγχουμε) τη γωνία εκτροπής του αποβλίτου. Αυτό έχει μεγάλη σημασία στις πρακτικές εφαρμογές, γιατί με κατάλληλη ρύθμιση της γωνίας εκτροπής του αποβλίτου μπορούμε να το απομακρύνουμε εύκολα από την περιοχή της κοπής και να αποφεύγουμε έτσι δυσμενείς του επιδράσεις. Η δυνατότητα αυτή για έλεγχο της γωνίας εκτροπής του αποβλίτου αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της λοξής κοπής.



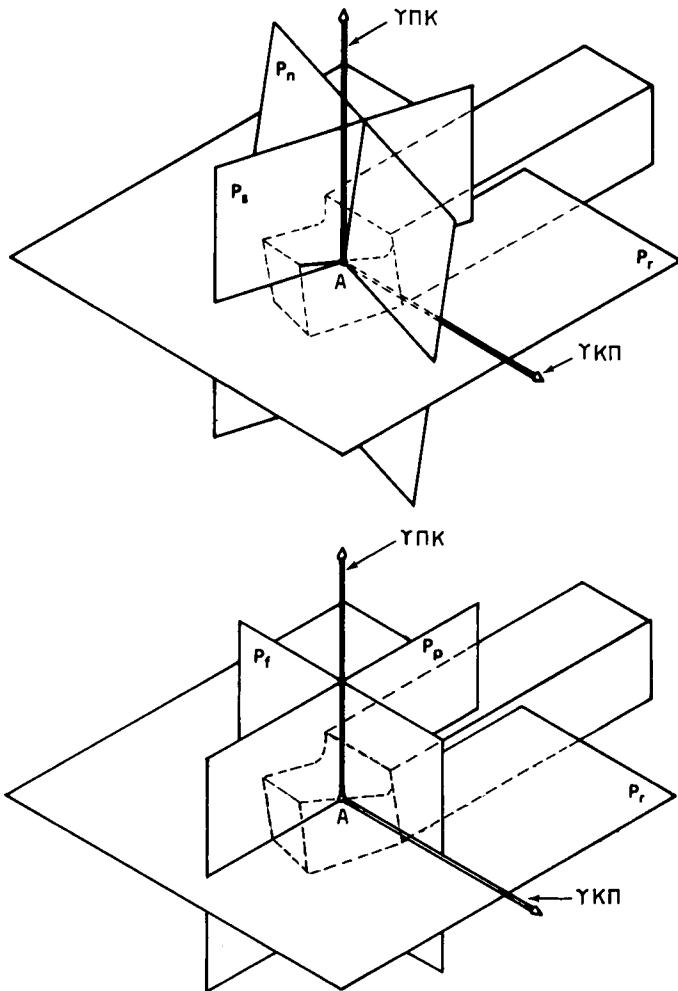
Σχ. 2.3β.

Η γωνία εκτροπής η ροής του αποβλίτου ξ' στη λοξή κοπή.

#### B. Το σχέδιο προδιαγραφής του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησεως (ISO /DIN 3002, 1973) και η βρεταννική προδιαγραφή BS 1296:1972 (B' Μέρος).

Και οι δύο αυτές παρόμοιες προδιαγραφές για τη γεωμετρία του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως (σχ. 2.3α) βασίζονται στη γωνία αποβλίτου γ., του εργαλείου, την οποία μετρούμε στο κάθετο στην κόψη επίπεδο (σχ. 2.3δ).

Για τον προσδιορισμό των διαφόρων γωνιών του εργαλείου με ακρίβεια και τα δύο αυτά πρότυπα προβλέπουν δύο συστήματα επιπέδων: Το ένα σύστημα, το λεγόμενο **σύστημα ονομαστικών επιπέδων αναφοράς** το χρειαζόμαστε για να καθορίζομε τη γεωμετρική μορφή του κοπικού εργαλείου για λόγους κατασκευής, τροχισμάτων και ελέγχου των γωνιών του. Το άλλο, το **σύστημα των ενεργών επιπέδων αναφοράς** απαιτείται για τον καθορισμό της γεωμετρίας του εργαλείου κατά

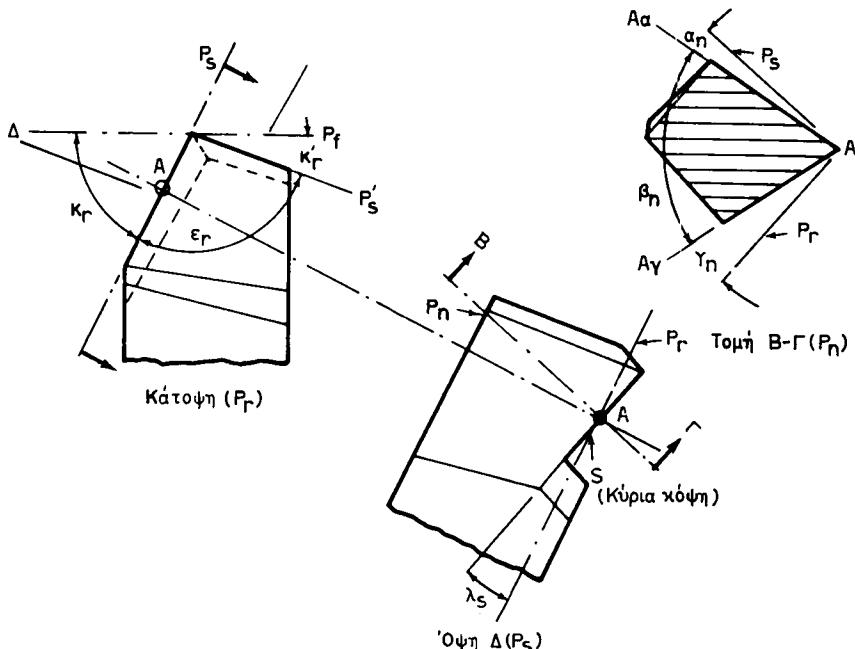


**Σχ. 2.3γ.**

Το σύστημα των ονομαστικών επιπέδων αναφοράς (ΥΠΚ υποθετική πρωτεύουσα κίνηση, ΥΚΠ υποθετική κίνηση προώσεως).

τη χρήση του. Εξ αιτίας δηλαδή της κινήσεως προώσεως κατά την εργασία του εργαλείου, αλλάζει η κατεύθυνση της συνισταμένης κινήσεως κοπής (παράγρ. 1.2, σχ. 1.2β) και από αυτό μεταβάλλεται το σύστημα των επιπέδων αναφοράς και οι ποικίλες γωνίες του εργαλείου.

Στο σχήμα 2.3γ εικονίζεται το σύστημα των ονομαστικών επιπέδων αναφοράς (με αυτό θα ασχοληθούμε μόνο εδώ) και στο σχήμα 2.3δ βλέπομε τις **ονομαστικές γωνίες** του εργαλείου. Θεωρούμε ότι όλα τα επίπεδα διέρχονται από ένα τυχόν σημείο A της κόψης του εργαλείου και ακόμα καθορίζομε υποθετικές διευθύνσεις για την κύρια κίνηση για την κίνηση προώσεως.



Σχ. 2.36.

Οι ονομαστικές γωνίες του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως σύμφωνα με την προτυποποίηση ISO και τη βρετανική.

Το σύστημα των ονομαστικών επιπέδων απαρτίζεται από τα ακόλουθα επίπεδα (σχ. 2.3γ):

- Το επίπεδο αναφοράς του εργαλείου  $P_r$ : Επίδεδο διερχόμενο από το τυχόν σημείο A της κόψης και παράλληλο προς την έδρα του στελέχους του εργαλείου.
- Επίπεδο κόψης  $P_s$ : Επίπεδο που εφάπτεται στην κύρια κόψη S του εργαλείου και είναι κάθετο στο επίπεδο αναφοράς  $P_r$ .
- Κάθετο στην κόψη επίπεδο  $P_n$ : Επίπεδο κάθετο στην κόψη στο τυχόν σημείο της A.
- Υποτιθέμενο ενεργό  $P_f$ : Επίπεδο που περνά από το σημείο A της κόψης, κάθετο στο επίπεδο αναφοράς  $P_r$  και παράλληλο προς την υποθετική διεύθυνση της κινήσεως προώσεως.
- Οπίσθιο επίπεδο  $P_p$ : Επίπεδο διερχόμενο από το σημείο A, κάθετο στο επίπεδο αναφοράς  $P_r$  και στο επίπεδο  $P_f$ .

Οι ονομαστικές γωνίες του εργαλείου που σχηματίζονται οριζόμενες ως προς τα παραπάνω επίπεδα αναφοράς έχουν ως εξής:

- Γωνία θέσεως της κύριας κόψης  $K_r$ : Σχηματίζεται μεταξύ των επιπέδων  $P_s$  και  $P_f$  και μετριέται στο επίπεδο  $P_r$ .
- Γωνία θέσεως δευτερεύουσας κόψης  $K'_r$ : Σχηματίζεται ανάμεσα στα επίπεδα

$P'_s$  (επίπεδο εφαπτόμενο στη δευτερεύουσα κόψη και κάθετο στο επίπεδο αναφοράς  $P_r$ ) και  $P_f$ .

γ) Περιεχόμενη γωνία  $\epsilon_r$ : Σχηματίζεται ανάμεσα στα επίπεδα  $P_s$  και  $P'_s$  μετρούμενη στο επίπεδο  $P_r$ .

δ) Γωνία λοξότητας της κόψης  $\lambda_s$ : Η γωνία που σχηματίζεται από την κόψη  $S$  του εργαλείου και από το επίπεδο  $P_r$  μετρούμενη στο επίπεδο κόψης  $P'_s$ .

ε) Γωνία αποβλίτου σε κάθετο στην κόψη επίπεδο  $\gamma_n$ : Είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας αποβλίτου του εργαλείου  $A_g$  και του επιπέδου αναφοράς  $P_r$  τη μετρούμε στο κάθετο στην κόψη επίπεδο  $P_n$ .

στ) Γωνία σφήνας σε κάθετο στην κόψη επίπεδο  $\beta_n$ : Περιέχεται ανάμεσα στην επιφάνεια αποβλίτου  $A_g$  και στην ελεύθερη επιφάνεια  $A_a$  του εργαλείου και μετριέται στο επίπεδο  $P_n$ .

ζ) Ελεύθερη γωνία σε κάθετο στην κόψη επίπεδο  $\alpha_n$ : Η γωνία μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας  $A_a$  του εργαλείου και του επιπέδου κόψεως  $P_s$  στο επίπεδο  $P_n$ .

## Γ. Η γερμανική προδιαγραφή DIN 6581: 1966.

Το πρότυπο αυτό είναι παρόμοιο με αυτά που μόλις αναπτύξαμε, σε ό,τι αφορά τα συστήματα επιπέδων αναφοράς, διαφέρει όμως ως προς τον ορισμό της γωνίας αποβλίτου του εργαλείου. Προτυποποιεί τη **βασική γωνία αποβλίτου γ σε κάθετο δρώς επί το επίπεδο κόψης επίπεδο** (σχ. 2.3ε). Προβλέπει ακόμα και άλλες δύο γωνίες αποβλίτου: την **πλευρική γωνία αποβλίτου**  $\chi_x$  στο υποθετικό ενεργό επίπεδο  $P_f$  και την **οπίσθια γωνία αποβλίτου**  $\gamma_y$  σε επίπεδο κάθετο στο υποθετικό ενεργό επίπεδο.

Οι διάφορες ονομαστικές γωνίες του εργαλείου εικονίζονται στο σχήμα 2.3ε.

## Δ. Η αμερικανική προδιαγραφή ASA B5.22 - 1950.

Προτυποποιούνται οι ακόλουθες γωνίες του κοπτικού εργαλείου (σχ. 2.3στ):

α) Οπίσθια γωνία αποβλίτου  $a_b$ .

β) Πλευρική γωνία αποβλίτου  $a_s$ .

γ) Ακραία ελεύθερη γωνία  $Cl_e$ .

δ) Πλευρική ελεύθερη γωνία  $Cl_s$ .

ε) Συμπληρωματική γωνία θέσεως κύριας κόψης  $C_s$ .

στ) Γωνία θέσεως δευτερεύουσας κόψης  $C_e$ .

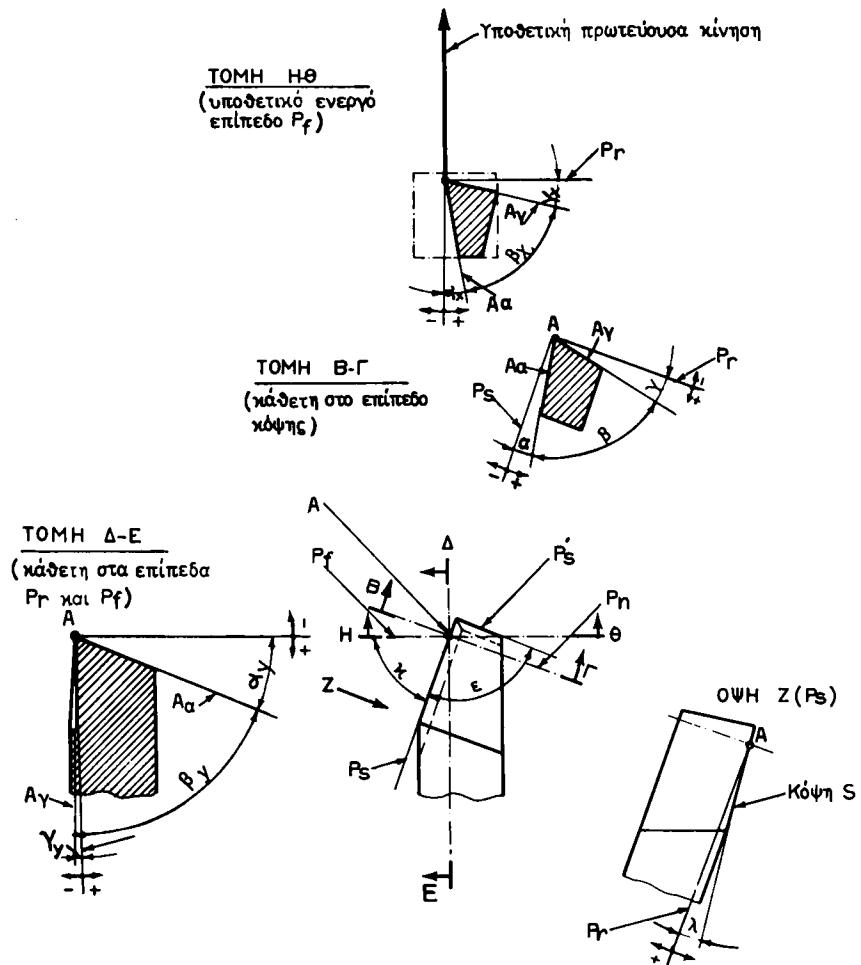
Προτυποποιείται ακόμα και η ακτίνα καμπυλότητας της μύτης του εργαλείου  $r_n$ .

Σύμφωνα με την αμερικανική αυτή προδιαγραφή, η γεωμετρική μορφή ενός εργαλείου τορνεύσεως χαρακτηρίζεται, όπως φαίνεται στο σχετικό παράδειγμα (σχ. 2.3στ).

### 2.3.2 Υλικά κοπτικών εργαλείων (συμπλήρωση).

#### A. Χυτευτικά κράματα (στελλίτες).

Είναι κράματα (μη σιδηρούχα) κοβαλτίου και χρωμίου με προσθήκες βολφραμίου και άνθρακα και σπάνια μολυβδαινίου. Παρασκευάζονται σε ποικιλία από τύ-



Σχ. 2.3e.

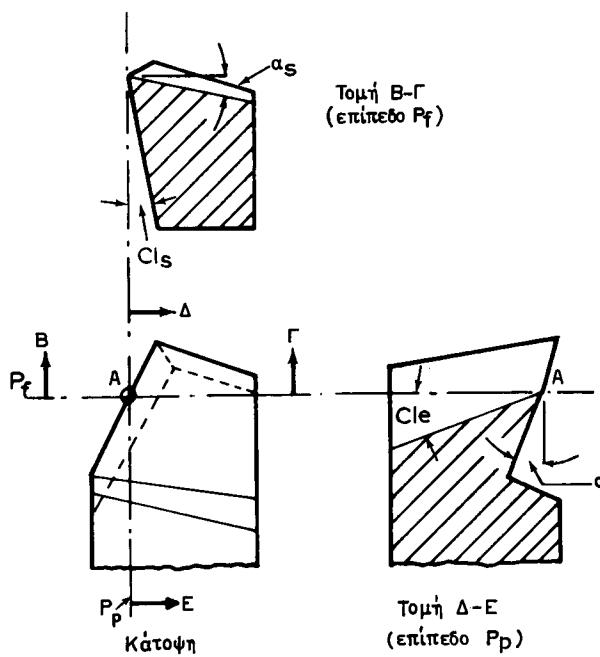
Οι ονομαστικές γωνίες του τυπικού εργαλείου ταρνεύσεως κατά τη γερμανική προτυποποίηση.

πους με διαφορετική σκληρότητα και άλλες ιδιότητες χαρακτηριστικές των υλικών για κοπτικά εργαλεία. Τα μαλακότερα και περισσότερο δύσθραυστα από αυτά βρίσκουν εφαρμογές, όπου απαντάται αντοχή σε ψηλές θερμοκρασίες, ενώ τα σκληρότερα τα χρησιμοποιούμε στην κατασκευή κοπτικών εργαλείων η στην κατασκευή κομματιών με απαιτήσεις για αντοχή στη φθορά από τριβή.

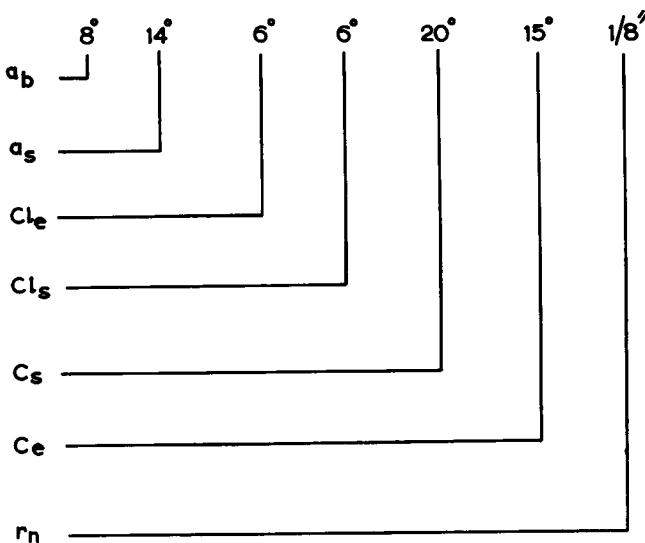
Ως τυπικά χυτευτικά κράματα κοπτικών εργαλείων αναφέρομε τα παρακάτω δύο:

- α)  $\pi(\text{Co}) = 53\%$ ,  $\pi(\text{Cr}) = 31\%$ ,  $\pi(\text{W}) = 10\%$  και  $\pi(\text{C}) = 1.5\%$
- β)  $\pi(\text{Co}) = 41\%$ ,  $\pi(\text{Cr}) = 32\%$ ,  $\pi(\text{W}) = 17\%$  και  $\pi(\text{C}) = 2.5\%$

Προτιμάται η χύτευση των κραμάτων αυτών σε μεταλλικούς τύπους παρά σε αμμότυπους. Επιτυγχάνεται έτσι επιφανειακά λεπτόκοκκος κρυσταλλικός ιστός,



Παράδειγμα:



Σχ. 2.3στ.

Οι ονομαστικές γωνίες του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς.

που προσδίνει στο χυτό μεγαλύτερη σκληρότητα (άρα και αντοχή στη φθορά από τριβή) και δυσθραυστότητα.

Τα κράματα αυτά έχουν την ικανότητα να διατηρούν τη σκληρότητά τους σε θερμοκρασίες ψηλότερες από εκείνες, όπου τη διατηρούν οι ταχυχάλυβες (και οι ανθρακούχοι χάλυβες μαζί με τα λοιπά χαλυβοκράματα εργαλείων). Μπορούμε, κατά συνέπεια, τα χυτευτικά κράματα ως υλικό για κοπτικά εργαλεία, με βάση το κριτήριο αυτό, να τα παρεμβάλλουμε ανάμεσα στους ταχυχάλυβες και στα σκληρομέταλλα [παράγρ. 2.3.2 (Β)].

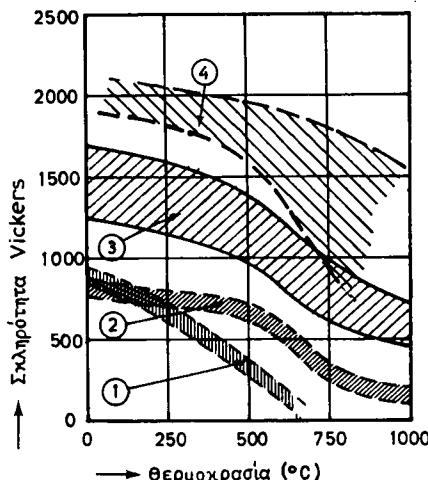
Τα χυτευτικά κράματα δεν υφίστανται θερμικές κατεργασίες και μορφοποιούνται σε κοπτικά εργαλεία με λείανση. Επειδή έχουν χαμηλή σχετικά μηχανική αντοχή και δυσθραυστότητα χρησιμοποιούνται πολύ περιορισμένα για ολόσωμα εργαλεία. Τα μεταχειρίζόμαστε όμως στη μορφή πλακιδίων για εργαλεία τορνεύσεως ή λεπίδων για φραίζες με ένθετα δόντια.

### **Β. Σκληρομέταλλα (ή κεραμευτικά με καρβίδια).**

#### **1. Γενικά.**

Πέρα από τα υλικά για κοπτικά εργαλεία που έχουμε συναντήσει μεχρις εδώ, η κονιομεταλλουργία [παράγρ. 3.9, ΜΤ.ΕΙ] μας προσφέρει και ένα ακόμα πολύ σπουδαίο υλικό για το σκοπό αυτό: τα **σκληρομέταλλα (ή κεραμευτικά με καρβίδια)**.

Τα σκληρομέταλλα ως υλικά κοπτικών εργαλείων χρησιμοποιούνται σε ορισμένες εφαρμογές και σε εργαλεία διαμορφώσεως, όπως π.χ. σε μήτρες συρματοποιήσεως) παρουσιάζουν πλεονεκτήματα συντριπτικά (σχ. 2.3ζ) σε σύγκριση με τους στελλίτες, τους ταχυχάλυβες και βεβαίως ακόμα περισσότερο σε σύγκριση με ανθρακούχους χάλυβες και τα λοιπά χαλυβοκράματα εργαλείων. Για παράδειγμα,



**Σχ. 2.3ζ.**

Επίδραση της θερμοκρασίας στη σκληρότητα υλικών, για κοπτικά εργαλεία. 1) Ανθρακούχοι χάλυβες. 2) Ταχυχάλυβες. 3) Σκληρομέταλλα. 4) Κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια.

σε θερμοκρασία 500°C οι ανθρακούχοι χάλυβες παρουσιάζουν χονδρικά σκληρό-

τητα που κυμαίνεται από 280 μέχρι 420 VHN\*, οι ταχυχάλυβες από 630 ως 775 VHN, οι στελλίτες από 500 μέχρι 600 VHN, ενώ τα σκληρομέταλλα διατηρούν σκληρότητα που ποικίλλει μεταξύ 970 και 1400 VHN. Σε ψηλότερες θερμοκρασίες η σύγκριση ευνοεί ακόμα περισσότερο τα σκληρομέταλλα.

Όπως άμας γνωρίζομε (παράγρ. 2.2.2), η θερμοκρασία κατά την κοπή ανεβαίνει όταν αυξήσουμε την ταχύτητα κοπής και συνεπώς το υλικό ενός κοπτικού εργαλείου, που διατηρεί τη σκληρότητά του σε ψηλές θερμοκρασίες, θα τη διατηρεί και σε αυξημένες ταχύτητες κοπής. Άρα χρησιμοποιούντας σκληρομέταλλα για κοπτικά εργαλεία αποκτούμε τη δυνατότητα για εφαρμογή ψηλών ταχυτήτων κοπής και έτσι επιτυγχάνομε πιο αποδοτική κοπή [χρησιμοποίηση ψηλότερης ταχύτητας κοπής για αμετάβλητους τους λοιπούς παράγοντες της κοπής, σημαίνει ψηλότερο ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου - όγκου μετάλλου στη μονάδα του χρόνου, σχέση (5.4) - χαμηλότερες δυνάμεις και ισχύ κοπής, παράγρ. 2.6.2 και καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας, παράγρ. 2.1.2 (Α) (3)].

Τα σκληρομέταλλα αποτελούνται από σωματίδια καρβίδιων (από καρβίδιο του βολφραμίου WC, κατά βάση, σε συνδυασμό συνήθως και με άλλα καρβίδια) που πυροσυσσωματώνονται [παράγρ. 3.9.2, MT-EI], με κοβάλτιο, με νικέλιο ή με σίδηρο ως συνδετική ύλη για να σχηματίσουν έτσι, ένα συμπαγές σώμα με μεγάλη σκληρότητα. Τα επιπρόσθετα καρβίδια είναι καρβίδια του τιτανίου (TiC) και του τανταλίου (TaC) και σε ειδικές περιπτώσεις είναι δυνατό να είναι καρβίδια του ζιρκονίου, μολυβδαινίου, βαναδίου χρωμίου η νιοβίου. Ως συνδετική ύλη χρησιμοποιείται συνήθως το κοβάλτιο, γιατί παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το νικέλιο η το σίδηρο, που χρησιμοποιούνται όμως σε ειδικές περιπτώσεις.

Σύμφωνα με νεότερες εξελίξεις στον τομέα των υλικών για κοπτικά εργαλεία, εκτός από το καρβίδιο του βολφραμίου χρησιμοποιούνται και άλλα καρβίδια, ως βασικά στην παρασκευή σκληρομετάλλων. Τέτοια καρβίδια είναι καρβίδια του χρωμίου, του τιτανίου η του μολυβδαινίου, που πυροσυσσωματώνονται με νικέλιο η κράμα του νικελίου ως συνδετικό υλικό. Τα σκληρομέταλλα αυτά χρησιμοποιούνται στην τελική ιδίως κατεργασία χαλύβων και χυτοσιδήρων με μεγάλες ταχύτητες κοπής και σε ελαφρές φορτίσεις, γιατί είναι πιο ψαθυρά από τα συνηθισμένα σκληρομέταλλα.

## 2. Προτυποποίηση των σκληρομετάλλων.

Για τις φάσεις παρασκευής προϊόντων κονιομεταλλουργίας μιλήσαμε στην παράγραφο 3.9.2 και τις φάσεις για την πάραγωγή ενός κληρομετάλλου τις δώσαμε στο σχήμα 3.9α(α) του βιβλίου MT-EI.

Παρακάτω θα ασχοληθούμε συνοπτικά με τη γερμανική και αμερικανική προτυποποίηση των σκληρομετάλλων για κοπτικά εργαλεία.

### α) Η γερμανική προδιαγραφή DIN 4990.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή αυτή τα σκληρομέταλλα ως υλικό για κοπτικά εργαλεία κατατάσσονται σε τρεις **κύριες κατηγορίες**, που συμβολίζονται με τα γράμματα P, M και K και που έχουν ως διακριτικό χρώμα αντίστοιχα το μπλε, το κίτρινο και το κόκκινο (Πίνακας 2.3.1).

\* Βαθμοί σκληρότητας κατά τη μέθοδο δοκιμασίας Vickers.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.1

Προτυπωτικό, άδυτης και εφεμογές των σκληρυγχτώνων.

Κατηγορίες	Ποιότητες	Διακριτικό Χρώμα	Προτυπωτικό, άδυτης και εφεμογές			Σκληρύγχτης %	Σύνθεση %	Σκληρύγχτης [VHN]	Πυκνότητα [g/cm³]	Κατεργασία					ΠΣΥ	
			WC	TIC + Tac	Co					X	XX	ΦΧΣ	ΜΧΣ	ΛΧΣ	ΜΣ	
P	P01 <sub>3</sub>		51	43	6	1800	3,5	a,a	a,a							
	P10 <sub>2</sub>		65	26	9	1600	10,7	a	a							
	P20 <sub>2</sub>		76	14	10	1500	11,9	a,d	a,d							
	P25 <sub>1</sub>	Μπλε	70	20	10	1450	12,5	b,d	a,b,d							
	P30 <sub>1</sub>		82	8	10	1450	13,1	b,d	b,d							
	P40 <sub>1</sub>		74	12	14	1350	12,6	b,c	b,c							
	P50 <sub>1</sub>		67	15	18	1250	12,4	b,c	b,c							
M	M10 <sub>2</sub>		84	10	6	1700	13,1	a,d	a,d							
	M20 <sub>1</sub>		82	10	8	1550	13,3	a,b,d	a,b,d							
	M30 <sub>1</sub>		81	10	9	1450	13,4	b,c,d	a,b,d							
	M40 <sub>1</sub>		79	6	15	1300	13,6	b	b,c,d							
	K01 <sub>2</sub>		92	4	4	1800	15,0	a <sup>3</sup>	a,e,d							
	K05 <sub>2</sub>		91	3	6	1750	14,5	a <sup>3</sup>	a,b,d							
	K10 <sub>1</sub>	Κόκκινο	92	2	6	1650	14,8	a <sup>3</sup>	a,d							
K	K20 <sub>1</sub>		92	2	6	1550	14,8	b <sup>3</sup>	b	e						
	K30 <sub>1</sub>		91	-	9	1400	14,6	b	b	e						
	K40 <sub>1</sub>		88	-	12	1300	14,3	b	b	e						

**Κατά τη φορά του τόξου 1:** Αύξηση σκληρυγχτας αποτής σε φθορά, τοξήγητος κονής. **Ελεύθερη ποσηθεντητικότητας.**

**Κατά τη φορά του τόξου 2:** Αύξηση διασθραστητητας τοξήγητης προώσεως. Ε-Αλτωση σκληρυγχτας αποτής σε φθορά, τοξήγητος κονής.

**Χ: Χάλιβες, ΣΧ: Χυτοδαλυβες, ΦΧ: Φασοί, Χυτοσιδηροί.**

**ΜΧΣ: Μαλακοποιητέναι χυτοσιδηροί, ΛΧΣ: Λευκός χυτοσιδηρος.**

**ΜΣ: Μη σιδηρούμα μεταλλα και κρηστα, ΠΣΥ: Πλαστικές συνθετικές ύλες.**

**ε: Τόρνευση αποπερατώσεως έως τόρνευση μέσης κατεργασίας κονής.**

**c: Πλάναρα, d: Φραϊστρατα, e: Εσωτερική τόρνευση.**

**3: Χάλιβες καπασκενων με σ < 50 kp/mm<sup>2</sup>.**

Σε κάθε κατηγορία P, M ή K ανήκει και μια σειρά από **ποιότητες**, που χαρακτηρίζονται από τους διψήφιους αριθμούς (**αριθμούς ποιότητας**) 01, 10, 20, 25, 30, 40 και 50 για την κατηγορία P, από τους 10, 20, 30 και 40 για την κατηγορία M και από τους αριθμούς 01, 05, 10, 20, 30 και 40 για την κατηγορία K.

**Ελάττωση** των αριθμών ποιότητας (φορά βελών στον Πίνακα 2.3.1 προς τα άνω), των σκληρομετάλλων από 50 σε 01 (για την κατηγορία P), από 40 σε 10 (για την κατηγορία M) και από 40 σε 01 (για την κατηγορία K) **σημαίνει αύξηση της σκληρότητας και της αντοχής σε φθορά από τριβή κατά την εργασία του σκληρομετάλλου και πτώση της δυσθραυστότητάς του.** Αντίθετα, αύξηση των αριθμών ποιότητας (φορά βελών στον Πίνακα 2.3.1 προς τα κάτω) **συνεπάγεται μείωση της σκληρότητας και της αντοχής του σκληρομετάλλου σε φθορά από τριβή και αύξηση της δυσθραυστότητάς του.**

Στον Πίνακα 2.3.1 δίνονται οι κατηγορίες και ποιότητες σκληρομετάλλων σύμφωνα με τη γερμανική προτυποποίηση μαζί με τη σύνθεση και βασικές ιδιότητές τους, όπως και στοιχεία σχετικά με τη χρήση του στην πράξη [παράγρ. 2.3.2 (B) (3)].

### **β) Η αμερικανική προτυποποίηση.**

Σύμφωνα με τους αμερικανικούς κανονισμούς τα σκληρομέταλλα ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

α) Στα σκληρομέταλλα που περιέχουν κατά βάση καρβίδιο του βολφραμίου και κοβάλτιο με μικρές προσθήκες από καρβίδια του τιτανίου και του τανταλίου, οι οποίες δεν υπερβαίνουν το 5%. Τα σκληρομέταλλα αυτής της κατηγορίας μπορούμε να τα αντιστοιχίσουμε με τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας K (Πίνακας 2.3.1) κατά τους γερμανικούς κανονισμούς.

β) Στα σκληρομέταλλα, που εκτός από τα καρβίδια του βολφραμίου και το συνδετικό κοβάλτιο, περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά από καρβίδια του τιτανίου και του τανταλίου και μάλιστα κατά προσέγγιση από 8% μέχρι 42%. Είναι δυνατό να γίνει αντιστοίχιση των σκληρομετάλλων αυτών στο σύνολό τους με εκείνα των κατηγοριών P και M σύμφωνα με τη γερμανική προτυποποίηση.

Τυπικό σκληρομέταλλο της πρώτης κατηγορίας είναι εκείνο που περιέχει 8% ως 14% Co και 0% ως 2% (TiC + TaC) με WC το υπόλοιπο, ενώ αντιπροσωπευτικό σκληρομέταλλο της δεύτερης κατηγορίας είναι αυτό με 3% μέχρι 7% Co, 20% ως 42% (TiC + TaC) και με WC το υπόλοιπο.

### **3. Βιομηχανικές χρήσεις των σκληρομετάλλων.**

Για την εφαρμογή των σκληρομετάλλων στη βιομηχανική πράξη μπορούμε να δώσουμε τους παρακάτω γενικούς κανόνες:

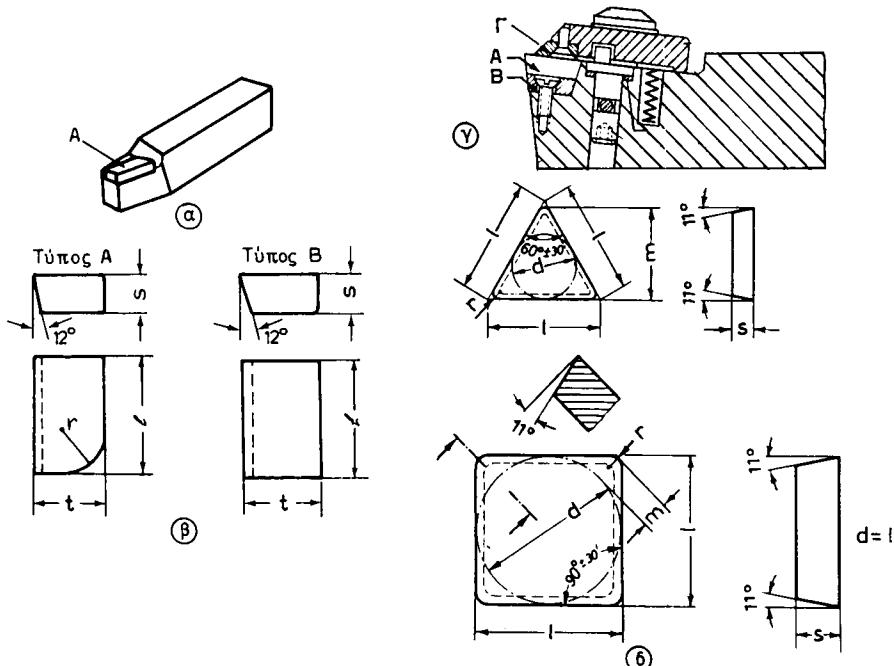
α) Τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας P κατά DIN 4990 και τα ισοδύναμα τους κατά την αμερικανική προτυποποίηση χρησιμοποιούνται για την κατεργασία κατά κύριο λόγο χαλύβων, χυτοχάλυβα και μαλακτικοποιημένου χυτοσιδήρου.

β) Τα σκληρομέταλλα που ανήκουν στην κατηγορία M βρίσκουν εφαρμογές, πέρα από την κατεργασία χαλύβων και χυτοχάλυβα, και στην κοπή φαιού και μαλακτικοποιημένου χυτοσιδήρου, χυτοσιδήρου με σφαιροειδή γραφίτη, όπως και μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων.

γ) Τέλος, τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας K τα μεταχειρίζομαστε στην κατερ-

γασία χαλύβων κατασκευών, φαιού και λευκού χυτοσιδήρου, μαλακτικοποιημένου χυτοσιδήρου, μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων, πλαστικών και ξύλου.

Στον Πίνακα 2.3.1 παραθέτομε, εκτός από τις κατηγορίες, ποιότητες, σύνθεση και χαρακτηριστικές ιδιότητες των σκληρομετάλλων κατά DIN 4990 και στοιχεία με τις βιομηχανικές τους χρήσεις, ανάλογα με το είδος της κατεργασίας (τόρνευση, φραιζάρισμα κ.α.) και το κατεργαζόμενο υλικό (χάλυβες, χυτοσιδηροί, μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα κλπ.).



Σχ. 2.3η.

Μορφές προτυποποιημένων πλακιδίων από σκληρομέταλλο και τρόποι συγκρατήσεώς τους στο στέλεχος του κοπτικού εργαλείου. α) Εργαλείο με επικολλούμενο πλακίδιο A. β) Μορφές επικολλούμενων πλακιδίων. γ) Συγκράτηση ένθετου πλακιδίου: Α Πλακίδιο, Β Προσθήκη, Γ Γρεζοθραύστης. δ) Μορφές ένθετων πλακιδίων.

Τα σκληρομέταλλα προσφέρονται στο εμπόριο με τη μορφή πλακιδίων σε προτυποποιημένα σχήματα και μεγέθη (σχ. 2.3η).

Το πλακίδιο (για κοπτικά εργαλεία με μια κύρια κόψη) ή τα πλακίδια (για εργαλεία με πολλές κύριες κόψεις, όπως είναι π.χ. οι φραιζές) είντε επικολλούνται σε κατάλληλο στέλεχος ή σώμα με ψυχρή κόλληση [επικολλούμενο λλακίδιο, σχ. 2.3η (α)] είτε προσαρμόζονται με μηχανικά μέσα [ένθετο πλακίδιο, σχ. 2.3η(γ)].

Τα εργαλεία με ένθετα πλακίδια πλεονεκτούν σημαντικά έναντι των εργαλείων με επικολλούμενα πλακίδια. Και τούτο, γιατί στα πρώτα χαλάρωση του πλακιδίου και απλή περιστροφή του αρκούν για την αλλαγή της κόψης του που τυχόν έχει φθαρεί (έτσι μπορούν διαδοχικά να χρησιμοποιηθούν και οι έξι ή και οι οκτώ κόψεις του πλακιδίου, αν το πλακίδιο είναι αντίστοιχα τριγωνικό ή τετραγωνικό), χωρίς να απαιτείται αφαίρεση του εργαλείου από την εργαλειομηχανή και αποκόλληση, τρόχιση και επικόλληση του πλακιδίου, όπως συμβαίνει στα εργαλεία με επι-

κολλούμενα πλακίδια. Επίσης τα ένθετα πλακίδια δεν διατρέχουν τον κίνδυνο καταστροφής, ο οποίος απειλεί τα επικολλούμενα κατά τη συγκόλλησή τους στο στέλεχος ή το σώμα του εργαλείου.

Τα σκληρομέταλλα, που όπως έχομε τονίσει, χρησιμοποιούνται αποδοτικά σε ψηλές ταχύτητες κοπής και που ακόμα μπορούμε να τα μεταχειρισθούμε και με μεγάλες σχετικά θεωρητικές διατομές του αποβλίτου, απαιτούν εργαλειομηχανές με **μεγάλη ισχύ**. Επίσης, επειδή η τάση για ανάπτυξη ταλαντώσεων κατά την κοπή αυξάνεται κυρίως με αύξηση της ταχύτητας κοπής, θα πρέπει οι εργαλειομηχανές, στις οποίες θα εκτελούμε κατεργασίες με εργαλεία από σκληρομέταλλα να είναι **αρκετά στιβαρές**.

#### **Γ. Κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια.**

Είναι πυκνά πολυκυρυσταλλικά σύνολα με μέσο μέγεθος κόκκων από 2 μμ μέχρι 5 μμ. Κατά βάση περιέχουν κορούνδιο (οξείδιο του αργιλίου:  $Al_2O_3$ ). Προσθέτονται όμως, σε πολύ μικρές ποσότητες, και άλλα πυρίμαχα οξείδια για βελτίωση των ιδιοτήτων του υλικού αυτού.

Τα συναντούμε στο εμπόριο σε μορφή πλακιδίων, όπως και τα σκληρομέταλλα. Τα πλακίδια αυτά παρασκευάζονται με συμπίεση και πυροσυσσωμάτωση.

Τα κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια υπερτερούν σημαντικά απέναντι στα σκληρομέταλλα, όπως βλέπομε στο σχήμα 2.3ζ, όπου συγκρίνονται τα διάφορα υλικά για κοπτικά εργαλεία με κριτήριο τη διατήρηση της σκληρότητας τους σε ψηλές θερμοκρασίες. Η αντοχή τους αυτή σε ψηλές θερμοκρασίες οφείλεται στο κορούνδιο (έχει σημείο τήξεως  $2000^{\circ}C$ ), το οποίο στις θερμοκρασίες αυτές διατηρεί μεγάλη σκληρότητα (άρα αντέχει στη φθορά από τριβή) και είναι χημικώς αδρανές.

Τα κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια είναι ψαθυρά υλικά και από αυτό παρουσιάζουν μειωμένη δυσθραυστότητα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά σε πολύ ψηλές ταχύτητες κοπής και για μικρές θεωρητικές διατομές αποβλίτου (σε χαμηλές φορτίσεις του εργαλείου) σε κατεργασίες χωρίς ταλαντώσεις. Η μηχανική αντοχή των εργαλείων από το υλικό αυτό ενισχύεται με το τρόχισμα αρνητικής γωνίας αποβλίτου (σχ. 2.1β) μέχρι και  $\gamma = -15^{\circ}$  για την τόρνευση χαλύβων.

Χρησιμοποιούνται ικανοποιητικά ως εργαλεία τορνεύσεως χαλύβων (και των σκληρότερων χαλυβοκραμάτων ακόμα) κατά κύριο λόγο: επίσης στην τόρνευση χυτοσιδήρων, μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων (με εξαίρεση το αργίλιο και τα κράματα του, το τιτάνιο και το ζιρκόνιο), όπως επί πλέον και μη μεταλλικών υλικών (πλαστικά, σκληρό-ελαστικό κ.α.).

#### **Δ. Λειαντικές σκόνες.**

Είναι σκληροί και εύθραστοι κόκκοι [κάθε λειαντικός κόκκος είναι ένα στοιχειώδες κοπτικό εργαλείο, παράγρ. 1.3 (ΣΤ)] που χρησιμοποιούνται στους λειαντικούς τροχούς, στα σμυριδόπανα, στα σμυριδόχαρτα κ.ά.

Παρακάτω δίνομε βασικές λειαντικές σκόνες:

- Φυσικό κορούνδιο:  $Al_2O_3$  (90% ως 98%) +  $Fe_2O_3$  σε κρυσταλλική μορφή.
- Καθαρό κορούνδιο:  $Al_2O_3$  σε κρυσταλλική μορφή.
- Σμύριδα:  $Al_2O_3$  (60% ως 65%) +  $Fe_2O_3$  + άλλες προσθήκες.
- Διαμάντι: Άνθρακας σε κρυσταλλική μορφή.

- Καρβίδιο του πυριτίου: SiC σε κρυσταλλική μορφή.
- Καρβίδιο του βορίου: B<sub>4</sub>C σε κρυσταλλική μορφή.

### **2.3.3 Ερωτήσεις.**

1. Να μηνμονεύσετε τα τρία πιο σπουδαία υλικά, με τα οποία κατασκευάζομε κοπτικά εργαλεία.
2. Να σχεδιάσετε προοπτικά το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως μαζί με την ονοματολογία του.
3. Να σχεδιάσετε το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως σε κάτοψη και να σημειώσετε με τα σύμβολα τους τη γωνία θέσεως της κύριας και δευτερεύουσας κόψης, όπως και την περιεχόμενη γωνία σύμφωνα με το σύστημα προτυποποίησεως ISO.
4. Να σχεδιάσετε μια τομή κάθετη στο επίπεδο κόψης του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως και να δείξετε αναφέροντας τα σύμβολά τους τη γωνία αποβλίτου, τη γωνία σφήνας και την ελεύθερη γωνία κατά το σύστημα DIN.
5. Να χαράξετε ποιοτικά τις καμπύλες μεταβολής της σκληρότητας των ταχυχαλύβων, των σκληρομετάλλων και των κεραμευτικών από πυρίμαχα οξείδια συναρτήσει της θερμοκρασίας.
6. Ποιες βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες θα πρέπει να συγκεντρώνει γενικά ένα υλικό, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή κοπτικών εργαλίων;
7. Τι σημαίνει ο συμβολισμός P25 ή K20 ενός σκληρομετάλλου κατά DIN; Με ποιο χρώμα συμβολίζεται το καθένα από αυτά;
8. Ποιο από τα δύο σκληρομετάλλα P30 και P10 είναι σκληρότερο και ποιο είναι πιο δύσθραυστο;
9. Ποια είναι τα συνηθισμένα συστατικά ενός σκληρομετάλλου;
10. Ποια υλικά κατεργαζόμαστε με τα σκληρομετάλλα της κατηγορίας M;
11. Στην κατεργασία ποιων υλικών βρίσκουν εφαρμογή τα σκληρομετάλλα της κατηγορίας K;
12. Ποιο πλακίδιο σκληρομετάλλου χαρακτηρίζεται ως επικολλούμενο και ποιο ως ένθετο; Ποιο από τα δύο πλεονεκτεί και γιατί;
13. Τι θα πρέπει να παρουσιάζουν οι εργαλειομηχανές (π.χ. ένας τόρνος ή μια φραιζομηχανή), στις οπίσεις θα μπορούμε να χρησιμοποιούμε αποδοτικά σκληρομετάλλα ως κοπτικά εργαλεία;
14. Να αναφέρετε δύο από τις ευρύτερα χρησιμοποιούμενες λειαντικές σκόνες.
15. Ποια είναι τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των σκληρομετάλλων ως κοπτικών εργαλίων;

## **2.4 Φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου.**

### **2.4.1 Γενικά.**

Κατά την κοπή των μετάλλων, όπως γνωρίζομε, το κοπτικό εργαλείο υπόκειται σε ψηλές θερμοκρασίες των οποίων η διανομή μάλιστα παρουσιάζει απότομες μεταβολές (σχ. 2.2β), όπως και σε ψηλές τάσεις. Ακόμα η νεοσχηματιζόμενη επιφάνεια του αποβλίτου και του κομματιού επάνω στις οποίες τρίβεται το εργαλείο δεν προφθάνουν να οξειδωθούν ή να σκεπαστούν από άλλα στρώματα και κατά συνέπεια μπορούμε να δεχθούμε ότι υφίσταται καθαρή μεταλλική επαφή [παράγρ. 2.5.2 (Α)] ανάμεσα στο εργαλείο και στο απόβλιτο και ανάμεσα στο εργαλείο και στο κομμάτι. Περιορίζεται βέβαια σημαντικά η μεταλλική αυτή επαφή με χρήση τέτοιου υγρού κοπής, που να μπορεί να δράσει ως λιπαντικό [παράγρ. 2.5.2 (Β)]. Κατώ από τις πολύ δυσμενείς αυτές συνθήκες εργασίας του, το κοπτικό εργαλείο **φθείρεται** ή και **αστοχεί** γενικότερα. Όταν λέμε ότι ένα κοπτικό εργαλείο αστοχεί, αυτό σημαίνει ότι το εργαλείο πάνε πλέον να εκτελεί ικανοποιητικά την αποστολή του, έχει δηλαδή φθάσει στο τέλος της ζωής του και θα πρέπει να αποσυρθεί από την εργαλειομηχανή και είτε να ανατροχισθεί είτε να απορριφθεί ως άχρηστο.

Η αστοχία ενός εργαλείου μπορεί να οφείλεται σε μία ή σε συνδυασμό από τις παρακάτω αιτίες:

α) Στην ανάπτυξη **ζώνης φθοράς** στην ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου [σχ. 2.4a(A)].

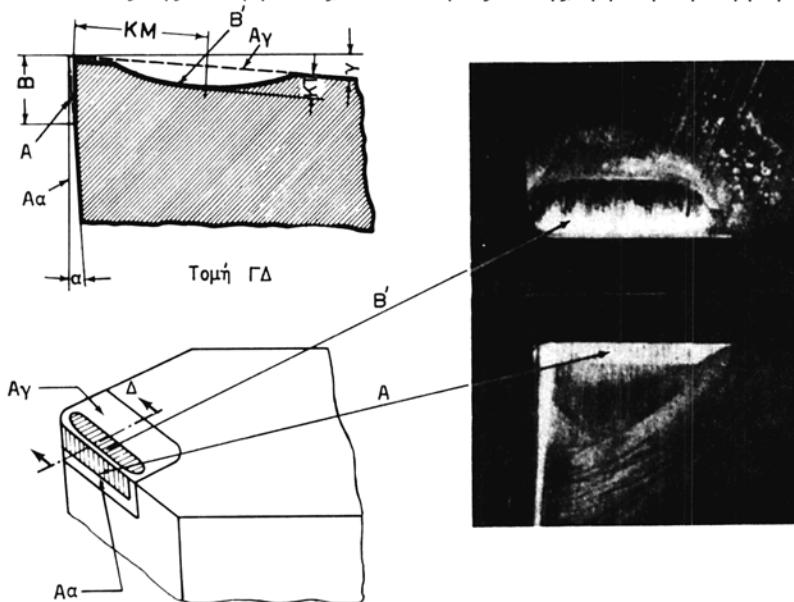
β) Στη δημιουργία φθοράς επάνω στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, την οποία θα καλέσομε **φθορά κρατήρα** [σβ. 2.4a(B)] από τη χαρακτηριστική μορφή, την οποία παίρνει.

γ) Στην απολέπιση του εργαλείου στην κόψη του και στην επιφάνεια αποβλίτου κατά τον τεμαχισμό της ψευδόκοψης [παράγρ. 2.1.2(3)].

δ) Σε μικροθραύσεις, ρωγμές ή παραμορφώσεις, που είναι δυνατό να αποδοθούν σε μηχανικά και θερμικά αιτία.

Οι αιτίες (α) και (β) προκαλούν **προσδευτική φθορά** του κοπτικού εργαλείου καθώς η κοπή προχωρεί, ενώ οι υπόλοιπες αιτίες (γ) και (δ) μπορούν να προκαλέσουν **πρόωρη αστοχία** του.

Γενικά το είδος της κατεργασίας, οι συνθήκες κοπής, η γεωμετρική μορφή του



Σχ. 2.4a.

Η ζώνη φθοράς Α και η φθορά κρατήρα Β σε ένα κοπτικό εργαλείο. (Αγ Επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, Αα Ελεύθερη επιφάνεια).

κοπτικού εργαλείου, ο συνδυασμός υλικών εργαλείου και κομματιού, όπως και το είδος του υγρού κοπής καθορίζουν τη μορφή και το μέγεθος της φθοράς των κοπτικών εργαλείων.

## 2.4.2 Φθορά του κοπτικού εργαλείου.

### A. Οι μηχανισμοί φθοράς του εργαλείου.

Πριν να μιλήσουμε για τη φθορά του κοπτικού εργαλείου, θα πρέπει να αναφερ-

θούμε με συντομία στους διάφορους μηχανισμούς φθοράς του:

**1. Μηχανισμός φθοράς με σχηματισμό και λύση συγκολλητών δεσμών.** Στην κοπή των μετάλλων, σχηματίζονται συγκολλητοί δεσμοί ως μέρος του μηχανισμού τρίβης [παράγρ. 2.5.2 (Α)] μεταξύ αποβλίτου και εργαλείου, όπως και ανάμεσα στο εργαλείο και στο κομμάτι. Με την καταστροφή αυτών των δεσμών, καθώς η κοπή προχωρεί, **αποσπώνται τεμαχίδια από το εργαλείο** και μεταφέρονται στην προς αυτό πλευρά του αποβλίτου και στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού.

**2. Μηχανισμός φθοράς με απόξεση.** Εδώ η φθορά οφείλεται στην αφαίρεση υλικού από το εργαλείο με **απόξεση** (κοπή σε μικρή κλίμακα) που προξενείται από πολύ σκληρά τεμαχίδια τα οποία βρίσκονται στην προς το εργαλείο πλευρά του αποβλίτου (ή και από ελεύθερα τεμαχίδια), καθώς αυτά περνούν πιεζόμενα επάνω στην επιφάνεια αποβλίτου. Τα σκληρά αυτά τεμαχίδια είναι δυνατό να είναι κομματάκια της ψεudόκοψης ή του υλικού του εργαλείου που αφαιρούνται με τον προηγούμενο μηχανισμό φθοράς του (δηλαδή με δημιουργία και λύση συγκολλητών δεσμών) ή σκληρά εγκλείσματα στο υλικό του κομματιού.

**3. Μηχανισμός φθοράς με διάχυση στερεάς καταστάσεως\***. Κατά την κοπή των μετάλλων δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για διάχυση ατόμων από το υλικό του εργαλείου στο απόβλιτο και στο κομμάτι και αντίστροφα από το απόβλιτο ή το κομμάτι στο εργαλείο μέσα σε στενή ζώνη στις επιφάνειες επαφής τους. Οι ευνοϊκές αυτές συνθήκες για διάχυση οφείλονται από το ένα μέρος στις ψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την κοπή (η επιρροή της αυξήσεως της θερμοκρασίας είναι τεράστια στην ταχύτητα της διαχύσεως) και από το άλλο στη μεταλλική επαφή (μέσα σε ορισμένη έκταση βέβαια) που αποκαθίσταται μεταξύ αποβλίτου και εργαλείου, όπως και ανάμεσα στο εργαλείο και στο κομμάτι. Η διάχυση έχει ως αποτέλεσμα αλλαγές στη δομή του υλικού του εργαλείου, άρα εξασθενισμή του και τελικά ταχύτερη φθορά του.

Η φθορά που αναπτύσσεται στα κοπτικά εργαλεία της πράξεως είναι συνήθως το αποτέλεσμα και των τριών μηχανισμών φθοράς, τους οποίους μόλις αναπτύξαμε.

## B. Η ζώνη φθοράς [σχ. 2.4a(Α)].

Είναι μία ζώνη κατά προσέγγιση επίπεδη, που εκτείνεται προς τα πίσω της κυρίας κόψης του εργαλείου επάνω στην ελεύθερη του επιφάνεια.

Χαρακτηριστικό μέγεθος της φθοράς του εργαλείου στην ελεύθερη επιφάνεια του είναι το λεγόμενο **πλάτος ζώνης φθοράς** (ή απλούστερα **πλάτος φθοράς**) B.

Η ζώνη φθοράς μπορεί να είναι, ανάλογα με την περίπτωση κοπής, ομοιόμορφη ή ανομοιόμορφη. Σε περιπτώσεις ανομοιόμορφης ζώνης φθοράς μας ενδιαφέρει κυρίως η μέγιστη τιμή του πλάτους φθοράς, η οποία – όπως έχει πειραματικά αποδειχθεί – επιδρά αποτελεσματικά στη ζωή του εργαλείου.

---

\* **Διάχυση** στα μεταλλικά υλικά είναι το φαινόμενο, όπου διακινούνται άτομα από μια θέση του κρυσταλλικού πλέγματος του μετάλλου (ή κράματος) σε άλλη. Η διακίνηση αυτή των ατόμων κατευθύνεται από περιοχές με ψηλή ατομική συγκέντρωση σε περιοχές με χαμηλή ατομική συγκέντρωση, με τάση την εξίσωση των συγκεντρώσεων.

Το πλάτος φθοράς, όπως είναι φυσικό, αυξάνεται με αύξηση του χρόνου κοπής, με σταθερούς βέβαια τους υπόλοιπους **παράγοντες της κοπής\***. Επίσης για σταθερό χρόνο κοπής και τους άλλους παράγοντες σταθερούς, αύξηση της ταχύτητας κοπής συνεπάγεται αύξηση του πλάτους φθοράς του εργαλείου.

Η ζώνη φθοράς συντελεί στην αύξηση των δυνάμεων κοπής, γιατί στο σύστημα των δυνάμεων αυτών (σχ. 2.1α) προστίθεται και μία ακόμα δύναμη: η δύναμη τριβής στην επιφάνεια επαφής εργαλείου - κομματιού.

Τέλος, η ζώνη φθοράς αλλάζει τη γεωμετρική μορφή του εργαλείου με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η διαστατική ακρίβεια ή η ακρίβεια μορφής του κομματιού, αν το κατεργαζόμαστε με εργαλείο μορφής.

### **Γ. Η φθορά κρατήρα [σχ. 2.4α(Β)].**

Στην επιφάνεια αποβλίπτου του εργαλείου σχηματίζεται με την πρόσοδο της κοπής σε μικρή απόσταση από τη μύτη του εργαλείου (στην περιοχή των ψηλότερων θερμοκρασιών) ένα **κοίλωμα ή κρατήρας**.

Χαρακτηριστικό μέγεθος της φθοράς κρατήρα είναι το **μέγιστο βάθος** του ΚΤ.

Η φθορά κρατήρα είναι σημαντική στα σκληρομέταλλα που, όπως γνωρίζομε, τα χρησιμοποιούμε σε μεγάλες ταχύτητες κοπής, άρα και σε ψηλές θερμοκρασίες. Στις ψηλές αυτές θερμοκρασίες τα σκληρομέταλλα, παρ' όλο που έχουν την ικανότητα να διατηρούν τη σκληρότητά τους, εν τούτοις φθείρονται γρήγορα, γιατί σχηματίζεται βαθύς κρατήρας με το μηχανισμό κυρίως της διαχύσεως [παράγρ. 2.4.2 (Α)]. Ο βαθύς αυτός κρατήρας εξασθενίζει την κόψη του εργαλείου, η οποία συνήθως θραύεται και τελικά το εργαλείο δεν μπορεί παρά να αστοχήσει.

Όπως η φθορά στην ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου, έτσι και η φθορά κρατήρα γίνεται πιο έντονη με αύξηση του χρόνου κοπής και της ταχύτητας κοπής με σταθερούς τους λοιπούς παράγοντες κοπής.

### **2.4.3 Η ζωή του εργαλείου.**

#### **A. Κριτήρια αστοχίας του εργαλείου.**

Η φθορά του εργαλείου έχει άμεση σχέση με τη ζωή του. Λέγοντας **ζωή ενός κοπτικού εργαλείου** εννοούμε την αφέλιμη (ή ενεργό) του ζωή από τη στιγμή, όπου το νεοτροχισμένο εργαλείο θα αρχίσει την κοπή μέχρι κάποια άλλη στιγμή (καθορίζεται από κάποιο κριτήριο αστοχίας που βάζομε, όπως θα δούμε ευθύς αμέσως), οπότε το εργαλείο αφαιρείται για ξανατρόχισμα ή για αντικατάσταση.

Η ζωή του εργαλείου μπορεί να εκφράζεται, ανάλογα με την κατεργασία, σε μονάδες χρόνου (min) ή και σε μονάδες άλλου μεγέθους (π.χ. σε μονάδες όγκου αφαιρούμενου υλικού, θεωρητικού μήκους αποβλίπτου, μήκους κατεργασμένης επιφάνειας ή σε αριθμό κατεργασμένων κομματιών κλπ.).

Οι κριτήρια αστοχίας ενός κοπτικού εργαλείου χρησιμοποιούνται στην πράξη τα εξής:

\* Με τον όρο αυτό εννοούμε μαζί τις συνθήκες κοπής (ταχύτητας κοπής, πρώση και βάθος κοπής, παράγρ. 1.2), τη γεωμετρική μορφή του κοπτικού εργαλείου, το υλικό του εργαλείου και του κομματιού, όπως και το υγρό κοπής που τυχόν χρησιμοποιούμε.

α) Καθορισμένη ανώτερη τιμή για το πλάτος φθοράς B ή για το βάθος κρατήρα KT ή και για τα δύο μαζί.

β) Στόμωση (άμβλυνση) της κόψης του εργαλείου, η οποία εκδηλώνεται με την εμφάνιση μιας στιλπνής ζώνης στο κομμάτι και με το άκουσμα χαρακτηριστικού σφυρίγματος, λόγω της προχωρημένης πλέον φθοράς του εργαλείου στην ελεύθερή του επιφάνεια και

γ) καθορισμένη επίσης ανώτερη τιμή της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας ή της ανοχής κρίσιμων διαστάσεων του κομματιού η καθορισμένο μέγιστο ποσοστό αυξήσεως των δυνάμεων κοπής ή της ισχύος κοπής.

Η εκλογή του κατάλληλου κριτήριου αστοχίας του εργαλείου εξαρτάται από τη συγκεκριμένη περίπτωση κατεργασίας. Για κατεργασία ξεχονδρίσματος π.χ. δεν μας ενδιαφέρει η τραχύτητα επιφάνειας και η ακρίβεια των διαστάσεων του κομματιού και συνεπώς μπορούμε να πάρομε ως κριτήριο αστοχίας του εργαλείου τη στόμωσή του ή κάποιο καθορισμένο μέγιστο ποσοστό αυξήσεως της ισχύος κοπής. Σε κατεργασίες όμως αποπερατώσεως (φινιρίσματος), η τραχύτητα επιφάνειας και η διαστατική ακρίβεια του κομματιού παίζουν πρωταρχικό ρόλο. Εδώ μπορούμε να θέσομε ως κριτήριο του κοππικού εργαλείου ένα ανώτερο όριο για την τραχύτητα ή την ανοχή των διαστάσεων του κομματιού ή για το πλάτος φθοράς B.

### B. Η σχέση του Ταίουλορ (Taylor).

Ο αμερικανός μηχανικός Ταίουλορ στις αρχές του αιώνα μας μελέτησε τη σχέση ανάμεσα στη ζωή του εργαλείου και στην ταχύτητα κοπής με σταθερούς τους υπόλοιπους παράγοντες της κοπής. Ύστερα από πολλά πειράματα κατέληξε στη γνωστή μας εφαρμοζόμενη και σήμερα σχέση:

$$u \cdot T^n = C \quad \text{ή} \quad T \cdot u^{1/n} = C^{1/n} = C' \quad (2.2)$$

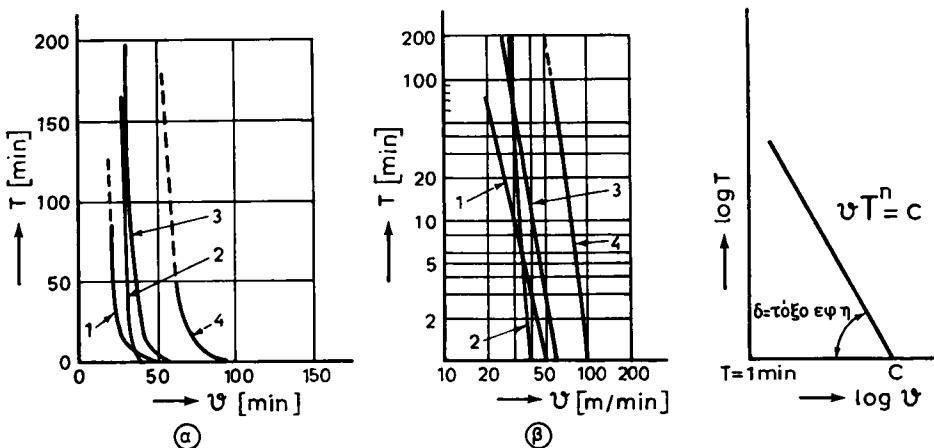
όπου  $u$  είναι η ταχύτητα κοπής σε  $m/min$ ,  $T$  η ζωή του εργαλείου σε  $min$  (με κριτήριο αστοχίας τη στόμωση της κόψης) και όπου  $n$  είναι εκθέτης και  $C$  σταθερά, που εξαρτώνται από το υλικό του κομματιού και του εργαλείου, από τις συνθήκες κοπής, από τη γεωμετρική μορφή του εργαλείου και από το υγρό κοπής. Όπως προκύπτει από τη σχέση (2.2), η σταθερά  $C$  παριστάνει την ταχύτητα κοπής για ζωή του εργαλείου ίση με  $1\ min$  ( $T = 1\ min$ ,  $u = C$ ).

Γενικά η σχέση Ταίουλορ παίρνει τη μορφή του σχήματος 2.4β(α) σε γραμμικές συντεταγμένες και παρουσιάζεται ως ευθεία γραμμή σε λογαριθμικές συντεταγμένες [σχ. 2.4β (β)].

Αν ως κριτήριο αστοχίας του εργαλείου πάρομε προκαθορισμένη τιμή του πλάτους φθοράς B (το κριτήριο αυτό αστοχίας χρησιμοποιείται συχνά στην πράξη), τότε, όπως πειραματικά έχει αποδειχθεί, ισχύει πάλι η σχέση Ταίουλορ με την προσθήκη του δείκτη  $B$  στο  $T$ ,  $n$  και  $C$ , ακριβώς για να υποδηλωθεί το κριτήριο αστοχίας, δηλαδή:

$$u \cdot T_B^{nB} = C_B \quad (2.3)$$

Η σταθερά  $C_B$  ορίζεται όπως η σταθερά  $C$  στη σχέση (2.2), δηλαδή για  $T_B = 1\ min$ .



Σχ. 2.48.

Η σχέση Ταϊλορ: α) Σε γραμμικές και β) σε λογαριθμικές συντεταγμένες. (1 χαλυβόκραμα, 2 CK60, 3 CK45, 4 CK35).

Οι συνηθισμένες τιμές του Β, τις οποίες θέτομε ως κριτήριο αστοχίας του εργαλείου είναι οι παρακάτω για διάφορα υλικά κοπτικού εργαλείου και είδος κατεργασίας (Ξεχόνδρισμα ή αποπεράτωση):

B [mm]	Υλικό εργαλείου	Είδος κατεργασίας
0,75	Σκληρομέταλλο	Ξεχόνδρισμα
0,25 ως 0,40	Σκληρομέταλλο	Αποπεράτωση
1,50	Ταχυχάλυβας	Ξεχόνδρισμα
0,25 ως 0,40	Ταχυχάλυβας	Αποπεράτωση
0,25 ως 0,40	Κεραμευτικό από πυρίμαχα οξείδια	Ξεχόνδρισμα και αποπεράτωση

#### Γ. Ποιοι παράγοντες κοπής και πώς επδρούν στη ζωή του κοπτικού εργαλείου.

Οι παράγοντες κοπής, οι οποίοι ασκούν σοβαρή επιρροή στη ζωή του εργαλείου είναι οι ακόλουθοι:

- Οι συνθήκες κοπής (ταχύτητα κοπής, πρόωση και βάθος κοπής).
- Η γεωμετρική μορφή του εργαλείου.
- Το υλικό του εργαλείου.
- Το υλικό του κομματιού και το υγρό κοπής.

#### 1. Επίδραση των συνθηκών κατεργασίας.

Για δοσμένη ταχύτητα κοπής (και σταθερούς τους υπόλοιπους παράγοντες) αύξηση στην πρόωση ή στο βάθος κοπής έχει ως αποτέλεσμα μείωση της ζωής του εργαλείου· το ίδιο συμβαίνει και για σταθερή πρόωση και βάθος κοπής και αύξηση στην ταχύτητα κοπής.

## 2. Επιρροή της γεωμετρίας του εργαλείου.

Όπως γνωρίζομε (παράγρ. 2.1.4), αύξηση στη γωνία αποβλίπτου του εργαλείου έχει ευνοϊκά αποτελέσματα στην κοπή, άρα και στη ζωή του εργαλείου. Αυτό όμως ισχύει μέχρι ένα όριο στην τιμή της γωνίας αποβλίπτου. Και τούτο, γιατί, αν μεγαλώσει υπέρμετρα η γωνία αυτή, τότε θα ελαττωθούν απαράδεκτα οι διατομές, μέσα από τις οποίες απάγεται η παραγόμενη στην περιοχή κοπής θερμότητα στην υπόλοιπη μάζα του εργαλείου, με συνέπεια αύξηση της θερμοκρασίας και συνεπώς χειροτέρευση της ζωής του εργαλείου. Οι αντιμαχόμενοι αυτοί δύο παράγοντες επιβάλλουν κάποια βέλτιστη τιμή στη γωνία αποβλίπτου του εργαλείου. Πιο συγκεκριμένα, π.χ. για τόρνευση ξεχονδρίσματος σκληρού χάλυβα με εργαλείο από ταχυχάλυβα και από σκληρομέταλλο η βέλτιστη τιμή της γωνίας αποβλίπτου παίρνεται  $14^{\circ}$  και  $3,5^{\circ}$  αντίστοιχα.

Σχετικά με την ελεύθερη γωνία α του εργαλείου μπορούμε να διατυπώσουμε τον κανόνα ότι αύξηση στην ελεύθερη γωνία συνεπάγεται ελάττωση του πλάτους της ζώνης φθοράς και επομένως αύξηση στη ζωή του κοπτικού εργαλείου. Το αντίθετο συμβαίνει με μείωση στην ελεύθερη γωνία του εργαλείου. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι λόγοι μηχανικής αντοχής του εργαλείου περιορίζουν την αύξηση στην ελεύθερη γωνία, με την οποία αύξηση επέρχεται εξασθένιση του εργαλείου. Συνιστώμενες τιμές της γωνίας α είναι κατά μέσο όρο  $8^{\circ}$  για εργαλείο από ταχυχάλυβα και  $6^{\circ}$  για εργαλείο από σκληρομέταλλο.

## 3. Το υλικό του εργαλείου.

Είδαμε [παράγρ. 3.6 ΜΤ.ΕΙ] ότι οι ταχυχάλυβες και τα σκληρομέταλλα (παράγρ. 3.9) βρίσκουν ευρύτατη χρησιμοποίηση στην πράξη ως υλικά για κοπτικά εργαλεία. Από τα υλικά αυτά τα πιο ευαίσθητα (σε ό,τι αφορά τη διατήρηση της σκληρότητάς τους) σε μεταβολές της θερμοκρασίας (επομένως και της ταχύτητας κοπής) είναι οι ταχυχάλυβες και ακολουθούν τα σκληρομέταλλα που παρουσιάζονται πιο ευαίσθητα από τα κεραμευτικά πυρίμαχων οξειδίων. Είναι βέβαια προφανές ότι πτώση της σκληρότητας σε ένα υλικό για εργαλείο κοπής με αύξηση της θερμοκρασίας (ή της ταχύτητας κοπής) έχει ως συνέπεια μεγαλύτερη φθορά στο εργαλείο και βραχύτερη ζωή του.

Η ευαισθησία αυτή των υλικών για κοπτικά εργαλεία σε μεταβολές της ταχύτητας κοπής εκφράζεται με τον εκθέτη  $1/n$  της ταχύτητας κοπής στη σχέση (2.2). Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του  $1/n$  (ή όσο μικρότερη είναι η τιμή του εκθέτη  $n$ ), τόσο πιο έντονη είναι η επίδραση της ταχύτητας κοπής στη ζωή του εργαλείου. Έχει βρεθεί πειραματικά ότι ο εκθέτης π παίρνει τις μικρότερες τιμές για ταχυχάλυβες ( $0,08$  ως  $0,15$ , γι' αυτό και οι ταχυχάλυβες είναι οι πιο ευαίσθητοι σε αλλαγές της ταχύτητας κοπής), κάποιες μεσαίες τιμές ( $0,15$  μέχρι  $0,40$ ) για σκληρομέταλλα και τις μεγαλύτερες ( $0,45$  ως  $0,70$ ) για κεραμευτικά από πυρίμαχα οξειδία.

## 4. Το υλικό του κατεργαζόμενου κομματιού.

Το υλικό του κομματιού ασκεί σημαντική επιρροή στη ζωή του εργαλείου. Έτσι, η χημική σύνθεση του υλικού, η κρυσταλλική του δομή [π.χ. η αναλογία περλίτη στους ανθρακούχους χάλυβες (Συμπλήρωμα, παράγρ. 2.2), η σκληρότητα, η ικανό-

τητά του για σκλήρωση και οι διάφορες ακαθαρσίες και εγκλείσματα που περιέχονται σε αυτό μας ενδιαφέρουν εδώ.

Η σκληρότητα του υλικού, όπως είναι προφανές, επηρεάζει τη ζωή του εργαλείου κατά τέτοιο τρόπο, ώστε αύξηση της σκληρότητας να έχει ως επακόλουθο μείωση της ζωής του εργαλείου, με σταθερούς βέβαια τους υπόλοιπους παράγοντες κοπής. Επίσης σκληρά εγκλείσματα και επιφανειακές σκουριές (ίδιαίτερα στα χυτά) επιδρούν δυσμενώς στη ζωή του εργαλείου.

Τη σχετική ευκολία μορφοποιήσεως ενός υλικού με κατεργασίες κοπής, αναφορικά όμως προς κάποιο ή κάποια κριτήρια, την ονομάσαμε **κατεργαστικότητα** [ΜΤΕΙ, παράγρ. 3.4(Γ)]. Τα κριτήρια αυτά είναι δυνατό να είναι η ζωή του εργαλείου, η τραχύτητα επιφάνειας, η διαστατική ακρίβεια, η ισχύς κοπής κ.α. Μπορούμε δηλαδή να θεωρήσουμε ότι ένα υλικό έχει καλή κατεργαστικότητα, αν η φθορά του εργαλείου με το οποίο το κατεργαζόμαστε είναι μικρή (και η ζωή του μεγάλη) ή αν η τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας είναι καλή ή αν οι δυνάμεις κοπής που αναπτύσσονται είναι χαμηλές και η ισχύς που καταναλίσκεται είναι μικρή, ή αν το κόστος ανά μονάδα δύκου αφαιρούμενου υλικού είναι χαμηλό κλπ. Ακόμα, αν το απόβλιτο απομακρύνεται εύκολα από τη θέση κοπής ή αν η ακρίβεια διαστάσεων που επιτυγχάνεται είναι ικανοποιητική. Από όλα αυτά διαπιστώνομε ότι είναι πολύ δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να εκφράσουμε την κατεργαστικότητα ποσοτικά και να μπορέσουμε έτσι να κατατάξουμε τα διάφορα υλικά μετρώντας το καθένα με μονάδες κατεργαστικότητας.

Η κατεργαστικότητα των υλικών στην πράξη εκφράζεται συνήθως ως ταχύτητα κοπής για δοσμένη ζωή του κοπτικού εργαλείου σε min και με κριτήριο τη στόμωση του εργαλείου. Ο συμβολισμός π.χ.  $u_{60}$  η  $u_{120}$  σημαίνει ταχύτητα κοπής για ζωή του εργαλείου 60 min ή 120 min αντίστοιχα. Για τη σύγκριση τώρα ή την κατάταξη των υλικών από άποψη κατεργαστικότητας εκλέγομε ένα υλικό ως πρότυπο ή ως υλικό αναφοράς. Έτσι, η κατεργαστικότητα οποιουδήποτε άλλου υλικού μπορεί να μας δοθεί ύστερα από σύγκριση με την κατεργαστικότητα του προτύπου υλικού. Αν π.χ.  $u_{60}$  είναι η κατεργαστικότητα του προς σύγκριση υλικού και  $u_60$  η κατεργαστικότητα του προτύπου, τότε η **σχετική εκατοστιαία κατεργαστικότητα** του υλικού Δ θα είναι:

$$\Delta = \frac{u_{60}}{u_{120}} \times 100 \quad [\%] \quad (2.4)$$

Αν λ.χ. ένα υλικό έχει εκατοστιαία σχετική κατεργαστικότητα 50%, αυτό σημαίνει ότι μπορεί το υλικό αυτό να κατεργασθεί χονδρικά με τη μισή ταχύτητα κοπής από εκείνη που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την κατεργασία του υλικού αναφοράς.

Είναι φανερό από τον ορισμό της σχετικής κατεργαστικότητας που δώσαμε ότι ένα υλικό που κατεργάζεται με ψηλή ταχύτητα κοπής για σταθερή ζωή εργαλείου (π.χ. T = 60 min), θα πρέπει να θεωρηθεί ότι έχει και καλή κατεργαστικότητα, πράγμα που είναι επιθυμητό. Επίσης, όσο ψηλότερη είναι η σχετική κατεργαστικότητα ενός υλικού, τόσο πιο αποδοτικά κατεργάζεται το υλικό αυτό από την άποψη μόνο φθοράς και ζωής του κοπτικού εργαλείου.

## 5. Το υγρό κοπής.

Η χρησιμοποίηση υγρού κοπής ασκεί γενικά ευνοϊκή επίδραση στη φθορά και στη ζωή του κοπτικού εργαλείου [παράγρ. 2.5.2, σχ. 2.5β].

### 2.4.4 Ερωτήσεις.

1. Τι ονομάζουμε **αστοχία** ενός κοπτικού εργαλείου;
2. Ποιες μορφές προσδευτικής φθοράς (καθώς η κοπή προχωρεί) συναντούμε στα κοπτικά εργαλεία; Να κάμετε και το σχετικό σκίτσο.
3. Να περιγράψετε συνοπτικά το μηχανισμό φθοράς με σχηματισμό και λύση συγκολλητών δεσμών σε επιφάνειες που τρίβονται.
4. Ποιος είναι ο μηχανισμός φθοράς τριβομένων επιφανειών με απόξεση;
5. Ποιο (ή ποια) κριτήριο αστοχίας μπορούμε να θέσουμε για τη ζωή ενός κοπτικού εργαλείου στην εκχόνδριση και ποιο (ή ποια) στην αποπεράτωση;
6. Πώς εκφράζεται η σχέση Ταίνιορ και τι μας λέγει;
7. Πώς επιδρά στη ζωή του κοπτικού εργαλείου η πρώση και το βάθος κοπής για δοσμένη ταχύτητα κοπής και με σταθερούς τους λοιπούς παράγοντες κοπής;
8. Πώς επηρεάζουν τη ζωή του εργαλείου μεταβολές στη γωνία γ;
9. Να αναφέρετε πώς επηρεάζουν τη φθορά του εργαλείου μεταβολές στην ελεύθερή του γωνία α.
10. Ποιο από τα συνηθισμένα υλικά για κοπτικά εργαλεία είναι πιο ευαίσθητο σε μεταβολές της ταχύτητας κοπής και γιατί;
11. Πώς εκφράζομε πρακτικά την κατεργαστικότητα ενός υλικού; Ποια είναι η σημασία του συμβολισμού  $u_{120}$ ;

## 2.5 Υγρά κοπής.

### 2.5.1 Γενικά.

Τα **υγρά κοπής** χρησιμοποιούνται συχνά στις διάφορες κατεργασίες, κατάλληλα προσαγόμενα στην περιοχή κοπής, για πιο αποδοτική κοπή σε σύγκριση με τη λεγόμενη **ξερή κοπή** που εκτελείται χωρίς υγρό κοπής. Η δράση του υγρού κοπής οφείλεται, όπως θα αναπτύξουμε παρακάτω, σε ορισμένες χαρακτηριστικές του ιδιότητες και εκδηλώνεται διαφορετικά ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου κομματιού και του κοπτικού εργαλείου και με τις συνθήκες κοπής. Έτσι, ένα υγρό κοπής μπορεί να επενεργήσει είτε ως **λιπαντικό** [παράγρ. 2.5.2 (Β)] είτε ως **ψυκτικό** [παράγρ. 2.5.2 (Γ)] και συχνά ως λιπαντικό και ως ψυκτικό μαζί. Η γνώση των δράσεων αυτών του υγρού κοπής μας είναι πολύ χρήσιμη, γιατί μας διευκολύνει στην εκλογή του με επιτυχία στις διάφορες εφαρμογές.

Πιο αναλυτικά, με τη χρησιμοποίηση των υγρών κοπής μπορούμε να επιτύχομε:

α) Μείωση στο μέσο συντελεστή τριβής στη ζώνη τριβής [και στην επιφάνεια επαφής εργαλείου και κομματιού σε περιπτώσεις που αναπτύσσεται σημαντική σχετικά ζώνη φθοράς, παράγρ. 2.4.2 (Β)] ως απόρροια της **λιπαντικής δράσεως** του υγρού κοπής.

β) Ελάττωση της θερμοκρασίας του εργαλείου (και του κομματιού) στην περιοχή κοπής με απαγωγή σημαντικού μέρους της θερμότητας που παράγεται κατά την κοπή [παράγρ. 2.2.1] μέσω της **ψυκτικής δράσεως** του υγρού κοπής.

γ) Μείωση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου (και επιμήκυνση της ζωής του) έμμεσα, ως αποτέλεσμα της ελαπτώσεως του συντελεστή τριβής και ψύξεως του εργαλείου [(α) και (β) παραπάνω].

δ) Βελτίωση της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας.

ε) Μείωση των δυνάμεων κοπής και της ισχύος κοπής.

σ) Περιορισμό στις στρεβλώσεις του κομματιού που προκαλούνται εξ αιτίας των ψηλών θερμοκρασιών και μεγάλων διαφορών ανάμεσα τους, που παρατηρούνται κατά την κοπή.

ζ) Ευκολία στο χειρισμό των έτοιμων κομματιών.

η) Προστασία του κομματιού και της εργαλειομηχανής από οξείδωση ή διάβρωση και

θ) απομάκρυνση των αποβλίτων από την περιοχή κοπής.

Όπως εξάλλου έχομε τονίσει, οι βασικές δράσεις του υγρού κοπής είναι οι (α) και (β), ενώ οι επενέργειές του από (γ) ως και (ζ) είναι επακόλουθα των πρώτων.

Τα υγρά κοπής εφαρμοζόμενα όμως στο μηχανουργείο παρουσιάζουν εν γένει και ορισμένες **ανεπιθύμητες παρενέργειες**, που είναι δυνατό ή να κάνουν αδύνατη τη χρησιμοποίηση τους ή να περιορίζουν το πεδίο εφαρμογών τους. Ως τέτοιες παρενέργειες παραθέτομε τις ακόλουθες:

α) Φυσιολογικές παρενέργειες επάνω στον τεχνίτη (τοξικοί ατμοί, δυσάρεστες οσμές, καπνοί, δερματίτιδες κ.α.) και

β) επιδράσεις στο υλικό του κομματιού και στα υλικά της εργαλειομηχανής, που εκδηλώνονται συνήθως με οξείδωση ή διάβρωση. Υγρά κοπής π.χ. με πρόσθετα ψηλής πιέσεως που περιέχουν θείο [παράγρ. 2.5.3 (B), (2)] προσβάλλουν τα κράματα του χαλκού, που τυχόν κατεργαζόμαστε, όπως και τα έδρανα της εργαλειομηχανής, που έχουν ως βάση το χαλκό.

Ορισμένες από τις ανεπιθύμητες παρενέργειες που αναφέραμε μπορούμε να τις περιορίσουμε εκλέγοντας κάθε φορά υγρό κοπής με κατάλληλες ιδιότητες.

Τα υγρά κοπής που μεταχειρίζομαστε είτε είναι **γαλακτώματα** [παράγρ. 2.5.3 (Γ) (1)] είτε **απλά λάδια κοπής** [2.5.3 (Β) (1)] είτε **λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πιέσεως** [παράγρ. 2.5.3 (Β) (2)]. Τα γαλακτώματα χρησιμοποιούνται όπου η ψυκτική δράση του υγρού κοπής είναι η πιο σημαντική απαίτηση, ενώ τα απλά λάδια κοπής και τα λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πιέσεως βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις, όπου μας ενδιαφέρει κυρίως η λιπαντική επενέργεια του υγρού κοπής.

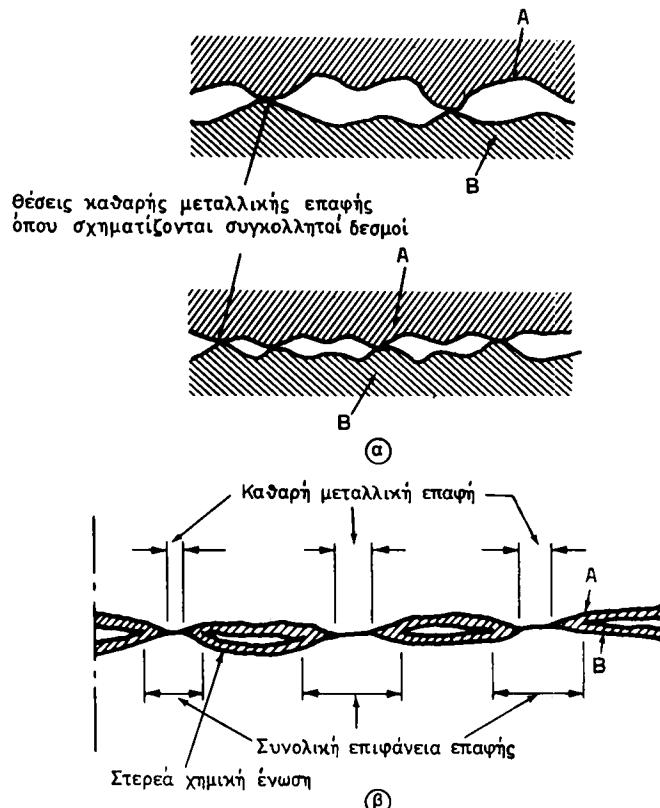
## 2.5.2 Οι δράσεις του υγρού κοπής.

### A. Ο μηχανισμός της τριβής ολισθήσεως.

Πριν να προχωρήσουμε στην ανάλυση του μηχανισμού δράσεως του υγρού κοπής ως λιπαντικού, θεωρούμε απαραίτητο να μιλήσουμε πολύ σύντομα για την αντίληψη που επικρατεί σήμερα σχετικά με το φαινόμενο της τριβής ολισθήσεως δύο τριβόμενων μεταλλικών επιφανειών Α και Β (σχ. 2.5α).

Έστω ότι οι δύο αυτές επιφάνειες Α και Β είναι απόλυτα καθαρές (χωρίς δηλαδή υγρασία, οξείδια κ.α. όπως και χωρίς λιπαντικό) και πιέζονται η μία επάνω στην άλλη. Η επαφή τους πραγματοποιείται τοπικά στις κορυφές πολλών από τις εξοχές τους [σχ. 2.5α (α)], που προέρχονται από την κατεργασία, όσο μικρές και αν είναι

αυτές. Επειδή οι επιφάνειες αυτές επαφής των εξοχών είναι στοιχειώδεις, οι ασκούμενες εκεί πιέσεις είναι ψηλές (ξεπερνούν το όριο διαρροής του υλικού των εξοχών) και λαμβάνει έτσι χώρα πλαστική παραμόρφωση του υλικού. Με την πλαστική αυτή ροή του υλικού οι επιφάνειες επαφής απλώνονται τόσο, όσο χρειάζεται για να παραλάβουν το φορτίο που ασκείται επάνω τους και βρίσκονται τόσο πολύ κοντά η μία στην αλλη, ώστε να είναι δυνατή κρυσταλλική σύνδεση ανάμεσά τους. Επιτυγχάνεται έτσι, ότι ονομάζομε **καθαρή μεταλλική επαφή** των επιφανειών.



Σχ. 2.5α.

Ο μηχανισμός της τριβής ολισθήσεως. α) Ξερή τριβή. β) Συνοριακή τριβή με σχηματισμό στερεάς χημικής ενώσεως.

Αποτέλεσμα της μεταλλικής αυτής επαφής είναι ο σχηματισμός τοπικά **συγκολλητών δεσμών**.

Με ολίσθηση τώρα της μιας επιφάνειας A σε σχέση προς την άλλη B, **καταστρέφονται (λύνονται) οι συγκολλητοί μικροδεσμοί** (και καθώς λύνονται συγκολλητοί δεσμοί, άλλοι δημιουργούνται με την πρόσοδο της ολισθήσεως) **με διάτμηση** συνήθως πέρα από τις θέσεις συγκολλήσεως μέσα στη μάζα του μετάλλου ή στο

μαλακότερο από τα δύο, αν οι επιφάνειες Α και Β είναι από διαφορετικό μέταλλο. Ακόμα, σκληρές εξοχές της μιας επιφάνειας **διεισδύουν** μέσα σε μαλακότερες της άλλης επιφάνειας κυρίως σε περιπτώσεις ολισθήσεως ανόμοιων υλικών δημιουργώντας έτσι μικροσκοπικά αυλάκια [απόξεση, παράγρ. 2.4(2) (Α)] και ορισμένες τέλος έξοχές των έπιφανειών **ἀλληλοεμπλέκονται** μεταξύ τους. Άπο δσα είπαμε μέχρι τώρα για το μηχανισμό της τριβής ολισθήσεως, βγαίνει εύκολα το συμπέρασμα ότι η **αντίσταση τριβής** (αντίσταση στην ολίσθηση των επιφανειών) θα πρέπει να είναι τόση, ώστε χρειάζεται για τη λύση των συγκολλητών δεσμών, για τη διείσδυση των σκληρότερων εξοχών μέσα στις μαλακότερες και για το ξεμπλέξιμο των εξοχών. Το ποσοστό της αντιστάσεως τριβής που αντιστοιχεί στην καταστροφή των συγκολλητών δεσμών είναι σημαντικά μεγαλύτερο.

Αν τώρα χρησιμοποιήσουμε λιπαντικό, τότε κάτω από συνθήκες ψηλής πιέσεως, ψηλής σχετικά θερμοκρασίας και χαμηλής ταχύτητας ολισθήσεως των επιφανειών Α και Β έχει παρατηρηθεί ότι λαμβάνει χώρα η λεγόμενη **συνοριακή τριβή** (συναντούμε και τον όρο **συνοριακή λίπανση**, που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει λίπανση υπό συνθήκες συνοριακής τριβής).

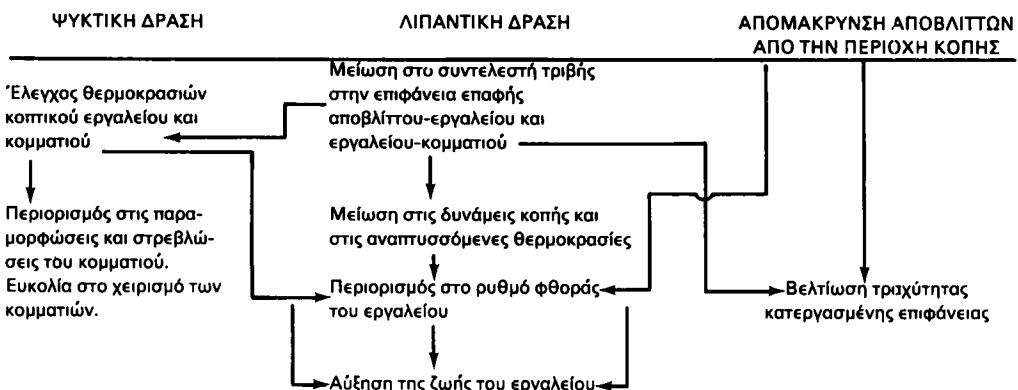
Η συνοριακή τριβή παρουσιάζεται υπό δύο μορφές: Είτε μόρια του λιπαντικού (αν αυτό π.χ. είναι λιπαρό έλαιο) προσκολλούνται στις τριβόμενες επιφάνειες με **φυσική** ή με **χημική προσρόφηση** (με μοριακό ή χημικό δεσμό αντίστοιχα) είτε σχηματίζεται μεταξύ των επιφανειών λεπτό στρώμα (**συνοριακό στρώμα ή στιβάδα**) μιας στερεάς χημικής ενώσεως [αν το λιπαντικό περιέχει **πρόσθετα ψηλής πιέσεως** (παράγρ. 2.5.3 (Β) (2)) όπως π.χ. θείο, χλώριο ή φωσφόρο, που αντιδρούν με τις μεταλλικές επιφάνειες και σχηματίζουν αντίστοιχα οξείδια] με **μειωμένη όμως αντοχή σε διάτμηση και ψηλό σχετικά σημείο τήξεως**. Η χαμηλή αντοχή σε διάτμηση έχει ως επακόλουθο ελάττωση της τριβής (και πιο συγκεκριμένα του συντελεστή τριβής) και το ψηλό σημείο τήξεως της χημικής ενώσεως έχει ως συνέπεια τη διατήρηση της χημικής ενώσεως στις αναπτυσσόμενες από την τριβή ψηλές θερμοκρασίες. Εξαιτίας όμως των ψηλών πιέσεων, παρά το σχηματισμό του συνοριακού στρώματος, παρατηρείται στις θέσεις επαφής των ανωμαλιών καθαρή μεταλλική επαφή [σχ. 2.5α (β)] (και από αυτή συγκολλητοί δεσμοί), σε πολύ όμως περιορισμένη έκταση σχετικά με ό,τι θα συνέβαινε, αν η τριβή ήταν **ξερή**, δηλαδή χωρίς λιπαντικό. Όπως είναι φανερό και στις δύο μορφές συνοριακής τριβής (ή συνοριακής λιπάνσεως) **επιτυγχάνομε σημαντική μείωση στο συντελεστή τριβής** με μείωση κατά κύριο λόγο της καθαρής μεταλλικής επαφής των επιφανειών που τρίβονται, άρα και της τάσεως για σχηματισμό συγκολλητών δεσμών. Το τελευταίο έχει ως συνέπεια ελάττωση της φθοράς του εργαλείου [παράγρ. 2.4.2 (Α) (1)].

## B. Το υγρό κοπής ως λιπαντικό.

Στην κοπή των μετάλλων η μία από τις ολισθαίνουσες επιφάνειες Α και Β μπορεί να αντιστοιχισθεί με την προς το εργαλείο πλευρά του αποβλίτου (ή με την ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου) και η άλλη με την επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου (ή με τη νεοσχηματιζόμενη επιφάνεια του κομματιού). Λόγω των συνθηκών που επικρατούν κατά την κοπή (ψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες) και σε χαμηλές σχετικά ταχύτητες, το υγρό κοπής (αν βέβαια είναι κατάλληλο κατά

περίπτωση) δρα έτσι, ώστε να λαμβάνει χώρα συνοριακή τριβή και μάλιστα με σχηματισμό στερεού συνοριακού στρώματος, όπως αναπτύξαμε στην προηγούμενη παράγραφο.

Η ελάττωση στο συντελεστή τριβής, που επιτυγχάνομε με χρήση του κατάλληλου κάθε φορά υγρού κοπής, έχει τις ακόλουθες συνέπειες (σχ. 2.5β):



**Σχ. 2.5β.**

Οι διάφορες δράσεις των υγρών κοπής.

α) Αύξηση στη γωνία διατμήσεως [παράγρ. 2.1.4] με τις γνωστές ευεργετικές επιπτώσεις στην κοπή, δηλαδή ελάττωση στις δυνάμεις κοπής και στην παραγόμενη θερμότητα, άρα και στις θερμοκρασίες που τοπικά αναπτύσσονται.

β) Μείωση στη φθορά του κοπικού εργαλείου ως επακόλουθο της μειώσεως των θερμοκρασιών [(α) παραπάνω] και

γ) καλλιτέρευση στην τραχύτητα επιφάνειας του κομματιού μέσω περιορισμού (ή και εξαφανίσεως ακόμα) της ψευδόκοψης [παράγρ. 2.1.2 (B)].

Η λιπαντική δράση του υγρού κοπής, όπως την έχομε περιγράψει, είναι έντονη στις χαμηλές ταχύτητες κοπής και εξασθενίζει όσο η ταχύτητα κοπής μεγαλώνει μέχρι να εξαφανισθεί εντελώς στις ψηλές ταχύτητες κοπής.

Τη συμπεριφορά αυτή του υγρού κοπής στις ψηλές ταχύτητες κοπής μπορούμε να την αποδώσουμε: Από το ένα μέρος στο μειωμένο χρόνο που δίνεται για την αντίδραση προς σχηματισμό της χημικής ενώσεως, όπως και για την απαγωγή του μεγαλύτερου ποσού θερμότητας που παράγεται στις ψηλότερες ταχύτητες και από το άλλο στους περιορισμούς για τη διείσδυση του υγρού κοπής, τους οποίους αντιτάσσει το αντίθετα κινούμενο με μεγάλη ταχύτητα απόβλιτο.

#### **Γ. Το υγρό κοπής ως ψυκτικό.**

Η ψυκτική δράση ενός υγρού κοπής χαρακτηρίζεται από την ικανότητα που αυ-

το έχει να αφαιρεί θερμότητα από την περιοχή κοπής. Εδώ παίζουν σημαντικό ρόλο οι θερμικές ιδιότητες του υγρού κοπής. Έτσι, μεγάλη ειδική θερμότητα και λανθάνουσα θερμότητα ατμοποιήσεως, όπως και ψηλός συντελέστης θερμικής αγωγιμότητας του υγρού κοπής συντελουν στην επίτευξη ικανοποιητικού ρυθμού αφαιρέσεως θερμότητας: επίσης η παροχή (όγκος στη μονάδα του χρόνου) του υγρού κοπής, όπως και οι συνθήκες μεταδόσεως θερμότητας συντελούν σημαντικά.

Με την ψυκτική επενέργεια του υγρού κοπής επιτυγχάνεται κυρίως πτώση της θερμοκρασίας στο κοπτικό εργαλείο με αποτέλεσμα σημαντικότατη αύξηση στη ζωή του (σχ. 2.5β): επί πλέον περιορίζονται παραμορφώσεις και στρεβλώσεις στο κατεργαζόμενο κομμάτι.

Τα υγρά κοπής ως ψυκτικά χρησιμοποιούνται συνήθως σε σχετικά ψηλές ταχύτητες κοπής, ενώ σε πολύ ψηλές ταχύτητες κοπής περιορίζεται σημαντικά η ψυκτική τους δράση.

### **2.5.3 Είδη υγρών κοπής.**

#### **A. Γενικά.**

Είναι αδύνατο το ίδιο υγρό κοπής να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί συγχρόνως τόσο ως λιπαντικό, όσο και ως ψυκτικό. Και αυτό γιατί, όπως έχομε εξηγήσει, το υγρό κοπής θα πρέπει να έχει ορισμένες για κάθε δράση του (λιπαντική ή ψυκτική) χαρακτηριστικές ιδιότητες. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι το νερό είναι το καλύτερο ψυκτικό από τα γνωστά μας, ενώ στερείται ολωσδιόλου από λιπαντικές ιδιότητες. Από το άλλο μέρος το λάδι έχει σημαντική λιπαντική ικανότητα, ενώ η ψυκτική του ικανότητα παρουσιάζεται σχετικά μειωμένη. Έτσι καταλήγομε σε δυο βασικές κατηγορίες υγρών κοπής: **Στα λάδια κοπής και στα υδατικά υγρά κοπής.**

Πιο συγκεκριμένα, τα υγρά κοπής τα κατατάσσουμε ως ακολούθως:

a) **Λάδια κοπής [παράγρ. 2.5.3 (Β)].**

— Χημικώς μη ενεργά ή απλά λάδια κοπής.

— Χημικώς ενεργά ή λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πιέσεως.

b) **Υδατικά υγρά κοπής [παράγρ. 2.5.3 (Γ)].**

— Γαλακτώματα.

— Υδατικά διαλύματα.

Παρακάτω θα μιλήσουμε πολύ συνοπτικά όμως, για τα είδη των υγρών κοπής.

#### **B. Λάδια κοπής.**

##### **1. Χημικώς μη ενεργά ή απλά λάδια κοπής.**

a) **Λιπαρά λάδια.** Περιέχουν ασυμμετρικά πολικά μόρια μακριάς αλυσίδας και προσκολλούνται επάνω στις μεταλλικές επιφάνειες με φυσική ή χημική προστρόφηση [παράγρ. 2.5.2 (Α)]. Ως τέτοια αναφέρομε το λάδι από χοίρειο λίπος, το βαμβακέλαιο, το κραμβέλαιο κ.α. Οξειδώνονται εύκολα και σχηματίζουν διαβρωτικά οξέα. Είναι αρκετά ακριβά και πλεονεκτούν σε σύγκριση με τα ορυκτέλαια.

β) **Ορυκτέλαια.** Χρησιμοποιούνται συνήθως λεπτόρρευστα ορυκτέλαια. Είναι κατάλληλα για πολύ ελαφρές κατεργασίες.

γ) **Μίγματα από ορυκτέλαια και λιπαρά λάδια.** Παρασκευάζονται με ανάμιξη. Προσθήκη 10% ως 30% λιπαρού λαδιού (κυρίως λαδιού από χοίρειο λίπος) σε ορυκτέλαιο μας δίνει υγρό κοπής που συναγωνίζεται τα αμιγή λιπαρά λάδια.

## **2. Χημικώς ενεργά ή λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πέσεως.**

Τα απλά λάδια κοπής, τα οποία μόλις αναφέραμε, αν και έχουν καλές λιπαντικές ιδιότητες, εντούτοις δεν μπορούν να αντέξουν κάτω από τις γνωστές μας δυσμενείς συνθήκες θερμοκρασίας και πιέσεως που συναντούμε σε πολλές περιπτώσεις κοπής.

Η αδυναμία αυτή των απλών λαδιών κοπής οδήγησε στην ανάπτυξη των χημικώς ενεργών λαδιών κοπής. Είναι ορυκτέλαια που περιέχουν ειδικά **πρόσθετα ψηλής πέσεως**. Πέρα όμως από αυτά είναι δυνατή η προσθήκη και άλλων ουσιών (π.χ. λιπαρού λαδιού), για να προσδώσουν στο υγρό κοπής άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες. Τα πρόσθετα ψηλής πιέσεως περιέχουν κυρίως θείο, ή χλώριο ή φωσφόρο σπανιότερα.

Τα στοιχεία αυτά σχηματίζουν με τις τριβόμενες μεταλλικές επιφάνειες επί τόπου, όπως αναπτύξαμε στην παράγραφο 2.5.2 (Α), αντίστοιχα θειούχες, χλωριούχες ή φωσφορούχες χημικές ενώσεις.

Με βάση το είδος του προσθέτου διακρίνομε τα λάδια κοπής ψηλής πιέσεως σε **θειωμένα, χλωριωμένα ή θειοχλωριωμένα**. Τα θειωμένα και θειοχλωριωμένα λάδια κοπής χρησιμοποιούνται ευρύτερα, ενώ τα τελευταία είναι τα πιο ισχυρά.

### **Γ. Υδατικά υγρά κοπής.**

**1. Γαλακτώματα.** Για το σχηματισμό του **γαλακτώματος** προσθέτομε σε ορισμένη αναλογία στο νερό ένα **διαλυτό λάδι**, όπως το ονομάζομε. Το διαλυτό λάδι αποτελείται συνήθως από **ορυκτέλαιο**, από κατάλληλο **παράγοντα γαλακτοματοποίησεως** και από **μία αντισκωριωτική ουσία**. Ο παράγοντας γαλακτοματοποίησεως προκαλεί τον λεπτότατο καταμερισμό του λαδιού στο νερό για να παραχθεί το γαλάκτωμα (χαρακτηρίζεται ως κολλοειδές αιώρημα). Τα γαλακτώματα είναι δυνατό να δεχθούν και πρόσθετα ψηλής πιέσεως. Βρίσκουν ευρύτατη χρήση στις κατεργασίες κοπής (στις 70% περίπου των περιπτώσεων), γιατί συνδυάζουν την ασυναγώνιστη ψυκτική ικανότητα του νερού απαλλαγμένου από το βασικό του μειονέκτημα (δηλαδή την οξειδωτική του δράση) μαζί με κάποια μικρή λιπαντική ικανότητα.

Η εκατοστιαία αναλογία του διαλυτού λαδιού που προστίθεται στο νερό για το σχηματισμό του γαλακτώματος κυμαίνεται ανάλογα με τη βιομηχανική χρήση του τελευταίου (1% μέχρι περίπου 10%).

**2. Υδατικά διαλύματα.** Είναι διαλύματα ανοργάνων αλάτων σε νερό. Τυπικό και συνηθισμένο υδατικό διάλυμα είναι εκείνο που περιέχει 1% ανθρακικού νατρίου (σόδας). Παρασκευάζομε επίσης υδατικά διαλύματα βρόκα ή τριφωσφορικού νατρίου. Είναι εξαίρετα από ψυκτική άποψη και προφυλάσσουν το κατεργαζόμενο κομμάτι και την εργαλειομηχανή από την οξείδωση.

Οι τυπικοί σύγχρονοι υδατικοί διάλυμα αναφέρομε εκείνο με νιτρώδες νάτριο και προσθήκη τριεθανολαμίνης.

#### **2.5.4 Βιομηχανικές χρήσεις των υγρών κοπής.**

##### **A. Εκλογή του κατάλληλου υγρού κοπής.**

Από όσα μέχρι τώρα έχομε αναπτύξει σχετικά με τις δράσεις και τα είδη των υ-

γρών κοπής, μπορούμε να διατυπώσουμε τον ακόλουθο γενικό κανόνα, χρήσιμο για την εκλογή του κατάλληλου υγρού κοπής στις διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές:

«Τα λάδια κοπής (απλά ή με πρόσθετα ψηλής πιέσεως) ασκούν κυρίως λιπαντική δράση σε χαμηλές σχετικά ταχύτητες κοπής (κάτω από 30 mm/min). Τα απλά λάδια χρησιμοποιούνται σε ελαφρές κατεργασίες (θα μιλήσουμε παρακάτω για το βαθμό δυσκολίας ή ευκολίας εκτελέσεως των κατεργασιών κοπής), ενώ τα λάδια με πρόσθετα ψηλής πιέσεως βρίσκουν εφαρμογές σε βαριές κατεργασίες. Επίσης με εφαρμογή των λαδιών κοπής επιτυγχάνουμε βελτίωση της τραχύτητας επιφάνειας των κομματιών. Σε ψηλότερες ταχύτητες κοπής ενδέκινυται η χρησιμοποίηση υδατικών υγρών κοπής (γαλακτώματα ή υδατικές διαλύσεις), που επενεργούν βασικά ως ψυκτικό».

Συμπληρώνοντας το σοβαρό πρόβλημα της εκλογής του κατά περίπτωση κατάλληλου υγρού κοπής, δίνομε και τις ακόλουθες χρήσιμες πληροφορίες:

Στις διάφορες εργασίες μας στο μηχανουργείο εκλέγομε το υγρό κοπής με βάση:

- a) Το είδος της κατεργασίας (τόρνευση, τρυπάνισμα, γλύφανση, σπειροτόμηση κ.α.).
- β) Το αν η κατεργασία είναι εκχόνδριση ή αποπεράτωση.
- γ) Το υλικό του κομματιού που κατεργαζόμαστε και
- δ) το υλικό του κοπτικού εργαλείου.

Οι ποικίλες κατεργασίες κοπής, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο γίνεται κάθε μια, δύναμη στο Πρώτο Κεφάλαιο, παρουσιάζουν διαφορετικό **βαθμό δυσκολίας** κατά την εκτέλεσή τους. Η σπειροτόμηση [σχ. 1.3β (a) (4) π.χ. εκτελείται πιο δύσκολα από την τόρνευση. Και αυτό, γιατί το εργαλείο της πρώτης (σπειροτόμος) έχει πολλά δόντια σε επαφή με το κομμάτι, η τριβή είναι ισχυρή και επιτείνεται ακόμα με την προσδευτική φθορά του σπειροτόμου. Η θερμότητα που παράγεται είναι μεγάλη και οι θερμοκρασίες ψηλές και αν δε χρησιμοποιηθεί κατάλληλο υγρό κοπής (λάδι κοπής με πρόσθετο ψηλής πιέσεως στην περίπτωση αυτή), το εργαλείο θα φθαρεί πολύ γρήγορα και η κατεργασία θα είναι αντιοκονομική. Έτσι, με κριτήριο τη δυσκολία εκτελέσεώς της, μπορούμε να κατατάξουμε τις συνηθισμένες κατεργασίες κοπής κατά τέτοια τάξη που να **περιορίζονται οι απαιτήσεις για τις λιπαντικές ικανότητες του υγρού κοπής**, που θα χρησιμοποιήσουμε ως εξής: αυλάκωση [παράγρ. 5.3 (Δ)], σπειροτόμηση, κοπή οδοντώσεων, γλύφανση [σχ. 5.3β (a) (2)], τρυπάνισμα [παράγρ. 5.3 (β)], φραιζάρισμα [παράγρ. 5.3(E)], πλάνισμα [παράγρ. 5.3 (Γ) MT.EI], τόρνευση και πριόνισμα.

Η κατεργαστικότητα [παράγρ. 2.4.3 (Γ) (4)] του υλικού του κατεργαζόμενου κομματιού είναι αποτελεσματικός παράγοντας στην εκλογή του λιπαντικού. Όσο πιο δυσκατέργαστο έχει το υλικό, τόσο πιο δύσκολη γίνεται η κοπή και συνεπώς το υγρό κοπής που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να έχει μεγαλύτερη λιπαντική ικανότητα.

Σχετικά με την εξάρτηση της εκλογής ενός υγρού κοπής από το υλικό του κοπτικού εργαλείου, μπορούμε χονδρικά να κάμορε τις ακόλουθες συστάσεις:

α) Με ανθρακούχους χάλυβες και χαλυβοκράματα (εκτός από ταχυχάλυβες) εργαλείων χρησιμοποιούμε συνήθως υδατικά υγρά κοπής (γαλακτώματα ή υδατικά διαλύματα).

β) Με ταχυχάλυβες μεταχειριζόμαστε είτε λάδια κοπής (χημικώς μη ενεργά ή χημικώς ενεργά) είτε υδατικά υγρά κοπής ανάλογα με το είδος της κατεργασίας και το υλικό του κομματιού.

γ) Με χυτευτικά κράματα εφαρμόζομε συνήθως λάδια κοπής και

δ) με σκληρομέταλλα ή κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια μεταχειριζόμαστε γαλακτώματα για ψυκτική μόνο δράση λόγω των ψηλών ταχυτήτων κοπής, στις οποίες κάνομε τις σχετικές κατεργασίες.

Περισσότερες πληροφορίες για την εκλογή του υγρού κοπής θα δώσουμε ξεχωριστά στην κάθε κατεργασία κοπής, με την οποία θα ασχοληθούμε.

## B. Οδηγίες χρήσεως των υγρών κοπής.

1) Το υγρό κοπής πρέπει να προσάγεται στην περιοχή κοπής **χωρίς διακοπή, στην απαιτούμενη παροχή** (όγκος υγρού στη μονάδα του χρόνου) και κατά προτίμηση με **μέτρια ταχύτητα ροής**. Η παροχή του υγρού κοπής καλό θα είναι να μην είναι μικρότερη από 4 ως 5 λίτρα στο πρώτο λεπτό και ανά κύρια κόψη του εργαλείου.

2) Βασική προϋπόθεση για μακριά ζωή του υγρού κοπής είναι η διατήρηση **σχολαστικής καθαριότητας** στο όλο σύστημα παροχής του. Είναι ανάγκη να διατηρείται καθαρό και το υγρό κοπής που κυκλοφορεί σε αυτό από λάδια που μπορούν να διοχετευθούν από κιβώτια ταχυτήτων ή από υγρά υδραυλικών συστημάτων ή από άλλα ξένα σώματα. Ιδιαίτερα τα υδατικά υγρά κοπής **παρουσιάζονται πιο ευαίσθητα στη μόλυνση** από ξένα σώματα.

3) Με το φιλτράρισμα του υγρού κοπής όχι μόνο επιτυγχάνεται επιμήκυνση στη ζωή του υγρού, αλλά και σοβαρή βελτίωση στη ζωή του κοπτικού εργαλείου και στην τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας με κατακράτηση μικρών γρεζιών, τεμαχιδίων από λειαντικούς τροχούς κ.α. Επίσης προλαμβάνεται και φθορά σε κινούμενα μέρη του συστήματος κυκλοφορίας του υγρού κοπής, όπως είναι η αντλία τροφοδοτήσεως.

4) Για να αποφύγομε ανάπτυξη βακτηριδίων κυρίως στα υδατικά υγρά κοπής (στα λάδια κοπής τα βακτηρίδια σπανίζουν, γιατί χρειάζονται νερό για να αναπτυχθούν), θα πρέπει να καθαρίζομε και να αερίζομε καλά το σύστημα κυκλοφορίας του υγρού κοπής, πέρα από αντιβακτηριακές ουσίες που προσθέτομε.

5) Για περιορισμό του κινδύνου δερματίδας, είναι απαραίτητο ο τεχνίτης να φορά προστατευτικά ρούχα (ποτέ εμποτισμένα με υγρό κοπής) και η εργαλειομηχανή να είναι εφοδιασμένη με προφυλακτήρες (όπου αυτό είναι δυνατό) έτσι, ώστε να μην εκτινάζεται υγρό κοπής κατά την εργασία· ακόμα ο τεχνίτης οφείλει να πλένει τα χέρια του συχνά και όλο το σώμα του μετά την εργασία.

6) Ο καλύτερος τρόπος για την παρασκευή ενός γαλακτώματος ή ενός υδατικού διαλύματος είναι να προσθέτουμε τα αναγκαία συστατικά στο νερό αναταράζοντας το σταθερά και όχι αντίστροφα, δηλαδή το νερό σε αυτά.

7) Το νερό που μεταχειριζόμαστε στα γαλακτώματα δεν πρέπει να είναι σκληρό. Αποσκλήρυνση του νερού μπορεί να γίνει με προσθήκη σε αυτό σόδας σε αναλογία 90 γραμμαρίων περίπου ανά 5 λίτρα.

8) Τα υγρά κοπής αποθηκεύονται σε εσωτερικό χώρο και σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από το μηδέν και μέχρι 20° C περίπου.

#### **2.5.5 Ερωτήσεις.**

1. Να αναφέρετε τις δύο βασικές δράσεις των υγρών κοπής.
2. Να παραθέσετε τέσσερες αφέλειες από αυτές που μας παρέχει η χρήση υγρών κοπής.
3. Να δώσετε δύο παρενέργειες των υγρών κοπής.
4. Να περιγράψετε σύντομα το μηχανισμό των ξηράς τριβής δύο μεταλλικών επιφανειών.
5. Τι είναι **συνοριακή τριβή**;
6. Τι συμβαίνει στη συνοριακή τριβή, όταν το υγρό κοπής περιέχει πρόσθετα ψηλής πιέσεως;
7. Πότε η λιπαντική δράση ενός υγρού κοπής είναι πιο έντονη;
8. Να εξηγήσετε πως καλλιτερεύει η τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας σε σχετικά χαμηλές ταχύτητες κοπής με χρησιμοποίηση κατάλληλου υγρού κοπής.
9. Ποια είναι η κύρια επίπτωση της δράσεως ενός υγρού κοπής ως ψυκτικού;
10. Τι είναι **γαλάκτωμα**; Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται;
11. Να μνημονεύσετε δύο κατεργασίες, στις οποίες χρησιμοποιούμε λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πιέσεως, όπως και δύο ακόμα κατεργασίες όπου μεταχειρίζομαστε γαλάκτωμα. Να εξηγήσετε τους λόγους αυτής της επιλογής υγρού κοπής.
12. Τι υγρό κοπής χρησιμοποιούμε, όταν κάνομε κατεργασίες με σκληρομέταλλα και γιατί;
13. Ποιος είναι ο ρόλος που παίζει το φιλτράρισμα του υγρού κοπής κατά τη χρήση του;
14. Ποια προστατευτικά μέτρα παίρνει ο τεχνίτης για να αποφύγει δυσάρεστες επενέργειες του υγρού κοπής;

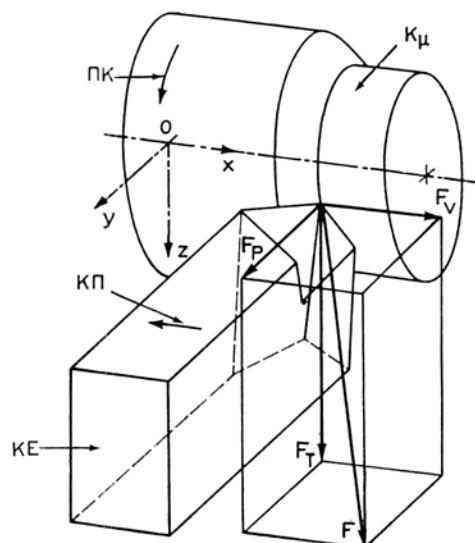
#### **2.6 Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής.**

##### **2.6.1 Γενικά.**

Είδαμε στην παράγραφο 2.1.3 και στο σχήμα 2.1ια το σύστημα των δυνάμεων στην ορθογωνική κοπή. Στη λοξή κοπή η δύναμη κοπής αναλύεται σε τρεις συνιστώσες κατά μήκος τριών αξόνων κάθετων ανάμεσά τους (Ox, Oy, Oz). Στο σχήμα 2.6α εικονίζεται μια τέτοια ανάλυση της δυνάμεως κοπής για τη διαμήκη εξωτερική τόρνευση [σχ. 2.3α(α)(1)].

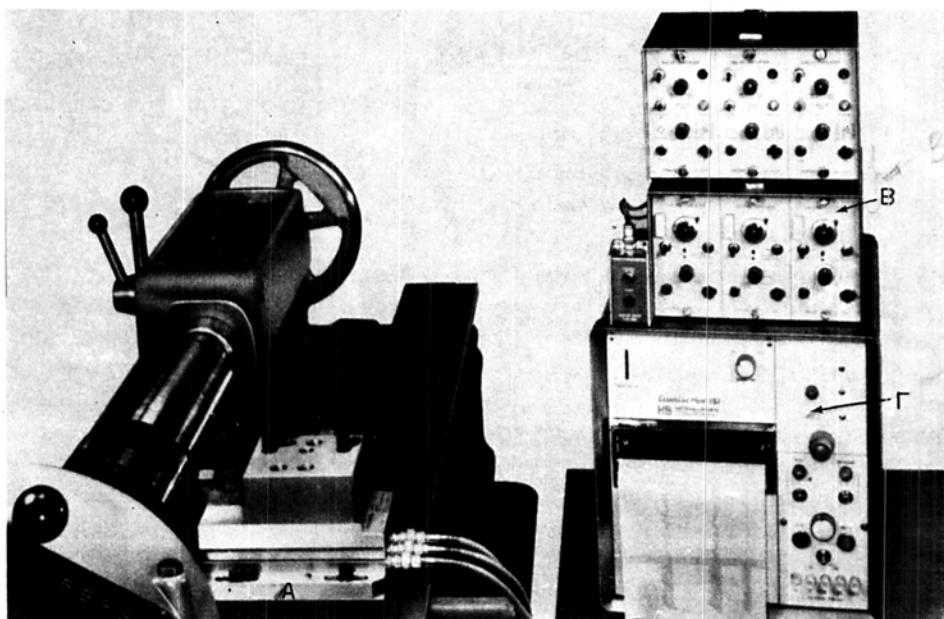
Η γνώση των δυνάμεων κοπής παρουσιάζει ενδιαφέρον τοσο στους κατασκευαστές εργαλειομηχανών για τη σχεδίαση γενικά κάθε εργαλειομηχανής, όσο και στους χρήστες για την εκμετάλλευσή της. Τους τελευταίους ενδιαφέρει ιδιαίτερα η γνώση της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής ( $F$ , στην ορθογωνική κοπή, σχ. 2.1ια ή  $F_T$  στην τόρνευση, σχ. 2.6α) για τον προσδιορισμό της ισχύος κοπής και από αυτή για την εκλογή της κατάλληλης εργαλειομηχανής ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας.

Και οι τρεις (ή οι δύο για την ορθογωνική κοπή) συνιστώσες της δυνάμεως κοπής μπορούν να μετρηθούν εύκολα και με ικανοποιητική ακρίβεια με τη βοήθεια **δυναμομέτρων κοπής**, τα οποία παράγονται τώρα σε βιομηχανική κλίμακα και κυκλοφορούν στο εμπόριο. Στο σχήμα 2.6β εικονίζεται ένα σύγχρονο δυναμόμετρο για τη μέτρηση των τριών συνιστωσών της δυνάμεως κοπής στην τόρνευση. Τα δυναμόμετρα αυτά βασίζονται στη μέτρηση (άμεσα με μηκυνσιόμετρα ή έμμεσα με ηλεκτρομηκυνσιόμετρα ή με κρυστάλλους χαλαζία) κάποιων (ή κάποιας) παραμορφώσεων ή μετατοπίσεων που προκαλούνται από την αναπτυσσόμενη δύναμη κοπής σε ορισμένες θέσεις του δυναμομέτρου.



Σχ. 2.6α.

Οι τρεις συνιστώσες της δυνάμεως κοπής  $F$  στην τόρνευση.  $F_T$ : κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής (περίπου 0,65  $F$ ).  $F_v$ : Δύναμη προώσεως (περίπου 0,25  $F$ ).  $F_P$ : Δύναμη απωθήσεως του εργαλείου (περίπου 0,10  $F$ ). (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως,  $K_\mu$  κομμάτι, ΚΕ κοπικό εργαλείο).



Σχ. 2.6β.

Ένα σύγχρονο δυναμόμετρο τορνεύσεως, με το οποίο μετρούμε και τις τρεις συνιστώσες της δυνάμεως κοπής (σχ. 1.6α). (Α κυρίως δυναμόμετρο, Β ηλεκτρονικό σύστημα ενισχύσεως, Γ καταγραφικό τριών διαύλων).

## 2.6.2 Υπολογισμός της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής και της ισχύος κοπής από την ειδική αντίσταση κοπής.

Παρακάτω δίνομε ένα απλό σχετικά τρόπο για τον υπολογισμό της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής και από αυτή και της ισχύος κοπής με βάση τη λεγόμενη **ειδική αντίσταση κοπής**. Ο τρόπος αυτός υπολογισμού αναφέρεται στην ορθογωνική κοπή, μπορεί όμως εύκολα να επεκταθεί και στις διάφορες κατεργασίες κοπής, που θα μελετήσουμε, πράγμα που θα γίνεται για κάθε μία χωριστά.

Η ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$  σε kp/mm<sup>2</sup> δίνεται από τη σχέση:

$$k_s = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_1}{b_1 t_1} \quad (2.5)$$

όπου  $F_1$  σε kp είναι η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής και  $A_1$  σε mm<sup>2</sup> η θεωρητική διατομή του αποβλίτου.

Με βάση πολλά πειράματα που έχουν γίνει έχει διαπιστωθεί ότι η ειδική αντίσταση κοπής (για σταθερούς τους λοιπούς παράγοντες της κοπής) εξαρτάται σημαντικά από το θεωρητικό πάχος  $t_1$  του αποβλίτου και μάλιστα έτσι, ώστε **όσο το πάχος του αποβλίτου μεγαλώνει τόσο η ειδική αντίσταση μικραίνει**.

Η ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$  σε συνάρτηση με το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου  $t_1$  δίνεται από τη σχέση:

$$k_s = k_1 \cdot t_1^{-z} \quad (2.6)$$

Στον τύπο αυτό η σταθερά  $k_1$  (είναι η ειδική αντίσταση κοπής για  $t_1 = 1,0$  mm και  $b_1 = 1,0$  mm, δηλαδή  $A_1 = 1,0$  mm<sup>2</sup>) και ο εκθέτης  $z$  είναι χαρακτηριστικές του υλικού του κατεργαζόμενου κομματιού και έχουν υπολογισθεί πειραματικά (Πίνακας 2.6.1) για μιά σειρά από τυπικά τέτοια υλικά και για τους αναφερόμενους στον πίνακα παράγοντες κοπής.

Η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$F_1 = A_1 \cdot k_s = b_1 \cdot t_1 \cdot k_s \quad (2.7)$$

ή αν λάβομε υπόψη τη σχέση (1.6):

$$F_1 = b_1 \cdot t_1 \cdot k_1 \cdot t_1^{-z} = b_1 \cdot k_1 \cdot t_1^{1-z} \quad (2.8)$$

Με σταθερούς τους λοιπούς παράγοντες της κοπής, η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής μεγαλώνει εν γένει με αύξηση του θεωρητικού πάχους  $t_1$ , του πλάτους  $b_1$  ή της διατομής  $A_1$ , του αποβλίτου και μειώνεται όσο η γωνία αποβλίτου του εργαλείου [παράγρ. 2.1.4] και η ταχύτητα κοπής μεγαλώνουν. Το υγρό κοπής ασκεί ευνοϊκή επίδραση στην κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής στις χαμηλές σχετικά ταχύτητες κοπής [παράγρ. 2.5.2 (β), σχ. 2.5β].

Τώρα από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής  $F_1$  σε kp [σχέση (2.8)] και την ταχύτητα κοπής  $u$  σε m/min είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την ισχύ κοπής  $N_k$  σε PS ή σε kW από τις σχέσεις:

**ΤΙΒΛΑΚΑΣ 2.6.1**

Τιμές της σταθεράς  $k_1$  και του  $(1 - z)$  της σχέσεως (5.8), δηνας και τιμές της ειδικής αντιστάσεως κοπής  $k_S$  για διάφορα αλικά και τιμές του θεωρητικού πάχους αποβλήτου.

	Υλικό κομματιού	$\sigma_B$ [kp/mm <sup>2</sup> ] η BHN*	1 - z	$k_1$ [kp/mm <sup>2</sup> ]	για θεωρητικό πάχος αποβλήτου σε mm						
					0,06	0,1	0,13	0,26	0,4	0,63	1
Si 50 . . . . .	52	0,74	199	420	361	319	283	250	224	199	178
Si 60 . . . . .	62	0,83	211	331	308	283	262	244	227	211	196
Si 70 . . . . .	72	0,70	226	512	450	392	341	299	260	226	198
Ck 45 . . . . .	67	0,86	222	324	304	284	266	250	234	222	209
Ck 60 . . . . .	77	0,82	213	343	315	292	270	249	230	213	196
60 MnCr 5 . . . . .	77	0,74	210	436	383	340	302	266	236	210	188
18 Cr Ni 6 . . . . .	63	0,70	226	514	451	392	341	300	259	226	198
42 Cr Mo 4 . . . . .	73	0,74	250	500	450	400	355	315	280	250	224
34 Cr Mo 4 . . . . .	60	0,79	224	400	361	329	300	275	246	224	205
50 Cr V 4 . . . . .	60	0,74	222	462	410	381	319	282	250	222	199
55 Ni Cr Mo V 6G.	94	0,76	174	347	307	272	239	217	193	174	154
55 Ni Cr Mo V6V.	BHN = 352	0,78	192	367	331	295	266	238	210	192	172
EC Mo 80 . . . . .	59	0,83	229	365	339	313	290	268	247	229	202
Φαιός . . . . .	BHN = 200	0,74	116	236	211	187	166	147	130	116	103
Μαλακτικοποιημένος	36	0,74	127	258	230	205	184	164	144	127	113
Kρατέρια Ορείχαλκος	-	0,83	178	285	263	243	225	208	193	178	164
Xακού κρατήρα οιρώπαι	-	0,82	78	128	118	109	100	92	85	78	72
Xακού κρατήρα χυτο-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

• Σταθερότητα σε βαθμούς Βρίσκεται.

$$N_k = \frac{F_{1,u}}{4500} \text{ [PS]}$$

$$\text{ή} \quad N_k = \frac{F_{1,u}}{6120} \text{ [kW]} \quad (2.9)$$

Επειδή οι τιμές της σταθεράς  $k_1$  και του εκθέτη  $z$  (και οι τιμές της ειδικής αντιστάσεως κοπής  $k_s$  για ορισμένες τιμές του θεωρητικού πάχους του αποβλίτου  $t_1$  του Πίνακα (2.6.1) έχουν προσδιορισθεί (και ισχύουν), για δοσμένη περιοχή ταχυτήτων κοπής και γεωμετρική μορφή και υλικό του κοπτικού εργαλείου και χωρίς υγρό κοπής μας είναι δυνατό να επιφέρομε διορθώσεις στη συνιστώσα  $F_1$  [σχέση (2.7) ή (2.8)], εισάγοντες κατάλληλους συντελεστές διορθώσεως, ως εξής:

$$F_{1,\delta} = (K_u \cdot K_y \cdot K_e \cdot K_\phi) \cdot F_1 \quad (2.10)$$

όπου  $F_{1,\delta}$  σε kp είναι η διορθωμένη τιμή της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής  $F_1$  και:

$K_u$ : συντελεστής διορθώσεως λόγω ταχύτητας κοπής.

$K_y$ : συντελεστής διορθώσεως λόγω γωνίας αποβλίτου.

$K_e$ : συντελεστής διορθώσεως λόγω υλικού κοπτικού εργαλείου.

$K_\phi$ : συντελεστής διορθώσεως λόγω φθοράς του εργαλείου.

Σχετικά με τι τιμές παίρνουν οι συντελεστές αυτοί διορθώσεως της συνιστώσας  $F_1$ , προσθέτομε τα ακόλουθα:

Ο συντελεστής διορθώσεως  $K_u$  υπολογίζεται από την καμπύλη του σχήματος 2.6γ συναρτήσει της ταχύτητας κοπής.

Ο συντελεστής διορθώσεως  $K_y$  προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$K_y = 1 - \frac{\gamma - \gamma_0}{66,7} \quad (2.11)$$

όπου  $\gamma_0 = 6^\circ$  για χάλυβες και  $\gamma_0 = 2^\circ$  για χυτοσιδήρους.

Ο συντελεστής  $K_e$  για εργαλεία από σκληρομέταλλα και ταχυχάλυβες παίρνει ως τιμή τη μονάδα, ενώ για εργαλεία από κεραμευτικά πυριμάχων οξειδίων λαμβάνει τιμές  $K_e = 0,90$  ως  $0,95$ .

Τέλος, ο συντελεστής διορθώσεως λόγω φθοράς του εργαλείου  $K_\phi$  κυμαίνεται από 1,3 μέχρι 1,5 ανάλογα με το κριτήριο αστοχίας του εργαλείου που χρησιμοποιούμε [παράγρ. 2.4.3]. Αν π.χ. εφαρμόζομε ως κριτήριο αστοχίας τη στόμωση της κόψης του εργαλείου μπορούμε να εκλέγομε  $K_\phi = 1,5$ , ενώ αν πάρομε ως κριτήριο αστοχίας κάποια καθορισμένη τιμή στο πλάτος φθοράς είναι δυνατό να λάβομε μικρότερη τιμή για το συντελεστή  $K_\phi$ .

Με βάση τη διορθωμένη τιμή της κύριας συνιστώσας της δυναμέως κοπής  $F_{1,\delta}$  μας είναι δυνατός και ο υπολογισμός διορθωμένης τιμής για την ισχύ κοπής  $N_{k,\delta}$  από τη σχέση (2.9) με απλή αντικατάσταση του  $F_1$  από το  $F_{1,\delta}$ .

Η ισχύς του κύριου ηλεκτροκινητήρα της εργαλειομηχανής  $N_0$  (η ισχύς αυτή είναι η λεγόμενη **ονομαστική ισχύς** κάθε εργαλειομηχανής) βρίσκεται, αν η ισχύς κοπής (διορθωμένη ή όχι κατά περίπτωση) διαιρεθεί με το συνολικό μηχανικό βαθ-

μό αποδόσεως της εργαλειομηχανής η, δηλαδή:

$$N_0 = \frac{N_k (\text{ή } N_{kd})}{\eta} \quad (2.12)$$

Τις κατά προσέγγιση τιμές που παίρνει ο συνολικός μηχανικός βαθμός αποδόσεως θα τις δώσουμε για κάθε είδος εργαλειομηχανής ξεχωριστά στη σχετική παράγραφο.

### Παράδειγμα.

Ας πούμε ότι πρόκειται να κατεργασθούμε με ορθογωνική κοπή [σχ. 2.1α (γ)] το άκρο ενός σωλήνα από ανθρακούχο χάλυβα Ck45 με εργαλείο από ταχυχάλυβα, χωρίς υγρό κοπής και με ταχύτητα κοπής  $u = 40 \text{ m/min}$ . Το κοπτικό εργαλείο έχει γωνία αποβλίτου  $\gamma = 14^\circ$  και η κοπή θα γίνει σε θεωρητικό πάχος αποβλίτου  $t_1 = 0,2 \text{ mm}$  και πλάτος  $b_1 = 5 \text{ mm}$ . Ζητούμε για την περίπτωση αυτή κοπής να προσδιορισθούν:

- α) Η διορθωμένη κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής  $F_{1\delta}$  και
- β) η διορθωμένη ισχύς κοπής  $N_{kd}$  και από αυτή η ονομαστική ισχύς  $N_0$  του τόρνου, στον οποίο θα εκτελέσουμε την κατεργασία.

Το πρώτο βήμα που κάνομε για τη λύση του προβλήματος αυτού είναι να προσδιορίσουμε την ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$  από το πάχος του αποβλίτου  $t_1$ . Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε με δύο τρόπους. Ο ένας είναι να την πάρομε απευθείας από τον Πίνακα 2.6.1 για χάλυβα Ck45 και για  $t_1 = 0,2 \text{ mm}$ , δηλαδή  $k_s = 278 \text{ kp/mm}^2$ . Ο άλλος τρόπος είναι να την υπολογίσουμε αριθμητικά χρησιμοποιώντας τη σχέση (2.6), αφού λάβομε τις τιμές της σταθεράς  $k_1$  και του  $z$  για το δομένο χάλυβα Ck45 από τον Πίνακα 2.6.1, δηλαδή  $k_1 = 222 \text{ kp/mm}^2$  και  $z = 0,14$ .

Έτσι καταλήγομε στην αριθμητική σχέση:

$$k_s = 222 \times (0,2)^{-0,14}$$

από την οποία, λογαριθμίζοντας την, παίρνομε:

$$\text{λογ } k_s = \text{λογ } 222 - 0,14 \times \text{λογ } (0,2) = 2,3464 - 0,14 \times 1,3010$$

$$\begin{aligned} \text{λογ } k_s &= 2,3464 - 0,14 (-1,000 + 0,3010) = 2,3464 + 0,14 - 0,14 \times 0,3010 = \\ &= 2,3464 + 0,14 - 0,04214 = 2,4443 \end{aligned}$$

και τελικά:  $k_s = 278 \text{ kp/mm}^2$

Το δεύτερο βήμα είναι ο προσδιορισμός της κύριας συνιστώσας, της δυνάμεως κοπής  $F_1$  από την ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$ , την οποία μόλις υπολογίσαμε ίπτηραμε από τον Πίνακα 2.6.1 χρησιμοποιώντας τη σχέση (2.7), δηλαδή:

$$F_1 = 5 \times 0,2 \times 278 = 1,0 \times 278 = 278 \text{ kp}$$

Για να προχωρήσουμε στον υπολογισμό της διορθωμένης τιμής της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής  $F_{1\delta}$  είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός των συντελεστών διορθώσεως  $K_u$ ,  $K_y$ ,  $K_e$  και  $K_\phi$  σύμφωνα με τα στοιχεία που έχομε δώσει. Έτσι βρίσκομε:

$$K_u = 1,15 \text{ για } u = 40 \text{ m/min} \text{ από την καμπύλη του σχήματος 2.6γ.$$

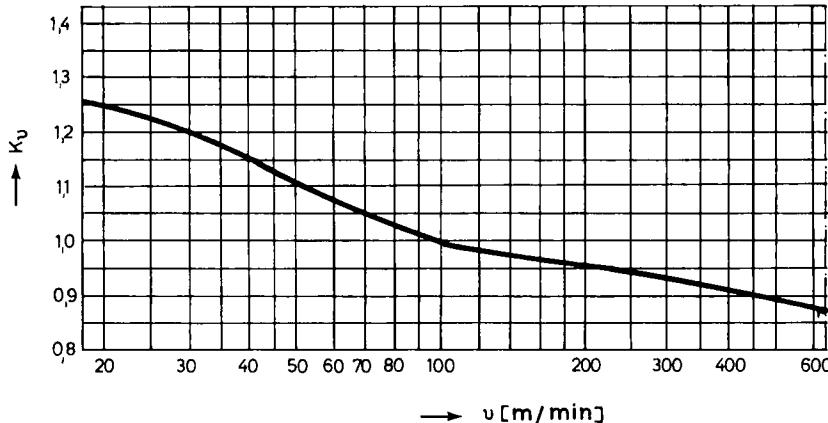
$$K_y = 1 - \frac{14 - 6}{66,7} = 1 - \frac{8}{66,7} = 1 - 0,12 = 0,88 \text{ [σχέση (2.11)]}$$

$K_\epsilon = 1,0$  για εργαλείο από ταχυχάλυβα.

$K_\phi = 1,4$  (το εκλέγομε).

Η διορθωμένη συνεπώς τιμή της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής προκύπτει ως:

$$F_{1\delta} = (1,15 \times 0,88 \times 1,0 \times 1,4) \times F_1 = 1,41 \times F_1 = 1,41 \times 278 = 392 \text{ kp}$$



### Σχ. 2.6γ.

Καμπύλη του συντελεστή διορθώσεως της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής λόγω ταχύτητας κοπής.

Για τη διορθωμένη ισχύ κοπής θα έχομε [σχέση (1.9)]:

$$N_{k\delta} = \frac{F_{1\delta} \cdot u}{4500} = \frac{392 \times 40}{4500} = \frac{15680}{4500} = 3,47 \text{ PS}$$

$$\eta \quad N_{k\delta} = \frac{15680}{6120} = 2,64 \text{ kW}$$

Εκλέγοντας συνολικό μηχανικό βαθμό αποδόσεως του τόρνου  $\eta = 0,70$  υπολογίζομε τελικά την ονομαστική ισχύ του [σχέση (2.12)]:

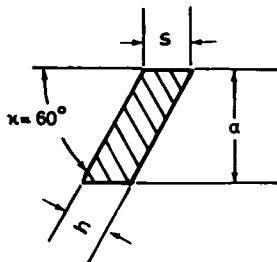
$$N_0 = \frac{3,47}{0,70} = 4,96 \text{ PS} \simeq 5,0 \text{ PS}$$

$$\eta \quad N_o = \frac{2,64}{0,70} = 3,80 \text{ kW}$$

Η πλησιέστερη τυποποιημένη ονομαστική ισχύς για ηλεκτροκινητήρα είναι 5,5 PS ή 4 kW (παράγρ. 2.4.1), την οποία και στο τέλος εκλέγομε.

### 2.6.3 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Τι ονομάζομε **ειδική αντίσταση κοπής**: Από ποιο μέγεθος εξαρτάται βασικά η ειδική αντίσταση κοπής και πώς;
2. Ποιοι παράγοντες κοπής επιδρούν στην κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής και πώς;
3. Με την υπόθεση ότι όλοι οι λοιποί παράγοντες κοπής παραμένουν αμετάβλητοι, πότε καταναλίσκεται λιγότερη ενέργεια στην κοπή: όταν το υλικό αφαιρείται σε χονδρά ή σε λεπτά γρέζια; Να δικαιολογήσετε την απάντηση που θα δώσετε.
4. Πρόκειται να τορνεύσομε με εργαλείο από σκληρομέταλο ( $\gamma = +10^\circ$ ) ένα κομμάτι από χάλυβα St 50 χωρίς υγρό κοπής με ταχύτητα κοπής  $u = 120 \text{ m/min}$ , με βάθος κοπής  $a = 4 \text{ mm}$  και με πρώσωση  $s = 0,4 \text{ mm/str}$ . Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου παίρνει κατά την τόρνευση τη μορφή του σχήματος:



Ζητούμε να προσδιορισθούν:

- a) Η διορθωμένη τιμή της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής και
- β) η διορθωμένη τιμή της ισχύος κοπής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

#### 3.1 Τα κύρια μέρη μίας εργαλειομηχανής κοπής.

Είδαμε στην παράγραφο 1.2, ότι κάθε μία από τις κατεργασίες κοπής εκτελείται σε ειδικά γί' αυτή σχεδιασμένη και συγκροτημένη εργαλειομηχανή. Και για να μπορέσει να ανταποκριθεί μια εργαλειομηχανή στις βασικές της λειτουργίες αποτελείται γενικά από τα ακόλουθα κύρια μέρη (σχ. 3.1):

α) **Τα δομικά της στοιχεία**, δηλαδή το σώμα της (βάση, κλίνη, ορθοστάτης ή κορμός ή στήλη), την κεφαλή, την τράπεζα, τα διάφορα φορεία, τους απαραίτητους ολισθητήρες (ευθυντηρίες ή γλίστρες) στο σώμα της και στα φορεία ή στην τράπεζα, όπως και την κύρια άτρακτο (ή πιο απλά άτρακτο) με τα έδρανά της. Στα σχήματα 1.3α(γ), 1.3β(γ), 1.3γ(β), 1.3δ(β), 1.3στ(β), (δ)κ.α. εικονίζονται σχηματικά τα ποικίλα δομικά στοιχεία των βασικών εργαλειομηχανών κοπής, ενώ στα σχήματα 1.1γ ώς 1.1ια MT-ΕΙ τα βλέπομε σε φωτογραφίες πραγματικών εργαλειομηχανών.

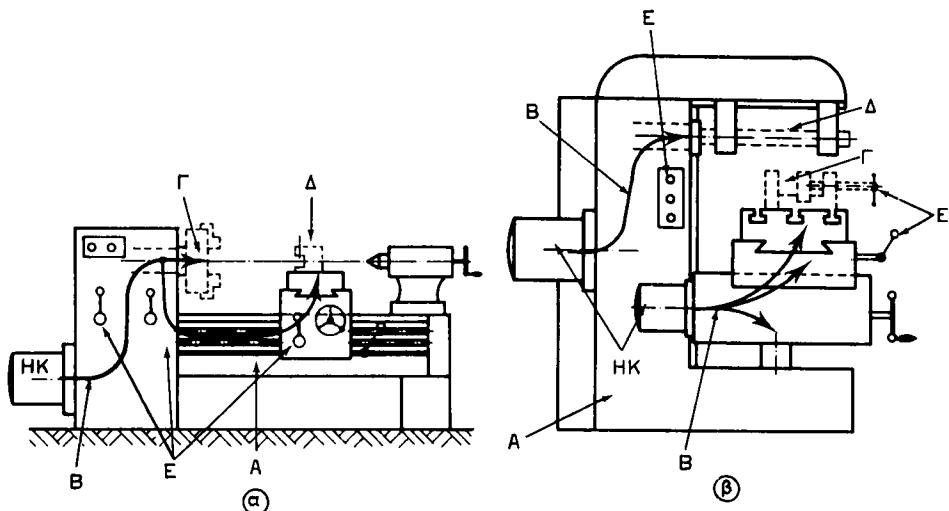
β) **Τα στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως**. Είναι μηχανισμοί που πραγματοποιούν την πρωτεύουσα κίνηση και την κίνηση προώσεως (σχ. 1.2β· της εργαλειομηχανής όπως είναι το κιβώτιο ταχυτήτων και το κιβώτιο προώσεων αντίστοιχα), μηχανισμοί για τη μετατροπή της περιστροφικής κινήσεως σε παλινδρομική, όπως και διατάξεις περιοδικής ή διακοπτόμενης κινήσεως ή μηχανισμοί για την υλοποίηση βοηθητικών κινήσεων. Οι σύγχρονες εργαλειομηχανές παίρνουν συνήθως την κίνησή τους από ξεχωριστό κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 3.4.1) ή από περισσότερους ηλεκτροκινητήρες [π.χ. από δύο, σχ. 3.1 (β)].

γ) **Τα ποικίλα εξαρτήματα, συσκευές και διατάξεις για την πρόσδεση των κοπτικών εργαλείων και των κομματιών και**

δ) **τα στοιχεία ελέγχου** των διαφόρων λειτουργιών της εργαλειομηχανής (κινήσεις βασικές και βοηθητικές, έναρξη και παύση λειτουργίας κλπ.), όπως και τα **στοιχεία προστασίας** από βλάβες και ατυχήματα. Για τον έλεγχο των εργαλειομηχανών κοπής και ιδιαίτερα για τον **ψηφιακό έλεγχό τους** (στο σχ. 1.1ια (α), MT-ΕΙ εικονίζεται φραιζομηχανή με ψηφιακό έλεγχο) που βρίσκει σήμερα ευρύτατες εφαρμογές (έχει εισαχθεί και στη Χώρα μας) θα μιλήσουμε σε ξεχωριστό Κεφάλαιο στον επόμενο τόμο της Μηχανουργικής Τεχνολογίας. Εν τούτοις όμως και στον τόμο αυτό θα συναντήσουμε στοιχεία για τον έλεγχο της μηχανικής (παράγρ. 3.3) και της ηλεκτρικής μεταδόσεως κινήσεως (παράγρ. 3.4.2).

Στο σχήμα 3.1 βλέπομε σχηματικά τα κύρια μέρη ενός τόρνου και μιάς φραιζομηχανής, όπως και τη ροή της κινήσεως στις εργαλειομηχανές αυτές.

Πέρα από τα κύρια αυτά μέρη τους που αναφέραμε, οι εργαλειομηχανές κοπής



Σχ. 3.1.

Τα κύρια μέρη α) Ενός τόρνου. β) Μιας φραιζομηχανής. (ΗΚ ηλεκτροκινητήρας, Α δομικά στοιχεία, Β στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως, Γ συσκευή συγκρατήσεως κομματιών, Δ συσκευή συγκρατήσεως εργαλείων, Ε στοιχεία ελέγχου).

είναι εφοδιασμένες κατά περίπτωση με σύστημα παροχής υγρού κοπής, με σύστημα λιπάνσεως και ακόμα με διάφορα παρελκόμενα και εξαρτήματα.

Από όσα έχουν ειπωθεί μέχρι τώρα, καταλήγομε στη διαπίστωση ότι μια εργαλειομηχανή κοπής είναι ένα περίπλοκο σύστημα, που εκτός από τα μηχανικά του μέρη περιλαμβάνει, όπως θα δούμε στη συνέχεια (παράγρ. 3.4, 3.5) και ηλεκτρικά, υδραυλικά ή πνευματικά μέρη. Και το γεγονός ακόμα ότι στη μηχανουργική πρακτική συναντούμε μεγάλη ποικιλία από είδη εργαλειομηχανών κοπής μας οδηγεί στη σκοπιμότητα του να αναπτύξουμε, με την ενδεδειγμένη για εκπαίδευση μέσης στάθμης συντομία, συστηματικά στις σελίδες που θα ακολουθήσουν, τα πιο βασικά από τα στοιχεία που συγκροτούν μια εργαλειομηχανή κοπής και που παρουσιάζουν ομοιότητες από εργαλειομηχανή σε εργαλειομηχανή. Αυτό από το ένα μέρος θα μας βοηθήσει στο να αντιληφθούμε πιο καλά τις κατεργασίες και τις εργαλειομηχανές κοπής, όπως και τη συγκρότηση των τελευταίων και από το άλλο θα μας απαλλάξει από περιπτές επαναλήψεις κατά τη μελέτη των ιδιαίτερων κατεργασιών κοπής και των συναφών με αυτές εργαλειομηχανών, που θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια.

### 3.2 Τα δομικά στοιχεία μιάς εργαλειομηχανής κοπής.

#### 3.2.1 Το σώμα της εργαλειομηχανής και οι ολισθητήρες (ευθυντηρίες, πρισματόδημοι ή γλίστρες).

##### A. Το σώμα της εργαλειομηχανής.

Είναι το βασικό δομικό στοιχείο της εργαλειομηχανής. Επάνω σε αυτό στηρί-

ζονται σταθερά ή οδηγούνται προς καθορισμένες διευθύνσεις (με τη βοήθεια ολισθητήρων, όπως θα δούμε παρακάτω) τα άλλα κύρια μέρη της. Στην κλίνη Θ του τόρνου π.χ. [σχ. 1.3α(γ)] στηρίζεται η κεφαλή Α και οδηγούνται ο κεντροφορέας Γ και το εργαλειοφορείο Ε· επίσης στη βάση Ε[σχ. 1.3δ(β) μιάς τραπεζοπλάνης οδηγείται η παλινδρομούσα τράπεζα Γ κλπ.

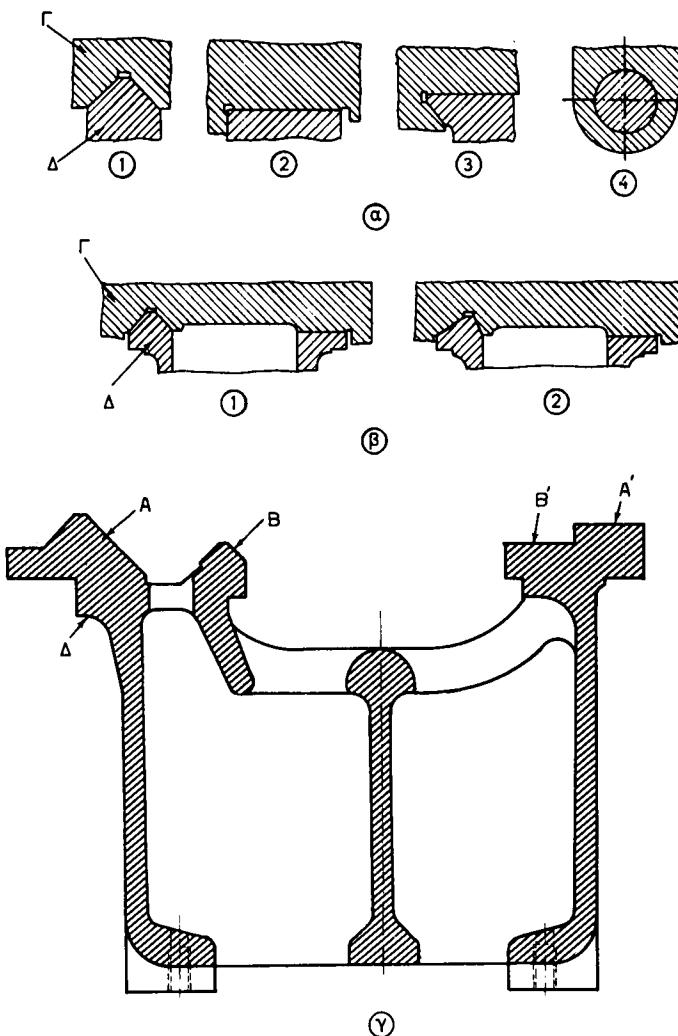
Το σώμα κάθε εργαλειομηχανής υπολογίζεται έτσι, ώστε οι παραμορφώσεις που προκαλούνται στα διάφορα στοιχεία της από τα φορτία που επιβάλλονται να είναι παραδεκτές ανάλογα βέβαια με την ακρίβεια κατασκευής της κάθε εργαλειομηχανής. Ακόμα το σώμα της εργαλειομηχανής θα πρέπει να αποκρίνεται ικανοποιητικά και στις αναπτυσσόμενες κατά την κατεργασία ταλαντώσεις, γι' αυτό και κατασκευάζεται **στιβαρό**.

Το σώμα των συγχρόνων εργαλειομηχανών κατασκευάζεται χυτό, τόσο από **φαιό χυτοσίδηρο** [ο φαιός χυτοσίδηρος παρουσιάζει, όπως γνωρίζομε, σημαντική ικανότητα αποσβέσεως ταλαντώσεων, καλή κατεργαστικότητα και χαμηλό κόστος για κομμάτια σε μεγάλες σχετικά παρτίδες, παράγρ. 3.6(Α), ΜΤ-ΕΙ, όσο και από **χυτοχάλυβα**. Μπορεί όμως το σώμα μιάς εργαλειομηχανής να γίνει και ως **συγκολλητή κατασκευή** από χαλύβδινα ελάσματα και μορφοδοκούς. Ο φαιός χυτοσίδηρος προτιμάται σε εργαλειομηχανές μέσου βάρους, ενώ το σώμα σε βαριές εργαλειομηχανές κατασκευάζεται χυτοχαλύβδινο. Η συγκολλητή κατασκευή (συνήθως από φθηνό ανθρακούχο χάλυβα κατασκευών) σε σώματα εργαλειομηχανών ολοένα και βρίσκει ευρύτερες εφαρμογές, γιατί παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τη χυτή: Περίπου 25% κέρδος στο βάρος, ευκολία επισκευών από φθορές, δυνατότητα χρησιμοποιήσεως διαφόρων ειδών χάλυβα σε συγκεκριμένες θέσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις αντοχής της καθεμιάς, όπως ακόμα και δυνατότητα για τροποποίήσεις στο σώμα της εργαλειομηχανής (στα συγκολλητά σώματα δεν χρησιμοποιούνται καλούπια, καρδίες κ.α., όπως στα χυτά). Μειονεκτεί βέβαια η συγκολλητή κατασκευή σε σύγκριση με το χυτό από φαιό χυτοσίδηρο στην ικανότητα για απόσβεση κραδασμών, ενώ το χυτό συμφέρει σε παραγωγή εργαλειομηχανών εν σειρά.

Η ακρίβεια μιας εργαλειομηχανής είναι δυνατό να μειωθεί σημαντικά με αντικανονική εγκατάσταση. Η αρχική ευθυγράμμιση του σώματος της εργαλειομηχανής και διαφόρων άλλων δομικών της στοιχείων (οριζοντιότητα, κατακορυφότητα, καθετότητα, παραλληλότητα) θα πρέπει να διατηρείται οπωσδήποτε, φυσικά μέσα στα καθορισμένα όρια, και μετά την εγκατάσταση της εργαλειομηχανής.

## B. Οι ολισθητήρες.

Τα μετακινούμενα και σταθερά δομικά στοιχεία μιας εργαλειομηχανής (τράπεζα, φορεία, κεφαλή κ.α.) προσαρμόζονται και οδηγούνται μεταξύ τους έτσι, ώστε να υλοποιείται η προβλεπόμενη από την κινηματική κάθε κατεργασίας σχετική θέση του κοπτικού εργαλείου ως προς το κομμάτι. Η μετακίνηση αυτή των δομικών στοιχείων είναι κατά κανόνα γραμμική, γίνεται πάντοτε προς κάποια καθορισμένη διεύθυνση και με την επιβαλλόμενη κάθε φορά ακρίβεια [π.χ. το εργαλειοφορείο Ε ενός τόρνου στο σχήμα 1.3α(γ) μετακινείται ως προς την κλίνη του τόρνου Λ κατά τη διαμήκη του κατεύθυνση, δηλαδή παράλληλα προς τον άξονα της ατράκτου του] και πραγματοποιείται με τη βοήθεια των **ολισθητήρων (ευθυντηρίες, πρισματοδηγοί ή γλιστρες)**.



Σχ. 3.2α.

α) Διάφορα είδη ολισθητήρων: 1) Μορφής V. 2) Επίπεδος. 3) Μορφής χελιδονοουράς. 4) Κυλινδρικός. β) Συνδυασμός ολισθητήρων μορφής V (1 συμμετρικό, 2 μη συμμετρικό) με επίπεδους ολισθητήρες. γ) Η κλίνη ενός τόρνου με τους ολισθητήρες της. Στους εξωτερικούς ολισθητήρες Α και Α' οδηγείται το εργαλειοφορέο, ενώ στους εσωτερικούς Β και Β' ο κεντροφορέας. (Γ μετατοπιζόμενη δομική μονάδα, Δ σώμα εργαλειομηχανής).

Οι ολισθητήρες δεν είναι τίποτα άλλο παρά γραμμικά έδρανα, των οπίων το ένα μέλος ενσωματώνεται στο σώμα της εργαλειομηχανής [σχ. 3.2α(γ)] και το άλλο στο μετατοπιζόμενο δομικό της στοιχείο. Για ευθύγραμμη μετακίνηση του δομικού στοιχείου, οι ολισθητήρες θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να εμποδίζεται οποιαδήποτε μετακίνηση προς άλλη διεύθυνση πέρα από την καθορισμένη, να αφήνεται δηλαδή στη μετακινούμενη μονάδα **ένας βαθμός ελευθερίας**.

Οι ολισθητήρες στις εργαλειομηχανές οφείλουν να ανταποκρίνονται στις ακόλουθες απαιτήσεις:

α) Να είναι ευθυγραμμισμένοι με την προβλεπόμενη για κάθε περίπτωση ακρίβεια κάτω από τις πιο δυσμενείς συνθήκες φορτίων που επιβάλλονται κατά την εργασία της εργαλειομηχανής. Στη φραίζομηχανή του σχήματος 1.3στ(β) π.χ., ο ολισθητήρας στον οποίο μετακινείται η τράπεζα Γ είναι ακριβώς κάθετος στον ολισθητήρα, όπου μετακινείται το ανώτερο φορείο Δ.

β) Να παρέχουν δυνατότητα για εύκολη ρύθμισή τους απέναντι σε φθορά από τη χρήση και για ικανοποιητική λίπανση και

γ) να είναι κατασκευαστικά διαμορφωμένοι έτσι, ώστε να μη φθάνουν μέχρι τις τριβόμενες επιφάνειες τεμαχίδια από γρέζια ή ξένα σώματα.

Τους ολισθητήρες τους συναντούμε σε διάφορες μορφές, όπως βλέπομε στο σχήμα 3.2α(α). Ο συνδυασμός επίπεδου ολισθητήρα και ολισθητήρα μορφής V [σχ. 3.2α(β)] είναι πολύ συνηθισμένος και πολύ επιτυχημένος κινηματικά. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 3.2α(γ), όπου εικονίζεται η κλίνη ενός τόρνου με τους ολισθητήρες της.

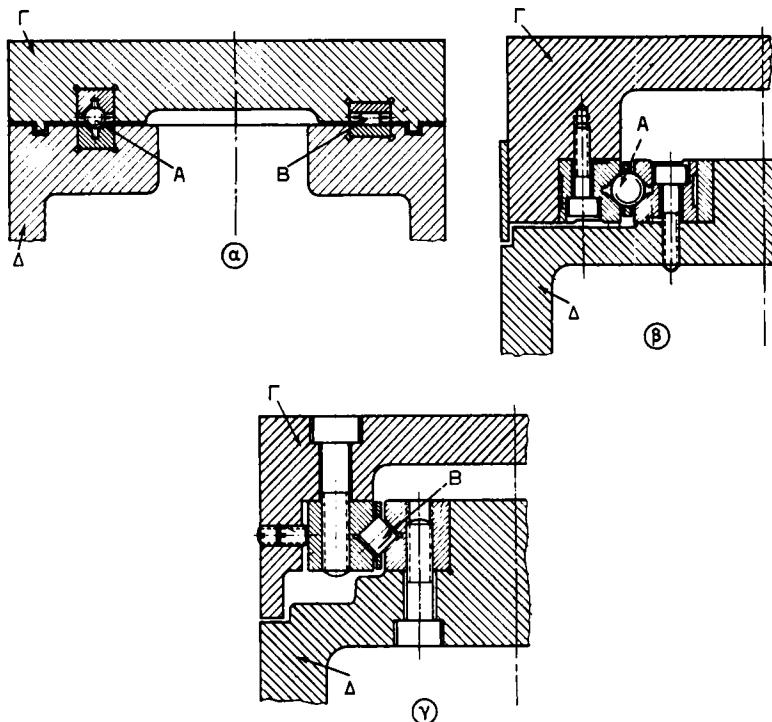
Οι ολισθητήρες είναι κατασκευασμένοι από φαιό χυτοσίδηρο και όπως είναι φυσικό, **ενσωματώνονται** στο χυτοσιδηρό σώμα της εργαλειομηχανής, όπως και στην αντίστοιχη ολισθαίνουσα δομική μονάδα, αν βέβαια είναι και αυτή από φαιό χυτοσίδηρο. Χρησιμοποιούνται όμως και ολισθητήρες από κατάλληλο χάλυβα (π.χ. από χάλυβα για ένσφαιρους τριβείς με τις ενδεδειγμένες θερμικές κατεργασίες του), οι οποίοι συνήθως είτε συγκολλούνται στο χαλύβδινο σώμα της εργαλειομηχανής είτε προσαρμόζονται με τη βοήθεια κοχλιών σε χυτοσιδηρό σώμα εργαλειομηχανής. Τελευταία είναι δυνατή και η χρησιμοποίηση πλαστικών (που να έχουν καλές αντιτριβικές και αντισκωριωτικές ιδιότητες) για ολισθητήρες, που προσαρμόζονται κατάλληλα στο σώμα της εργαλειομηχανής.

Πέρα από τους ολισθητήρες που έχουμε αναφέρει, συναντούμε και **ολισθητήρες αντιτριβής**, όπου χρησιμοποιούνται σφαίρες ή κύλινδροι (σχ. 3.2β) με τα γνωστά μας πλεονεκτήματα, δηλαδή τη σημαντική μείωση του συντελεστή τριβής και από αυτό της φθοράς των ολισθητήρων, άρα την αύξηση της ζωής τους. Υπάρχουν και ολισθητήρες όπου τα κυλιόμενα στοιχεία (σφαίρες ή κύλινδροι) **ανακυκλώνονται** με τη βοήθεια κατάλληλα διαμορφωμένου αγωγού, ώστε εξερχόμενα από το ένα μέρος του ολισθητήρα να εισέρχονται από το άλλο.

Τέλος, για μείωση των τριβών και συνεπώς της φθοράς τους, χρησιμοποιούνται και ολισθητήρες με **υδροστατική λίπανση** (σχ. 3.2γ). Εδώ ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες των ολισθητήρων αντλείται το ενδεδειγμένο λιπαντικό υπό πίεση μέσω ειδικά διαμορφωμένων αγωγών, ώστε σε όλη την επιφάνεια επαφής τους να διατηρείται ένα στρώμα λιπαντικού και έτσι να αποφεύγεται μεταλλική επαφή [παράγρ. 2.5.2(Α)]. Κατά τον ίδιο τρόπο αντί για λιπαντικό είναι δυνατή η χρησιμοποίηση πεπιεσμένου αέρα, οπότε έχουμε το λεγόμενο **αεροστατικό ολισθητήρα**.

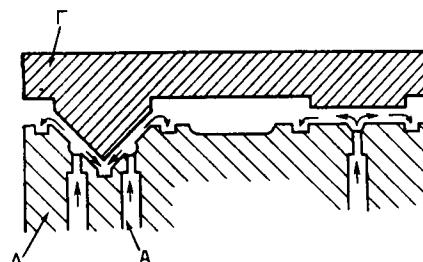
### **3.2.2 Κεφαλή, τράπεζα και φορεία.**

Η **κεφαλή** μιάς εργαλειομηχανής παρέχει τα μέσα για την πρόσδεση και την περιστροφή του κομματιού [πρωτεύουσα κίνηση, π.χ. στον τόρνο σχ. 1.3α(γ) ή του



Σχ. 3.2β.

Ολισθητήρες αντιτριβής. α) Ολισθητήρες με σφαίρες Α και κυλίνδρους Β. β) Ολισθητήρες με σφαίρες. γ) Ολισθητήρες με κυλίνδρους (Γ μετατοπιζόμενη δομική μονάδα, Δ σώμα εργαλειομηχανής).



Σχ. 3.2γ.

Συνδυασμός ολισθητήρων μορφής V και επιπέδων με υδροστατική λίπανση. (Α αγωγοί παροχής λιπαντικού, Γ μετακινούμενη δομική μονάδα, Δ σώμα εργαλειομηχανής).

κοπτικού εργαλείου [π.χ. στη φραιζομηχανή, σχ. 1.3στ(δ)] ή για περιστροφή (πρωτεύουσα κίνηση) και πρόωση (κίνηση προώσεως) του εργαλείου [στο δράπανο, σχ. 1.3β(γ)].

Στην **τράπεζα** της εργαλειομηχανής συγκρατείται το κατεργαζόμενο κομμάτι με τη βοήθεια ποικίλων κατά περίπτωση κατεργασίας συσκευών προσδέσεως, όπως

Θα δούμε παρακάτω στην παράγραφο 3.6.3. Σε ορισμένες εργαλειομηχανές η τράπεζα έχει δυνατότητα για μετακίνηση και σε δύο ή και στις τρείς κάθετες ανάμεσά τους διευθύνσεις ή ακόμα και δυνατότητα περιστροφής της.

Με τα διάφορα **φορέα** επιτυγχάνομε μετακινήσεις δομικών στοιχείων της εργαλειομηχανής κατά μήκος καθορισμένων διευθύνσεων. Στον τόρνο π.χ. [σχ. 1.3α(γ) το εργαλειοφορείο Ε εξασφαλίζει τη μετακίνηση του εργαλειοδέτη Δ που φέρει το κοπτικό εργαλείο, προς τη διεύθυνση της προώσεως.

### **3.2.3 Άτρακτος και έδρανά της.**

Στην παράγραφο αυτή θα μιλήσουμε μόνο για τις ιδιομορφίες που παρουσιάζει το συγκρότημα της κύριας ατράκτου και των έδρανων μιας εργαλειομηχανής, χωρίς να ασχοληθούμε καθόλου με τη μελέτη τους γενικά ως στοιχείων μηχανών.

#### **A. Η άτρακτος.**

Με την άτρακτο μιας εργαλειομηχανής, στηριγμένη σε κατάλληλα μελετημένα έδρανα, προσδίνεται περιστροφική κίνηση στο κομμάτι (τόρνος) ή στο κοπτικό εργαλείο (φραιζομηχανή, δράπανο ή λειαντικό μηχάνημα). Η ακρίβεια κατεργασίας σε μια εργαλειομηχανή βασίζεται σημαντικά στην ακρίβεια με την οποία περιστρέφεται η άτρακτός της. Η άτρακτος υπολογίζεται έτσι, ώστε από το ένα μέρος να αντέχει στα επιβαλλόμενα στη δυσμενέστερη περίπτωση φορτία και από το άλλο να παρουσιάζει παραδεκτό μέγιστο βέλος κάμψεως, από το οποίο και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η ακρίβεια κατεργασίας.

Οι άτρακτοι εργαλειομηχανών κατασκευάζονται συνήθως από ημίσκληρο ανθρακούχο χάλυβα (με περιεκτικότητα σε άνθρακα από 0,40 ως 0,50%, Πίνακας 3.6.1, ΜΤ-ΕΙ) που βάφεται και επαναφέρεται σε ψηλή σχετικά θερμοκρασία επαναφοράς. Στην κατασκευή ατράκτων για εργαλειομηχανές ακρίβειας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και κατάλληλα χαλυβοκράματα κατασκευών (Πίνακας 3.6.3 ΜΤ-ΕΙ] με την προβλεπόμενη βαφή και επαναφορά της. Ακόμα, όπου απαιτείται μεγάλη σκληρότητα στους στροφείς μπορούμε να μεταχειρισθούμε κατάλληλο χάλυβα ενανθρακώσεως ή εναζωτώσεως [Συμπλήρωμα, παράγρ. 3.3(H)].

Η άτρακτος φέρει στην κεφαλή της (σχ. 3.6α) προτυποποιημένη κολουροκωνική κοιλότητα (**κώνος Morse**, Morse) για την πρόσδεση του κοπτικού εργαλείου με κωνική συναρμογή (δράπανο ή φραιζομηχανή) ή του κέντρου ή συστελλόμενων σφιγκτήρων [παράγρ. 3.6.3 (α) (4)] για τη συγκράτηση του κομματιού.

Εκτός βέβαια από την κύρια άτρακτο των εργαλειομηχανών, υπάρχουν και διάφοροι άξονες μεταδόσεως κινήσεως στα κιβώτια ταχυτήτων και προώσεως η αλλού για τους οποίους ισχύουν τα γνωστά μας από το μάθημα των Στοιχείων Μηχανών.

Η ακρίβεια με την οποία περιστρέφεται η άτρακτος εξαρτάται σημαντικά από τα έδρανά της, τα οποία παραλαμβάνουν τα φορτία που επιβάλλονται στην άτρακτο κατά την κατεργασία. Μας ενδιαφέρει σοβαρά εδώ η ακρίβεια οδηγήσεως της ατράκτου (ακτινικά και αξονικά), την όποια μας παρέχουν τα έδρανα. Για το λόγο αυτό η χάρη στροφέα ατράκτου - τριβέα θα πρέπει να είναι πολύ περιορισμένη.

## B. Τα έδρανα της ατράκτου.

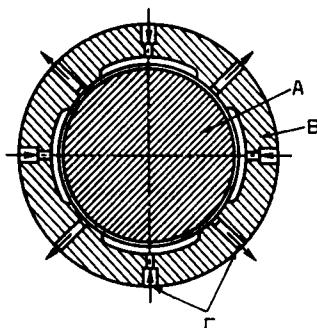
Ως έδρανα για τη στήριξη της ατράκτου μιας εργαλειομηχανής χρησιμοποιούνται τόσο έδρανα ολισθήσεως, όσο και έδρανα κυλίσεως (έδρανα αντιτριβής ή ρουεμάν).

### 1. Έδρανα ολισθήσεως.

Ως υλικό για τα έδρανα ολισθήσεως, ανάλογα με την περίπτωση, μπορούμε να μεταχειρισθούμε κρατέρωμα [παράγρ. 3.8(A) (2), Πίνακας 3.8.1 ΜΤ-ΕΙ] ή λευκό μέταλλο [παράγρ. 3.8.6(Γ) ΜΤ-ΕΙ]. Τα έδρανα αυτά διαμορφώνονται συνήθως ως διμερή, όπου η επένδυση από το αντιτριβικό μέταλλο φέρεται από κατάλληλο χαλύβδινο κέλυφος.

Η κατασκευαστική διαμόρφωση των εδράνων ολισθήσεως στις εργαλειομηχανές είναι τέτοια, ώστε να εξασφαλίζει περιοδική (με το χέρι) ή αυτόματη (με τη βοήθεια ελατηρίου ή υδραυλικώς) ρύθμιση. Η ρύθμιση των εδράνων αυτών ολισθήσεως μπορεί να γίνει κατά την ακτινική ή αξονική διεύθυνση ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Επίσης τα έδρανα θα πρέπει να συναρμολογούνται και να αποσυναρμολογούνται με ευκολία.

Χρησιμοποιούνται επίσης και **υδροστατικά έδρανα** (σχ. 3.2δ), στα οποία προσάγεται υπό πίεση κατάλληλο λιπαντικό (παρόμοιο σύστημα με εκείνο που συναντήσαμε στους ολισθητήρες στο σχήμα 3.2γ). Τα έδρανα αυτά έχουν τη δυνατότητα να εργασθούν και στις χαμηλότερες ακόμα περιστροφικές ταχύτητες κάτω από συνθήκες υγρής τριβής (χωρίς καθόλου μεταλλική επαφή μεταξύ των επιφανειών που τρίβονται). Στα **αεροστατικά έδρανα**, που εργάζονται σε ψηλές περιστροφικές ταχύτητες, προσάγεται πεπιεσμένος αέρας που γεμίζει το διάκενο ανάμεσα στον τριβέα και στο στροφέα.



Σχ. 3.2δ.

Υδροστατικό έδρανο εργαλειομηχανής. (Α στροφέας, Β τριβέας, Γ αγωγοί παροχής πεπιεσμένου λιπαντικού).

### 2. Έδρανα κυλίσεως (ρουλεμάν).

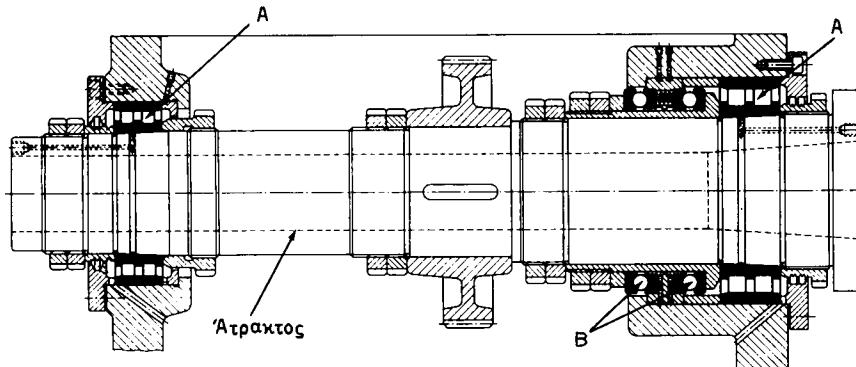
Έδρανα κυλίσεως (με σφαίρες, κυλίνδρους ή βαρελάκια) χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις εργαλειομηχανές. Αυτό οφείλεται στις αυστηρές απαιτήσεις για την ακρίβεια περιστροφής της ατράκτου των εργαλειομηχανών, που έχομε και προς τις οποίες τα έδρανα κυλίσεως ανταποκρίνονται ικανοποιητικά. Εδώ θα πρέπει να το-

νίσομε ότι τα έδρανα κυλίσεως που βρίσκουν εφαρμογές στη στήριξη ατράκτων εργαλειομηχανών δεν είναι συνηθισμένα, αλλά ανώτερης στάθμης ακρίβειας.

Σε πολλές περιπτώσεις, για περιορισμό των σφαλμάτων περιστροφής της ατράκτου που οφείλονται στο διάκενο, μεταχειρίζομαστε **έδρανα με προένταση**, γεγονός που περιορίζει τη χάρη ανάμεσα στο δακτύλιο και στις σφαίρες ή στους κυλίνδρους του εδράνου.

Έδρανα κυλίσεως χρησιμοποιούνται επίσης αποκλειστικά και ως αξονικά έδρανα στην άτρακτο των εργαλειομηχανών.

Στο σχήμα 3.2ε βλέπομε την κατασκευαστική διαμόρφωση της ατράκτου ενός τόρνου με τα εδρανά της.



**Σχ. 3.2ε.**

Τυπική κατασκευαστική διαμόρφωση της κύριας ατράκτου ενός τόρνου, η οποία στηρίζεται σε έδρανα κυλίσεως (δύο δικύλινδρα ακτινικά Α και δύο μονόσφαιρα αξονικά Β).

### 3.3 Μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

#### 3.3.1 Γενικά.

Σε κάθε εργαλειομηχανή η κίνηση προσδίνεται από ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 3.4.1) με καθορισμένη περιστροφική ταχύτητα και ισχύ. Η κίνηση αυτή μέσω των ενδεδειγμένων στοιχείων μεταδόσεως κινήσεως (τροχαλίες και ιμάντες, οδοντοτροχοί, συμπλέκτες κλπ.), φθάνει με την προβλεπόμενη περιστροφική ταχύτητα και ισχύ στο κομμάτι και στο κοπτικό εργαλείο ως πρωτεύουσα κίνηση, ως κίνηση προώσεως ή ως κάποια άλλη βοηθητική κίνηση.

Όπως γνωρίζομε από τη μηχανουργική πρακτική, στις κάθε είδους εργαλειομηχανές κοπής που μεταχειρίζομαστε (ακόμα και στην ίδια εργαλειομηχανή, όπως π.χ. σε ένα τόρνο ή σε μία φραιζομηχανή) κατεργαζόμαστε κομμάτια σε ποικιλία από μορφές και μεγέθη, όπως και κομμάτια από διάφορα υλικά (χάλυβες, χυτοσίδηροι, μη σιδηρούχα κράματα) με κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβα ή από σκληρομέταλλο ή και από άλλα γνωστά μας κατάλληλα για κοπτικά εργαλεία υλικά. Ακόμα οι διάφορες κατεργασίες γίνονται με ψηλό ή χαμηλό ρυθμό αφαιρέσεως υλικού (εκχόνδριση ή αποπεράτωση αντίστοιχα) και με ποικίλλουσες ποιοτικές απαιτήσεις στην ακρίβεια των διαστάσεων και στην τραχύτητα επιφάνειας. Η ταχύτητα κοπής

όμως που επιλέγομε ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας μεταβάλλεται σημαντικά από υλικό σε υλικό κομματιού και κοπτικού εργαλείου, όπως και από κατεργασία σε κατεργασία (π.χ. η σπειροτόμηση και η τόρνευση του ίδιου υλικού και με το ίδιο εργαλείο εκτελούνται σε σημαντικά διαφορετικές ταχύτητες κοπής): επίσης η πρώση που θέτομε στην εργαλειομηχανή ποικίλλει ανάλογα με το ρυθμό αφαιρέσως υλικού και με το βαθμό διαστατικής ακρίβειας και τραχύτητας επιφάνειας που επιθυμούμε να επιτύχουμε. Για να καλύψουν επομένως οι εργαλειομηχανές κοπής όλες αυτές τις απαιτήσεις, αλλά και μελλοντικές ανάγκες εξαιτίας εξελίξεων στις κατεργασίες και βελτιώσεων στα υλικά και στη σχεδίαση των εργαλείων, επιβάλλεται να είναι σε θέση **να διαθέτουν μια πλατιά περιοχή από περιστροφικές ταχύτητες και από πρώσεις (ή ταχύτητες πρώσεως)**. Και το εύρος αυτό των περιστροφικών ταχυτήτων ή των πρώσεων είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο ευρύτερη είναι η χρήση της εργαλειομηχανής.

Η πλειονότητα των εργαλειομηχανών κοπής διαθέτει περιστροφικές ταχύτητες και πρώσεις (ή ταχύτητες πρώσεως) **κατά βήματα** [παράγρ. 3.3.2(A)]. Είναι φανερό ότι για πιο αποδοτική εκμετάλλευση της εργαλειομηχανής το βήμα μεταβολής της περιστροφικής ταχύτητας ή της πρώσεως οφείλει να είναι όσο πιο μικρό γίνεται. Υπάρχουν όμως, όπως θα δούμε στην παράγραφο 3.3.3 και εργαλειομηχανές με σύστημα **συνεχούς μεταβολής** των περιστροφικών ταχυτήτων ή πρώσεων. Αυτό είναι ιδανικό από άποψη εκμεταλλεύσεως της εργαλειομηχανής, το κόστος του όμως είναι αρκετά ψηλό.

Ανεξάρτητα από την πρωτεύουσα κίνηση μιας εργαλειομηχανής (περιστροφική ή μεταφορική) και από την κίνηση προώσεως (μεταφορική), η κίνηση των βασικών στοιχείων μεταδόσεως είναι περιστροφική. Άρα κάθε αλλαγή στην ταχύτητα κοπής ή στην πρώση (ή στην ταχύτητα πρώσεως) επιτυγχάνεται με μεταβολές στην περιστροφική ταχύτητα των στοιχείων μεταδόσεως κινήσεως. Από αυτό καταφαίνεται η τεράστια σημασία την οποία έχει η μετάδοση περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

Στις σελίδες που θα ακολουθήσουν θα μιλήσομε πρώτα για τη **μηχανική μετάδοση κινήσεως** και πιο συγκεκριμένα για τη μετάδοση περιστροφικής κινήσεως (κλιμακωτής η κατά βήματα και συνεχούς), για τα κιβώτια ταχυτήτων και πρώσεων, όπως ακόμα και για τη μετάδοση μεταφορικής και περιοδικής κινήσεως. Κατόπι θα ασχοληθούμε πιο συνοπτικά με την **ηλεκτρική** και **υδραυλική μετάδοση κινήσεως** στις εργαλειομηχανές.

### **3.3.2 Μετάδοση περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές.**

#### **A. Η κλιμάκωση των περιστροφικών ταχυτήτων.**

Για περιστροφική πρωτεύουσα κίνηση μιας εργαλειομηχανής η ταχύτητα κοπής υ και η περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου της η συνδέονται με τις γνωστές μας σχέσεις:

$$u = \frac{\pi d \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad \text{και} \quad n = \frac{1000u}{\pi d} \text{ [στρ/min]} \quad (3.1)$$

όπου d σε mm είναι η διάμετρος του κατεργαζόμενου κομματιού (π.χ. στην τόρνευση) η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου (π.χ. της φραίζας ή του τρυπανιού).

Οι ακραίες περιστροφικές ταχύτητες της ατράκτου (μέγιστη  $n_\mu$  και ελάχιστη  $n_\epsilon$ ) μπορούν να υπολογισθούν, αν είναι αντίστοιχα γνωστές η ελάχιστη  $d_\epsilon$  και η μέγιστη  $d_\mu$  διάμετρος του κομματιού ή του εργαλείου και η μέγιστη  $u_\mu$  και η ελάχιστη  $u_\epsilon$  ταχύτητα κοπής από τις παρακάτω σχέσεις:

$$n_\mu = \frac{1000u_\mu}{\pi d_\epsilon} \quad \text{και} \quad n_\epsilon = \frac{1000u_\epsilon}{\pi d_\mu} \quad (3.2)$$

Και ο λόγος των ακραίων περιστροφικών ταχυτήτων B προσδιορίζεται, αν θεωρήσει κανένας τις σχέσεις (3.2), ως:

$$B = \frac{n_\mu}{n_\epsilon} = \frac{1000u_\mu}{\pi d_\epsilon} : \frac{1000u_\epsilon}{\pi d_\mu} = \frac{u_\mu}{u_\epsilon} \cdot \frac{d_\mu}{d_\epsilon} = B_u \cdot B_d \geqslant 1 \quad (3.3)$$

όπου  $B_u = u_\mu/u_\epsilon$  είναι ο λόγος των ακραίων ταχυτήτων κοπής και  $B_d = d_\mu/d_\epsilon$  ο λόγος των ακραίων διαμέτρων. Το B είναι δυνατό να πάρει αρκετά μεγάλες τιμές, αν βέβαια οι περιοχές στις οποίες μεταβάλλονται τα u και d είναι πλατιές.

Στην πράξη, όπως τονίσαμε προηγουμένως, η περιοχή περιστροφικών ταχυτήτων από  $n_\epsilon$  μέχρι  $n_\mu$  καλύπτεται με **κλιμακωτή διαβάθμισή τους**.

Σύμφωνα με την ισχύουσα προτυποπίση (DIN 804) οι ν περιστροφικές ταχύτητες από  $n_\epsilon$  ως  $n_\mu$  ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο με λόγο φ, δηλαδή:

$$n_\epsilon = n_1 = n_1 \Phi^0, \quad n_2 = n_1 \Phi, \quad n_3 = n_1 \Phi^2, \dots, \quad n_v = n_\mu = n_1 \Phi^{v-1} = n_\epsilon \Phi^{v-1} \quad (3.4)$$

Η γεωμετρική πρόοδος προτιμάται από την αριθμητική, γιατί παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα και ιδιαίτερα γιατί εξασφαλίζει σχετικά ομοιόμορφη διαβάθμιση των περιστροφικών ταχυτήτων μέσα στο πεδίο, όπου μεταβάλλονται.

Ο λόγος της γεωμετρικής προόδου (3.4) θα είναι:

$$\Phi = \left( \frac{n_v}{n_1} \right)^{\frac{1}{v-1}} \quad \text{ή} \quad \Phi = \left( \frac{n_\mu}{n_2} \right)^{\frac{1}{v-1}} \quad \text{ή} \quad \Phi = B \quad (3.5)$$

λόγω της σχέσεως (3.3).

Οι περιστροφικές ταχύτητες των συστημάτων μεταδόσεως κινήσεως στις εργαλειομηχανές προτυποποιούνται με βάση τη **σειρά Renard** (Renard) R20, δηλαδή μία γεωμετρική πρόοδο με λόγο  $\phi = \sqrt[20]{10} = 1,12$ . Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι οι προτυποποιημένες αυτές περιστροφικές ταχύτητες καθορίζονται σε **πλήρες φορτίο** του ηλεκτροκινητήρα της εργαλειομηχανής.

Ως αφετηρία για τις περιστροφικές ταχύτητες παίρνομε συνήθως την περιστροφική ταχύτητα υπό πλήρες φορτίο του ασύγχρονου ηλεκτροκινητήρα της εργαλειομηχανής (παράγρ. 3.4.1), η οποία για διπολικό ή τετραπολικό ηλεκτροκινητήρα παίρνει αντίστοιχα τις τιμές 2800 ή 1400 στρ./min.

Στον Πίνακα 3.3.1 δίνομε προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες της

ατράκτου εργαλειομηχανών που ανήκουν στις αναφερόμενες σειρές Ρενάρ. Όμοια στον Πίνακα 3.3.2 παραθέτομε προτυποποιημένες τιμές για την ταχύτητα προώσεως σε mm/min.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.1

**Προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες (στρ/min) για πλήρη φόρτο ηλεκτροκινητήρα κατά DIN 804**

R20*	R20/2	R20/3	R20/4 (1400) Φ = 1,6	R20/6 Φ = 2
Φ = 1,12	Φ = 1,25	Φ = 1,4	(2800) Φ = 1,6	
100				
112	112	11,2		11,2
125			125	
140	140		1400	1400
160		16		
180	180		180	180
200			2000	
224	224	22,4		22,4
250			250	
280	280		2800	2800
315		31,5		
355	355		335	335
400			4000	
450	450	45		45
500			500	
560	560		5600	5600
630		63		
710	710		710	710
800			8000	
900	900	90		90
1000			1000	

\* Όρια ανοχής της σειράς R20 για μηχανική μετάδοση κινήσεως: ± 2%.

Η μετάδοση περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές παίρνει τις ακόλουθες μορφές:

- α) Κλιμακωτή ιμαντοκίνηση.
- β) Κλιμακωτή μετάδοση με οδοντοτροχούς και
- γ) συνεχής μετάδοση.

### B. Η ιμαντοκίνηση στις εργαλειομηχανές.

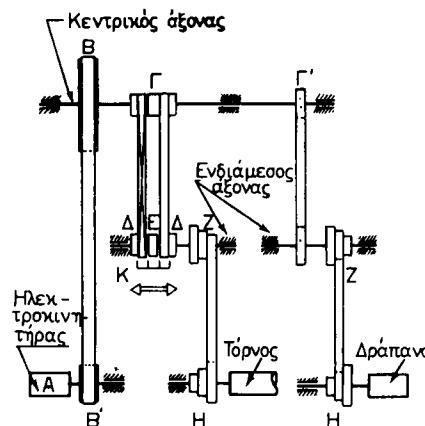
Η μετάδοση περιστροφικής κινήσεως με ιμάντες και τροχαλίες στις εργαλειομηχανές επιτυγχάνεται με το σύστημα της καλούμενης **ομαδικής κινήσεως** (σχ. 3.3a) και με το σύστημα της **ατομικής κινήσεως** (σχ. 3.1). Στην ομαδική κίνηση ένας ηλεκτροκινητήρας δίνει κίνηση σε ένα κεντρικό άξονα και από αυτόν παίρνει

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.2**

*Προτυπωποιημένες ταχύτητες προώσεως σε mm/min κατά DIN 803.*

R20* $\phi = 1,12$	R10 $\phi = 1,25$	R20/3 $\phi = 1,4$	R5 $\phi = 1,6$	R10/3 $\phi = 2$
1	1	1	1	1
1,12				
1,25	1,25	0,125		0,125
1,4		1,4		
1,6	1,6		1,6	16
1,8		0,18		
2	2	2		2
2,24			22,4	
2,5	2,5	0,25		0,25
2,8		2,8		
3,15	3,15		31,5	31,5
3,55		0,355		
4	4	4	4	4
4,5			45	
5	5	0,5		0,5
5,6		5,6		
6,3	6,3		63	63
7,1		0,71		
8	8	8		8
9			90	
10	10		10	

\* Όρια ανοχής της σειράς R20 για μηχανική μετάδοση κινήσεως:  $\pm 2\%$



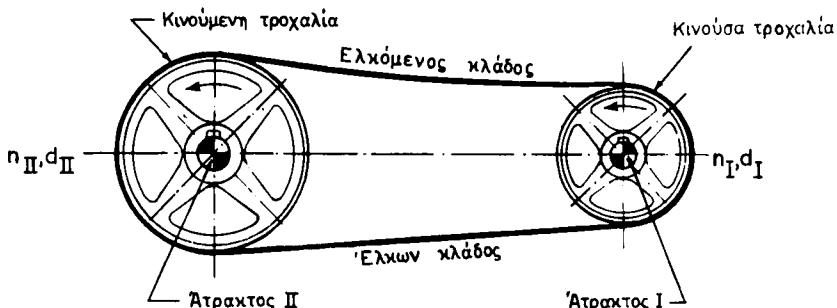
Σχ. 3.3α.

Σύστημα ομαδικής ιμαντοκινήσεως εργαλειομηχανών. (Α πλεκτροκινητήρας, Β, Β', Γ, Γ', Ε, Ζ, Η σταθερές τροχαλίες, Δ ελεύθερες τροχαλίες, Κ μεταφορέας ιμάντα).

κίνηση μια ομάδα εργαλειομηχανών εγκαταστημένων σε καθορισμένο χώρο ή και όλες οι εργαλειομηχανές του μηχανουργείου, αν ο αριθμός τους είναι μικρός. Το σύστημα αυτό έχει σήμερα εγκαταλειφθεί, γιατί παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα, το συναντούμε όμως ακόμα σε παλιά μηχανουργεία. Το σπουδαιότερο από τα μειονεκτήματα της ομαδικής κινήσεως εργαλειομηχανών είναι ότι μία οποιαδήποτε βλάβη στο σύστημα έχει ως αποτέλεσμα το σταμάτημα όλων των εργαλειομηχανών που συνδέονται σε αυτό.

Στην ατομική κίνηση κάθε εγκαταστημένη εργαλειομηχανή κινείται από δικό της ξεχωριστό ηλεκτροκινητήρα (υπάρχουν και εργαλειομηχανές με περισσότερους από ένα ηλεκτροκινητήρες). Είναι η σύγχρονη μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές, που εξασφαλίζει στην κάθε εργαλειομηχανή ανεξαρτησία λειτουργίας. Σε ένα τέτοιο σύστημα, ιμαντοκίνηση χρησιμοποιείται μόνο από τον ηλεκτροκινητήρα προς το κιβώτιο ταχυτήτων συνήθως μέσω τραπεζοειδών ιμάντων. Επί πλέον ιμαντοκίνηση εφαρμόζομε και σε περιπτώσεις μεταδόσεως ψηλών περιστροφικών ταχυτήτων κατευθείαν στην άτρακτο της εργαλειομηχανής προς αποφυγή απαράδεκτων δονήσεων, αναπόφευκτων κατά τη μετάδοση κινήσεως με οδοντωτούς τροχούς σε ψηλές περιστροφικές ταχύτητες (π.χ. σε λειαντικά μηχανήματα).

Στην ιμαντοκίνηση (σχ. 3.3β), όπως γνωρίζουμε από τα Στοιχεία Μηχανών, τη σχέση μεταδόσεως κινήσεως ί από τον κινητήριο άξονα I στον κινούμενο άξονα II την ορίζομε ως ένα κλάσμα, στο οποίο αριθμητής είναι η περιστροφική ταχύτητα

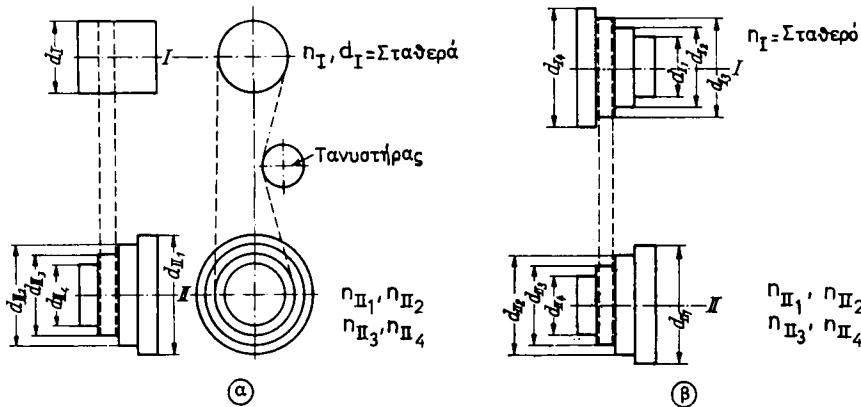


Σχ. 3.3β.  
Διάταξη και χαρακτηριστικά μιας ιμαντοκινήσεως.

του κινούμενου άξονα  $n_{II}$  ή η διάμετρος της κινητήριας τροχαλίας  $d_I$  και παρονομαστής η περιστροφική ταχύτητα του κινητήριου άξονα  $n_I$  ή η διάμετρος της κινούμενης τροχαλίας  $d_{II}$  δηλαδή :

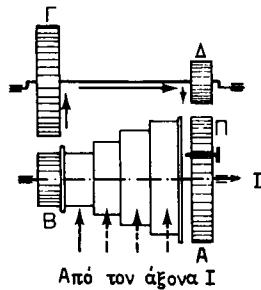
$$i = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} \quad (3.6)$$

Η ιμαντοκίνηση γίνεται κλιμακωτή είτε με κινητήρια τροχαλία σταθερής διαμέτρου και κινούμενη τροχαλία βαθμιδωτή [σχ. 3.3γ(α)] είτε με βαθμιδωτές και τις δύο τροχαλίες [σχ. 3.3γ(β)]. Για να επιτύχομε διπλασιασμό των περιστροφικών ταχυτήτων του κινούμενου άξονα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συνδυασμό από βαθμιδωτές τροχαλίες και οδοντοτροχούς, όπως βλέπομε στο σχήμα 3.3δ.



Σχ. 3.3γ.

Ιμαντοκίνηση: α) Κινητήρια τροχαλία σταθερής διαμέτρου – βαθμιδωτή κινούμενη τροχαλία. β) Βαθμιδωτές κινητήρια και κινούμενη τροχαλία.



Σχ. 3.3δ.

Μικτό σύστημα βαθμιδωτής τροχαλίας και οδοντοτροχών για αύξηση των περιστροφικών ταχυτήτων στον άξονα II. Ο οδοντοτροχός Α είναι σφηνωμένος πάγια με την άτρακτο της εργαλειομηχανής και ο οδοντοτροχός Β στην κλιμακωτή τροχαλία. Με απευθείας σύνδεση της κλιμακωτής τροχαλίας στον οδοντοτροχό Α με το συνδετικό πείρο Π και με αποσυμπλεγμένους τους οδοντοτροχούς Γ και Δ παίρνουμε στην άτρακτο τις περιστροφικές ταχύτητες  $n_{II_1}, \dots, n_{II_4}$ . Με αποσύμπλεξη του οδοντοτροχού Α από την τροχαλία (τραβούμε τον πείρο Π προς τα έξω) η άτρακτος παίρνει κίνηση μέσω των οδοντοτροχών Γ και Δ, όπως μας δείχνουν τα βέλη με αποτέλεσμα η άτρακτος να έχει δυνατότητα κινήσεως με άλλες τέσσερες περιστροφικές ταχύτητες  $n_{II_5}, \dots, n_{II_8}$  ανάλογα με τις σχέσεις μεταδόσεως των ζευγών Β/Γ και Δ/Α.

Παρακάτω δίνομε χρήσιμες σχέσεις για την ιμαντοκίνηση χωρίς να τις αποδεικνύουμε. Ο προσδιορισμός αυτών των σχέσεων είναι πολύ εύκολος από τη βασική σχέση (3.6) και τον αφήνομε στους μαθητές για άσκηση.

α) Κινητήρια τροχαλία με σταθερή διάμετρο και βαθμιδωτή κινούμενη τροχαλία [σχ. 3.3γ(α)]:

$$\frac{d_{I_1}}{d_{II_2}} = \frac{d_{II_2}}{d_{II_3}} = \frac{d_{II_4}}{d_{II_3}} = \phi \quad (3.7)$$

Οι διάμετροι των βαθμίδων δηλαδή της κινούμενης τροχαλίας ακολουθούν και αυτές γεωμετρική πρόσδοτο με λόγο το λόγο φ της γεωμετρικής πρόσδοτου των περιστροφικών ταχυτήτων.

(β) Περίπτωση βαθμιδωτής της κινητήριας και κινούμενης τροχαλίας [σχ. 3.3γ(β)]:

Για τη ν-στη βαθμίδα των δύο τροχαλιών (κινητήριας και κινούμενης) ισχύει:

$$d_{Iv} = C \left( \frac{i_v}{i_v + 1} \right) \quad \text{και} \quad d_{IIv} = C \left( \frac{1}{i_v + 1} \right) \quad (3.8)$$

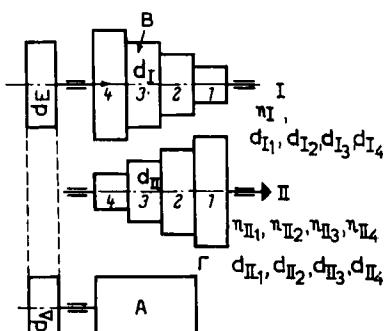
με την προϋπόθεση ότι το άθροισμα των αντιστοίχων διαμέτρων της ν-στής βαθμίδας θα είναι σταθερό, δηλαδή  $d_{Iv} + d_{IIv} = C = \text{σταθερό}$  (απαίτηση για τη σταθερότητα του μήκους του ιμάντα) και όπου  $i_v = d_{Iv}/d_{IIv}$  σύμφωνα με τον ορισμό (3.6).

Επίσης υποθέτοντας ισότητα της διαμέτρου των συμμετρικών βαθμίδων των τροχαλιών, δηλαδή  $d_{I_4} = d_{II_1}$ ,  $d_{I_1} = d_{II_4}$ ,  $d_{I_3} = d_{II_2}$ , και  $d_{I_2} = d_{II_3}$ , η σταθερή περιστροφική ταχύτητα του άξονα I βρίσκεται από τη σχέση:

$$\eta_I = \eta_{II_1} \cdot \Phi \quad \left( \frac{v - 1}{2} \right) \quad (3.9)$$

### Παράδειγμα.

Στην ιμαντοκίνηση του σχήματος 3.3ε ο άξονας I παίρνει κίνηση από τον ηλεκτροκινητήρα A και την μεταδίδει στον άξονα II μέσω των βαθμιδωτών τροχαλιών B και Γ. Οι τέσσερες ( $v = 4$ ) περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II ακολουθούν γεωμετρική πρόσδοτο με λόγο  $\phi = 1,40$  και με ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα  $\eta_{II_1} = \eta_{\epsilon} = 250$  στρ/min. Ο ηλεκτροκινητήρας έχει περιστροφική ταχύτητα  $\eta_A = 1400$  στρ/min και οι διάμετροι των συμμετρικών βαθμίδων των τροχαλιών B και Γ είναι ίσες. Ακόμα παίρνομε προαιρετικά  $d_{\Delta} = 80$  mm και  $d_I = 140$  mm.



Σχ. 3.3ε.

Στοιχεία ιμαντοκινήσεως για το παράδειγμα.

Ζητούμε να υπολογισθούν:

α) Οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II.

β) Η σταθερή ταχύτητα  $n_I$  του άξονα I και

γ) οι διάμετροι των υπολοίπων βαθμίδων και των δύο τροχαλιών B και Γ, όπως και η διάμετρος  $d_E$  της τροχαλίας E.

α) Εφόσο δίνεται η ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα του άξονα II, δηλαδή  $n_{II_1} = 250 \text{ στρ}/\text{min}$  και ο λόγος της γεωμετρικής πρόσδου που ακολουθούν οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα αυτού ( $\phi = 1,4$ ), οι υπόλοιπες ταχύτητες είναι δυνατό είτε να εκλεγούν από τον Πίνακα 3.3.1 είτε να υπολογισθούν με τη βοήθεια των σχέσεων (3.4). Οποιονδήποτε τρόπο και αν χρησιμοποιήσομε, οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II θα είναι περίπου:

$$n_{II_1} = 250, n_{II_2} = 355, n_{II_3} = 500 \text{ και } n_{II_4} = 710 \text{ στρ}/\text{min}.$$

β) Την περιστροφική ταχύτητα  $n_I$  την υπολογίζομε από τη σχέση (3.9). Έτσι, αντικαθιστώντας τα  $n_{II_i}$  και  $\phi$  με τις δοσμένες τιμές τους θα πάρομε:

$$n_I = 250 \times 1,4^{(4-3/2)} = 250 \times 1,4^{1,5*} = 250 \times 1,7 = 425 \text{ στρ}/\text{min}.$$

γ) Επειδή έχει δοθεί ότι οι διάμετροι των συμμετρικών βαθμίδων των τροχαλιών B και Γ είναι ίσες προκύπτει ότι:

$$d_{I_1} = d_{II_4} = 140 \text{ mm}, \quad d_{I_2} = d_{II_3}, \quad d_{I_3} = d_{II_2} \quad \text{καὶ } d_{I_4} = d_{II_1}.$$

Για να βρούμε τώρα τις διαμέτρους των υπολοίπων βαθμίδων των τροχαλιών χρησιμοποιούμε τις σχέσεις (3.8). Θα πρέπει άρα να υπολογίσομε πρώτα τη σταθερά C, π.χ. για το άθροισμα των διαμέτρων  $d_{I_1} + d_{II_1} = C$ . Η διάμετρος  $d_{II_1}$ , είναι δυνατό να βρεθεί με τη βοήθεια της βασικής σχέσεως (3.6), δηλαδή:

$$d_{II_1} = d_{I_1} \cdot \frac{n_I}{n_{II_1}} = 140 \times \frac{425}{250} = 238 \text{ mm}$$

άρα,

$$C = 140 + 238 = 378 \text{ mm}$$

Προχωρώντας στον υπολογισμό των υπολοίπων διαμέτρων [σχέσεις (3.8)] βρίσκομε:

$$d_{I_2} = d_{II_3} = C \left( \frac{i_2}{1 + i_2} \right) = 378 \cdot \frac{0,835}{1,835} = 172 \text{ mm}$$

όπου

$$i_2 = n_{II_2}/n_I = 355/425 = 0,835$$

και

$$d_{I_3} = d_{II_2} = C - d_{I_2} = 378 - 172 = 206 \text{ mm}$$

\* Την αριθμητική αυτή πράξη μπορούμε να την εκτελέσουμε με τη βοήθεια των λογαρίθμων, όπως εκάναμε και στο παράδειγμα της παραγράφου 2.6.2.

Τέλος η διάμετρος  $d_E$  της τροχαλίας Ε υπολογίζεται από τη δοσμένη διάμετρο  $d_\Delta$  της τροχαλίας Δ κατά τα γνωστά, δηλαδή:

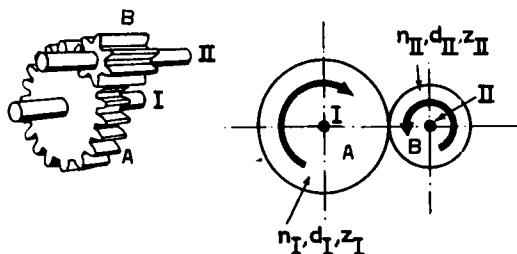
$$d_E = d_\Delta \cdot \frac{n_A}{n_I} = 80 \times \frac{1400}{425} = 264 \text{ mm.}$$

### Γ. Κλιμακωτή μετάδοση κινήσεως με οδοντοτροχούς.

Το είδος αυτό μεταδόσεως κινήσεως στις εργαλειομηχανές πραγματοποιείται με τα κιβώτια ταχυτήτων και με τα κιβώτια προώσεως, για τα οποία θα μιλήσουμε παρακάτω στην παράγραφο 3.3.2 (Δ). Εδώ θα δώσουμε μερικά στοιχεία σχετικά με την κλιμακωτή αυτή μετάδοση κινήσεως με οδοντοτροχούς.

Και αρχίζουμε από το γνωστό μας ορισμό της σχέσεως μεταδόσεως κινήσεως ο οποίος είναι παρόμοιος με εκείνο που δώσαμε στην ιμαντοκίνηση [σχέση (3.6)]. Είναι ένα κλάσμα, στο οποίο αριθμητής είναι η περιστροφική ταχύτητα  $n_{II}$  του κινούμενου άξονα (σχ. 3.3στ) ή η αρχική διάμετρος  $d_I$  ή ο αριθμός των δοντιών  $Z_1$  του κινητήριου οδοντοτροχού και παρονομαστής ή περιστροφική ταχύτητα  $n_I$  του κινητήριου άξονα ή η αρχική διάμετρος  $d_{II}$  ή ο αριθμός δοντιών  $Z_2$  του κινούμενου οδοντοτροχού, δηλαδή:

$$u = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (3.10)$$



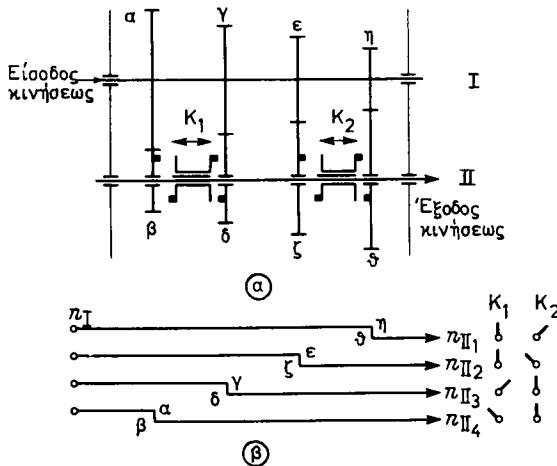
Σχ. 3.3στ.

Στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως με ένα ζεύγος οδοντοτροχών. (Α κινητήριος οδοντοτροχός, I κινητήριος άξονας, Β κινούμενος οδοντοτροχός, II κινούμενος άξονας).

Κάθε κλιμακωτή μετάδοση κινήσεως με οδοντοτροχούς (π.χ. ένα κιβώτιο ταχυτήτων) την παριστάνομε με τα ακόλουθα διαγράμματα:

α) **Με το κινηματικό διάγραμμα** [σχ. 3.3ζ(α)]. Σε αυτό φαίνεται η όλη δομή της μεταδόσεως κινήσεως (τροχαλίες, ιμάντες, άξονες, οδοντοτροχοί, συμπλέκτες κ.ά.) και τα διάφορα στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως τα παριστάνομε με προτυποποιημένα σύμβολα (σχ. 3.3η).

β) **Με το διάγραμμα ζεύξεως και ροής ισχύος** [σχ. 3.3ζ(β)]. Εδώ εικονίζεται από το ένα μέρος ο δρόμος τον οποίο ακολουθεί η ισχύς από την είσοδο της μεταδόσεως κινήσεως (του κιβωτίου ταχυτήτων) μέχρι την έξοδο, όπου παίρνομε τις κλιμακωμένες περιστροφικές ταχύτητες  $n_{II,1}$ ,  $n_{II,2}$ , κλπ., και από το άλλο οι διάφορες



Σχ. 3.3ζ.

- α) Το κινηματικό διάγραμμα μιας μεταδόσεως περιστροφικής κινήσεως (π.χ. κιβώτιο ταχυτήτων). β) Το διάγραμμα ζεύξεως και ροης ισχύος.

Θέσεις τις οποίες παίρνουν τα στοιχεία ελέγχου, της μεταδόσεως, όπως είναι οι συμπλέκτες  $K_1$  και  $K_2$  και

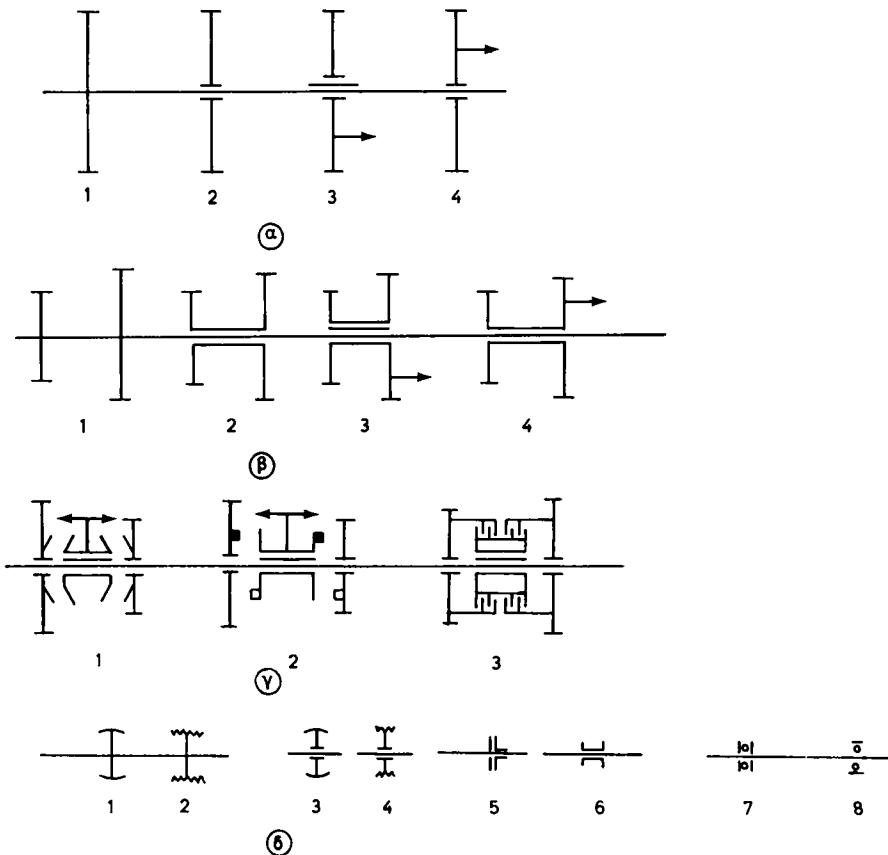
γ) με το **δικτυωτό διάγραμμα περιστροφικών ταχυτήτων (ή διάγραμμα Γκέρμαρ, Germer)** [σχ. 3.3θ(β)].

Το διάγραμμα αυτό το χαράσσομε με βάση το κινηματικό διάγραμμα του κιβωτίου μεταδόσεως κινήσεως [π.χ. το διάγραμμα του σχήματος 3.3θ(a)] ως εξής:

Σύρομε αξονικές ισαπέχουσες οριζόντιες ευθείες, που παριστάνουν τους άξονες του κιβωτίου και τις αριθμούμε αρχίζοντας από την είσοδο της κινήσεως προς τινέξοδό της με λατινικούς αριθμούς (I, II, III,...). Επάνω στις ευθείες αυτές ορίζομε ίσα διαστήματα με τη βοήθεια των σημείων A, B, Γ, ..., I. Κάθε σημείο παριστάνει μία περιστροφική ταχύτητα και κάθε διάστημα αντιπροσωπεύει το δεκαδικό λογάριθμο του προτυποποιημένου λόγου φ της γεωμετρικής προόδου, που ακολουθούν οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα εξόδου του κιβωτίου (του άξονα III στο σχήμα 3.3θ), δηλαδή λογφ. Το τελευταίο είναι προφανές επειδή για οποιεσδήποτε δύο διαδοχικές περιστροφικές ταχύτητες του άξονα III (π.χ. για τη  $n_{III_5}$  και  $n_{III_4}$ ) θα έχουμε:

$$n_{III_5} = n_{III_4} \cdot \phi \quad \text{η λογφ}_{III_5} = \log \phi + \log n_{III_4} \quad \text{η λογφ} = \log n_{III_5} - \log n_{III_4}$$

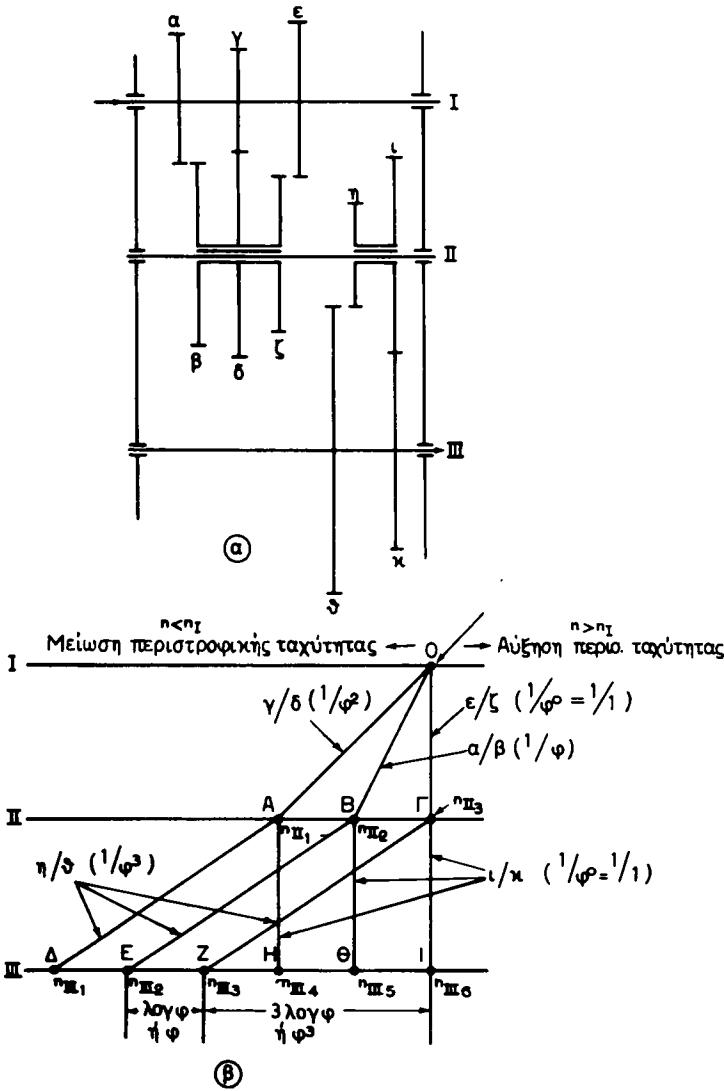
Αρχίζομε συνήθως από την περιστροφική ταχύτητα εισόδου  $n_I$  (σημείο 0) η οποία μπορεί να είναι και η περιστροφική ταχύτητα του ηλεκτροκινητήρα. Κάθε ζεύγος οδοντοτροχών με τη σχέση μεταδόσεως του παριστάνεται από μία ευθεία που ενώνει δύο σημεία διαδοχικών άξονων, δηλαδή τις δύο περιστροφικές ταχύτητες, που μας προσδιορίζουν τη σχέση μεταδόσεως που αντιπροσωπεύει η ευθεία. Επί πλέον παραδεχόμαστε ότι οι περιστροφικές ταχύτητες μειώνονται προσδευτικά καθώς προχωρούμε στο διάγραμμα προς τα αριστερά του σημείου 0 (η



Σχ. 3.3η.

Προτυποποιημένα σύμβολα διαφόρων στοιχείων μεταδόσεως κινήσεως. α) Παράλληλοι οδοντοτροχοί με ίσια δόντια: 1 σταθερός, 2 ελεύθερος, 3 ολισθαίνων σε πολύσφηνo άξονα, 4 ολισθαίνων. β) Πολλαπλοί παράλληλοι οδοντοτροχοί: 1 σταθερός, 2 ελεύθερος, 3 ολισθαίνων σε πολύσφηνo άξονα, 4 ολισθαίνων. γ) Συμπλέκτες οδοντοτροχού σε πολύσφηνo άξονα: 1 συμπλέκτης τριβής, 2 οδοντωτός συμπλέκτης, 3 πλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης. δ) Τροχαλία για πλατύ ιμάντα (1 σταθερή, 3 ελεύθερη), τροχαλία για τραπεζοειδή ιμάντα (2 σταθερή, 4 ελεύθερη), έδρανο ολισθήσεως (5 αξονικό, 6 ακτινικό), έδρανο κυλίσεως (7 αξονικό, 8 ακτινικό).

των προβολών του στους άξονες II και III, δηλαδή των σημείων Γ ή Ι, ενώ αυξάνονται δύο πηγαίνομε προς τα δεξιά, αν βέβαια οι περιστροφικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερες από τη  $\eta_I$ . Π.χ. στο σχήμα 3.3θ(β) η ευθεία OA παριστάνει το ζεύγος των οδοντωτών τροχών γ/δ που μεταδίδουν την κίνηση από τον άξονα I στον άξονα II, όπως και τη σχέση μεταδόσεως  $\eta_{II}/\eta_I$ , η οποία είναι ίση με  $1/\phi^2$  (το  $\phi^2$  εμφανίζεται, γιατί το σημείο A απέχει από το Γ, προβολή του O στον άξονα II, κατά δύο ίσα διαστήματα, δηλαδή κατά 2 λογφ, όπου αντιστοιχεί το  $\phi^2$ ). Άρα, η περιστροφική ταχύτητα που αντιπροσωπεύεται από το σημείο A, δηλαδή η  $\eta_{II}$ . Θα ισούται προς  $\eta_I/\phi^2$ . Ομοίως η περιστροφική ταχύτητα  $\eta_{III}$ , που φθάνει στον



Σχ. 3.30.

- α) Το κινηματικό διάγραμμα μιας μεταδόσεως κινήσεως (τρεις άξονες – εξ περιστροφικές ταχύτητες).  
 β) Ένα δίκτυων διάγραμμα περιστροφικών ταχυτήτων (ή διάγραμμα Γκέρμαρ) της μεταδόσεως κινήσεως που έχει το παραπάνω (α) κινηματικό διάγραμμα.

άξονα III μέσω των ζευγών οδοντοτροχών γ/δ και η/θ θα είναι  $\phi^3$  (το σημείο Δ απέχει κατά 3λογφ από το σημείο Η) φορές μικρότερη από τη  $\eta_{III_4}$ , που πραγματοποιείται με τη βοήθεια των ζευγών οδοντωτών τροχών γ/δ και ι/κ.

Στην περίπτωση ζεύξεως δύο αξόνων με διάφορα ζεύγη οδοντοτροχών π.χ. α/β και γ/δ (σχ. 3.31) που να έχουν το ίδιο μετρικό διαμετρικό βήμα (μοντούλ,  $m = t/\pi$ , όπου  $t$  είναι το βήμα της οδοντώσεως), ο αριθμός των δοντιών των οδοντοτροχών βρίσκεται ως εξής:

Έστω ότι  $Z_\alpha$ ,  $Z_\beta$ ,  $Z_\gamma$  και  $Z_\delta$  είναι ο αριθμός των δοντιών των οδοντοτροχών α, β, γ και δ αντίστοιχα. Με την προϋπόθεση ότι η κάθε σχέση μεταδόσεως της περιστροφικής κινήσεως από τον άξονα I στον άξονα II θα είναι το αντίστροφο μιας δυνάμεως ( $1/\phi^x$ ,  $1/\phi^y$  όπου  $x,y = 0,1,2\dots$ , γιατί έχουμε θεωρήσει σημεία A και B αριστερά του Γ) του προτυποποιημένου λόγου φ θα έχουμε:

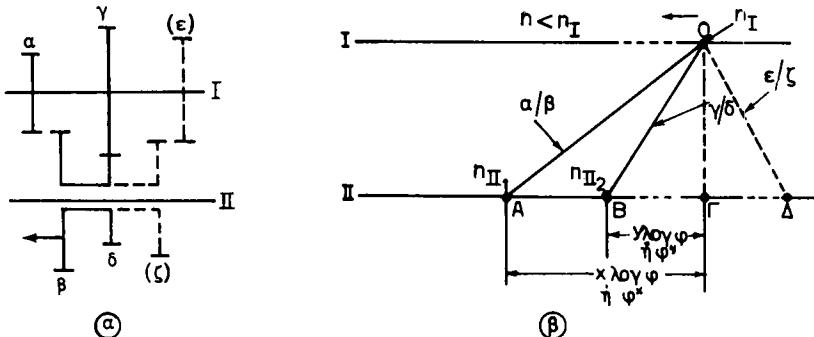
$$\frac{n_{II_1}}{n_I} = \frac{Z_\alpha}{Z_\beta} = \frac{1}{\phi^x} \quad \text{και} \quad \frac{n_{II_2}}{n_I} = \frac{Z_\gamma}{Z_\delta} = \frac{1}{\phi^y} \quad (3.11)$$

Προκύπτει άρα:  $Z_\beta = Z_\alpha \cdot \phi^x$  και  $Z_\delta = Z_\gamma \cdot \phi^y$ . Επειδή όμως η απόσταση ανάμεσα στους άξονες παραμένει σταθερή θα πρέπει:

$$Z_\alpha + Z_\beta = Z_\gamma + Z_\delta = K = \text{σταθερό} \quad (3.12)$$

Θεωρώντας τώρα τις σχέσεις (3.11) και (3.12) λαμβάνομε:

$$Z_\alpha = \frac{K}{1 + \phi^x} \quad Z_\beta = K - Z_\alpha, \quad Z_\gamma = \frac{K}{1 + \phi^y}, \quad Z_\delta = K - Z_\gamma \quad (3.13)$$



Σχ. 3.31.

Στοιχεία για το προσδιορισμό του αριθμού δοντιών οδοντοτροχών ζεύξεως δύο αξόνων. α) Κ νηματικό διάγραμμα. β) Αντίστοιχο δικτυωτό διάγραμμα.

Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε ότι κατά τη σχεδίαση των κιβωτίων μεταδόσεως κινήσεως ο ελάχιστος αριθμός δοντιών του μικρότερου οδοντοτροχού δεν θα πρέπει να είναι μικρότερος του 14 και η μέγιστη σχέση μεταδόσεως από άξονα σε άξονα οφείλει να κυμαίνεται ανάμεσα στο 1:4 και 1:0,5.

### Παράδειγμα.

Ας πούμε ότι σε ένα τόρνο θέλομε να κατεργαζόμαστε κομμάτια με διαμέτρους που να κυμαίνονται από  $d_\epsilon = 10 \text{ mm}$  μέχρι  $d_\mu = 30 \text{ mm}$  και με ταχύτητες κοπής που να ποικίλλουν μέσα στην περιοχή από  $u_\epsilon = 24 \text{ m/min}$  ως  $u_\mu = 44 \text{ m/min}$ . Ο τόρνος διαθέτει έξι περιστροφικές ταχύτητες στην ατρακτό του και η περιστροφική ταχύτητα εισόδου στο κιβώτιο είναι:  $n_I = 1400 \text{ στρ/min}$ .

Ζητούμε για το κιβώτιο ταχυτήτων του τόρνου αυτού τα ακόλουθα:

α) Να υπολογισθούν οι οριακές περιστροφικές ταχύτητες του κιβωτίου  $n_\epsilon$  και  $n_\mu$  και να εκλεγεί η προτυποποιημένη τιμή του λόγου φ.

β) Να χαραχθεί το δικτυωτό διάγραμμα του κιβωτίου, αν το κινηματικό του διάγραμμα έχει τη μορφή του σχήματος 3.3θ(α) και

γ) να υπολογισθεί ο αριθμός δοντιών όλων των οδοντοτροχών του κιβωτίου αυτού ταχυτήτων, αν ο αριθμός δοντιών του μικρότερου οδοντοτροχού κάθε μερικής μεταδόσεως κινήσεως είναι 20.

### **Ερώτημα (α):**

Με τη βοήθεια των τύπων (3.2) βρίσκομε:

$$\eta_{\mu} = \frac{1000 \times 44}{\pi \times 10} = 1400 \text{ στρ/min}, \quad \eta_{\epsilon} = \frac{1000 \times 24}{\pi \times 30} = 255 \text{ στρ/min}$$

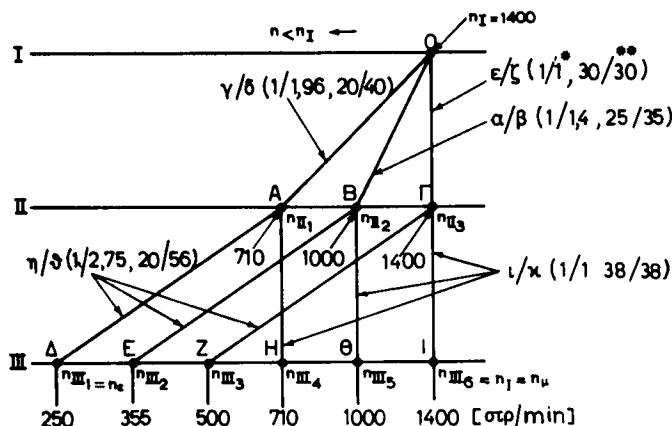
και από τη σχέση (3.5) υπολογίζομε το λόγο της γεωμετρικής προόδου που ακολουθούν οι περιστροφικές ταχύτητες του κιβωτίου, δηλαδή:

$$\phi = \left( \frac{1400}{255} \right)^{\left( \frac{1}{6-1} \right)} = (5,49)^{\frac{1}{5}} = 1,405$$

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη τιμή του Πίνακα 3.3.1 προς αυτή που υπολογίσαμε είναι η  $\phi = 1,4$ , την οποία και εκλέγομε. Επίσης είναι δυνατό να διορθώσομε και την ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα που βρήκαμε, ώστε να εξισωθεί με την προτυποποιημένη τιμή, δηλαδή με 250 στρ/min.

### **Ερώτημα (β):**

Είδαμε προηγουμένως ότι η μέγιστη περιστροφική ταχύτητα του κιβωτίου προσδιορίσθηκε σε  $\eta_{\mu} = 1400$  στρ/min, η οποία και είναι προτυποποιημένη της σειράς με λόγο  $\phi = 1,4$  (Πίνακας 3.3.1). Αρχίζομε τη χάραξη του δικτυωτού διάγραμματος του κιβωτίου από την περιστροφική ταχύτητα εισόδου  $\eta_1 = 1400$  στρ/min (σημείο Ο, σχ. 3.3ia). Επειδή η περιστροφική ταχύτητα εισόδου στο κιβώτιο συμπίπτει με τη μέγιστη περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου ( $\eta_1 = \eta_{\mu} = \eta_{III_2} = 1400$  στρ/min), μπορούμε να δεχθούμε τις σχέσεις μεταδόσεως που παριστάνονται από τις ευθείες ΟΓ (ε/ζ) και ΓΙ(ι/κ) ίσες με τη μονάδα. Η πρώτη μερική μετάδοση αποτελείται από τον τριπλό σταθερό οδοντοτροχό α- γ- ε στον άξονα I και τον ολισθαίνοντα τριπλό οδοντοτροχό β - δ - ζ στον άξονα II και κατά συνέπεια οι τρεις περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II θα παριστάνονται από τα γράμματα Α,Β και Γ. Οι οικείες σχέσεις μεταδόσεως αναγράφονται στο διάγραμμα. Η δεύτερη μερική μετάδοση περιλαμβάνει τον ολισθαίνοντα διπλό οδοντοτροχό η - ι στον άξονα II και το διπλό οδοντοτροχό θ - κ προσαρμοσμένο σταθερά στον άξονα III. Έτσι, όταν ο άξονας II π.χ. περιστρέφεται με ταχύτητα  $\eta_{II_1}$ , τότε ο άξονας III μπορεί να πάρει περιστροφική ταχύτητα  $\eta_{III_1}$  (σημείο Δ) με έμπλεξη του ζεύγους οδοντοτροχών η/θ και  $\eta_{III_4}$  (σημείο Η) με σύζευξη των οδοντοτροχών ι/κ. Ανάλογα, για περιστροφή του άξονα II με ταχύτητες  $\eta_{II_2}$  και  $\eta_{II_3}$  και κατάλληλη ζεύξη των οδοντοτροχών της δεύτερης μερικής μεταδόσεως είναι δυνατό να πάρει ο άξονας III και τις υπόλοιπες περιστροφικές ταχύτητες (σημεία Ε,Θ και Ζ,Ι).



Σχ. 3.3α.

Το δικτυωτό διάγραμμα της μεταδόσεως περιστροφικής κινήσεως του παραδείγματος [το αντίστοιχο κινηματικό διάγραμμα εικονίζεται στο σχήμα 2.3θ (a)]

\* Σχέση μεταδόσεως, \*\* Αριθμός δοντιών των οδοντοτροχών του ζεύγους ( $Z_\epsilon = 30$ ,  $Z_\zeta = 30$ ).

Ομοίως οι διάφορες σχέσεις μεταδόσεως (γραμμές ΑΔ, ΑΗ κλπ.), φαίνονται στο δικτυωτό διάγραμμα.

Με βάση τώρα την περιστροφική ταχύτητα εισόδου  $n_I = 1400$  str/min και τις γνωστές μας σχέσεις μεταδόσεως μπορούμε να προσδιορίσουμε τις υπόλοιπες (σε str/min) ως εξής:

$$n_{II_3} = n_I = 1400, \quad n_{II_2} = \frac{1400}{1.4} = 1000, \quad n_{II_1} = \frac{1400}{1.96} = 715$$

$$n_{III_6} = n_\mu = 1400, \quad n_{III_5} = n_{II_2} = 1000, \quad n_{III_4} = n_{II_1} = 715,$$

$$n_{III_3} = \frac{1400}{2.75} = 510$$

$$n_{III_2} = \frac{1000}{2.75} = 364, \quad n_{III_1} = \frac{715}{2.75} = 260$$

Ορισμένες από τις περιστροφικές αυτές ταχύτητες βλέπομε ότι αποκλίνουν κατά τι από τις προτυποποιημένες τους τιμές, τις οποίες και διορθώνομε σύμφωνα με τον Πίνακα 3.3.1. Έτσι θα έχουμε τελικά:

Στον άξονα II:  $n_{II_1} = 710$ ,  $n_{II_2} = 1000$ ,  $n_{II_3} = 1400$  str/min.

Στον άξονα III:  $n_{III_1} = 250$ ,  $n_{III_2} = 355$ ,  $n_{III_3} = 500$ ,  $n_{III_4} = 710$ ,  $n_{III_5} = 1000$ ,  $n_{III_6} = 1400$  str/min.

**Ερώτημα (γ):**

Έχομε εκλέξει για τους μικρότερους οδοντοτροχούς  $Z_\gamma = Z_\eta = 20$  δόντια.

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (3.11) και (3.13) βρίσκομε:

$$Z_\delta = 20 \times 1,96 = 39,2 \cong 40, \quad C = 20 + 40 = 60$$

$$Z_\alpha = \frac{60}{1+1,4} = \frac{60}{2,4} = 25, \quad Z_\beta = 60 - 25 = 35$$

$$Z_\epsilon = \frac{60}{1+1} = \frac{60}{2} = 30, \quad Z_\zeta = 60 - 30 = 30$$

$$Z_\eta = 20, \quad Z_\theta = 20 \times 2,8 = 56, \quad C = 20 + 56 = 76$$

$$Z_i = \frac{76}{1+1} = \frac{76}{2} = 38, \quad Z_k = 76 - 38 = 38$$

#### **Δ. Κιβώτια ταχυτήτων και κιβώτια προώσεων.**

##### **1. Κιβώτια ταχυτήτων.**

###### **α) Γενικά.**

Το κιβώτιο ταχυτήτων περιέχει τα διάφορα στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως (οδοντοτροχούς, άξονες, έδρανα, συμπλέκτες, κύρια άτρακτος κ.α) που όλα μαζί περιβάλλονται από κατάλληλα σχεδιασμένο για κάθε περίπτωση κέλυφος. Το κιβώτιο ταχυτήτων το συναντούμε είτε ως **ενσωματωμένο** με την κεφαλή της ατράκτου είτε ως **ξεχωριστό κιβώτιο** με ενδιάμεση μετάδοση προς την άτρακτο.

Για ικανοποιητική λειτουργία και απόδοση της εργαλειομηχανής, απαιτείται ομαλή χωρίς θορύβους κίνηση των οδοντοτροχών του κιβωτίου ταχυτήτων, όπως και χωρίς κραδασμούς κίνηση της ατράκτου. Αυτά επιβάλλουν την ενδεδειγμένη στιβαρότητα και ακρίβεια κατασκευής και συναρμολογήσεώς τους. Οι διάφοροι μηχανισμοί του κιβωτίου θα πρέπει να είναι εύκολα προσιτοί για παρατήρηση κατά τη λειτουργία, για εκτέλεση διαφόρων ρυθμίσεων και για προληπτική συντήρηση.

Κάθε κιβώτιο ταχυτήτων χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των αξόνων του και των περιστροφικών ταχυτήτων, τις οποίες παρέχει. Π.χ. ένα κιβώτιο ταχυτήτων (KT) με τρεις άξονες και έξι περιστροφικές ταχύτητες συμβολίζεται ως KT 3/6.

Το κέλυφος του κιβωτίου ταχυτήτων κατασκευάζεται συνήθως από φαιό χυτοσίδηρο και πολλές φορές από ειδικό χυτοσίδηρο.

Οι οδοντοτροχοί των συγχρόνων εργαλειομηχανών είναι κατασκευασμένοι από κατάλληλα χαλυβοκράματα επιβελτιώσεως (Πίνακας 3.6.3) και υφίστανται κατά κύριο λόγο λείανση σε ειδικά λειαντικά μηχανήματα οδοντώσεων μετά από τις θερμικές τους κατεργασίες. Και οι άξονες των κιβωτίων ταχυτήτων γίνονται από χάλυβες επιβελτιώσεως. Ως έδρανα των αξόνων αυτών χρησιμοποιούνται έδρανα κυλίσεως.

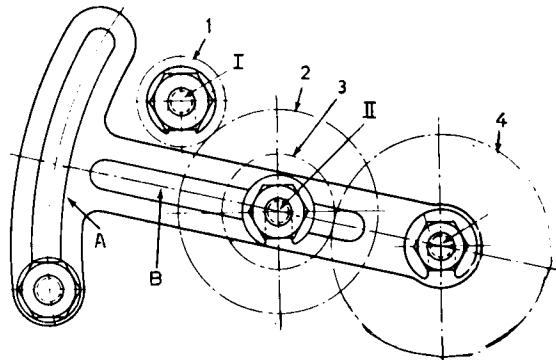
###### **β) Τρόποι αλλαγής περιστροφικών ταχυτήτων.**

Ανάλογα με τον τρόπο αλλαγής των περιστροφικών ταχυτήτων, συναντούμε στις εργαλειομηχανές τα εξής είδη από κιβώτια ταχυτήτων:

— **Κιβώτια ταχυτήτων με ανταλλαντικούς οδοντοτροχούς.** Η αλλαγή ταχυτήτων εδώ επιτυγχάνεται με ανταλλαντικούς οδοντοτροχούς κατάλληλης σχέσεως μετα-

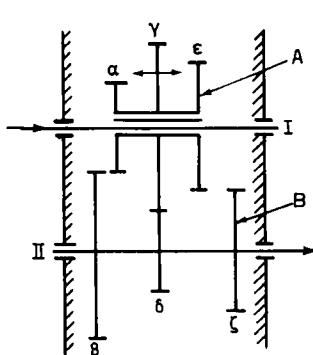
δόσεως που παρεμβάλλονται ανάμεσα σε γειτονικούς άξονες με σταθερή όμως απόσταση [ο συνολικός αριθμός δοντιών κάθε ζεύγους, εφ' όσον οι οδοντοτροχοί έχουν το ίδιο μετρικό διαμετρικό βήμα, θα πρέπει να είναι σταθερός, σχέση (3.12)]. Τα κιβώτια ταχυτήτων αυτού του είδους βρίσκουν εφαρμογή, όπου ο αριθμός των περιστροφικών ταχυτήτων είναι σημαντικά περιορισμένος και όπου αλλαγές στην περιστροφική ταχύτητα γίνονται κατά αραιά σχετικά χρονικά διαστήματα (π.χ. σε αυστηρά εξειδικευμένες εργαλειομηχανές, σε αυτόματους και ημιαυτόματους τόρνους, όπως και σε περιπτώσεις μηχανών γενικής χρήσεως που θα χρησιμοποιηθούν για την κατεργασία κομματιών σε μεγάλες παρτίδες).

Σε περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερος αριθμός περιστροφικών ταχυτήτων μπορούμε να μεταχειρισθούμε τη διάταξη του σχήματος 3.3ιβ.



Σχ. 3.3ιβ.

Διάταξη σε κιβώτιο ταχυτήτων με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς για επίτευξη μεγάλου σχετικά αριθμού περιστροφικών ταχυτήτων. Οι άξονες I και III είναι σταθεροί, ενώ η θέση του ενδιάμεσου άξονα II ρυθμίζεται με γραμμική κίνηση στο φορέα A (κιθάρα) κατά μήκος της ακτινικής εγκοπής B και με περιστροφή γύρω στον άξονα III. (I κινητήριος άξονας, III κινούμενος άξονας, II ενδιάμεσος άξονας, 1, 2, 3, 4 οδοντοτροχοί).



Σχ. 3.3ιγ.

Η αρχή λειτουργίας ενός κιβωτίου ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς.

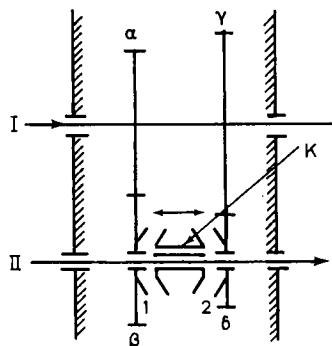
**Κιβώτια ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς.** Στα κιβώτια αυτά (σχ. 3.3ιγ) χρησιμοποιούνται πολλαπλοί οδοντοτροχοί A με μικρό πλάτος (για να προ-

κύπτουν τελικά μικρές διαστάσεις του κιβωτίου ταχυτήτων), οι οποίοι ολισθαίνοντας στον αξονά τους εμπλέκονται με σταθερούς πολλαπλούς οδοντοτροχούς Β με μεγάλο σχετικά πλάτος. Για να επιτύχομε κανονική έμπλεξη σε ένα ζεύγος οδοντοτροχών, θα πρέπει η ζεύξη αυτή να αρχίζει τότε και μόνο, όταν το προηγούμενο σε έμπλεξη ζεύγος έχει εντελώς αποζευχθεί.

Οι ολισθαίνοντες οδοντοτροχοί προσαρμόζονται σε πολύσφηνους άξονες. Χρησιμοποιούνται μόνο παράλληλοι οδοντοτροχοί με ίσα δόντια.

Με τα κιβώτια ταχυτήτων αυτού του είδους έχουμε δυνατότητα για μεταφορά μεγάλης ισχύος και ροπής στρέψεως. Ακόμα για δοσμένη ζεύξη, εμπλέκονται μόνο οι οδοντοτροχοί που μεταφέρουν την ισχύ και συνεπώς οι λοιποί οδοντοτροχοί που δεν εμπλέκονται δεν παθαίνουν καμιά φθορά. Εξαιτίας των σημαντικών αυτών πλεονεκτημάτων τους, τα κιβώτια ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντωτούς τροχούς χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις γενικής κυρίως χρήσεως εργαλειομηχανές, παρ' όλο ότι παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως είναι η δυσκολία αλλαγής ταχυτήτων εν κινήσει και η φθορά των οδοντοτροχών στην περίπτωση αυτή.

— **Κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτες.** Στο σχήμα 3.3ιδ βλέπουμε πώς γίνεται η αλλαγή περιστροφικών ταχυτήτων με τη βοήθεια συμπλέκτων. Ο σταθερός πολλαπλός οδοντοτροχός (στεφάνες α και γ) προσαρμόζεται στον κινητήριο άξονα I, ενώ οι απλοί οδοντοτροχοί β και δ ελεύθερα ολισθαίνοντας στον κινούμενο άξονα II μπορούν να συνδέονται με αυτόν μέσω του συμπλέκτη K (1: αριστερά, 2: δεξιά). Έτσι, επιτυγχάνομε, ώστε ο άξονας II να κινείται είτε με έμπλεξη των οδοντοτροχών α/β και μετακίνηση του συμπλέκτη στη θέση 1 είτε μέσω του ζεύγους οδοντών τροχών γ/δ και μετατόπιση του συμπλέκτη στη θέση 2.



Σχ. 3.3ιδ.

Πώς λειτουργεί το κιβώτιο ταχυτήτων με συμπλέκτες.

Στα κιβώτια ταχυτήτων χρησιμοποιούνται τόσο **οδοντωτοί συμπλέκτες**, όσο και **συμπλέκτες τριβής**. (Για περισσότερες πληροφορίες παραπέμπομε στα Στοιχεία Μηχανών του Ιδρύματος Ευγενίδου, παράγρ. 7.3). Τους συμπλέκτες τριβής τους συναντούμε ως κυλινδρικούς, ως συμπλέκτες με κώνο τριβής, και ως συμπλέκτες με πολλούς επίπεδους δίσκους (πολύδισκοι συμπλέκτες).

Τα κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτες μας παρέχουν τη δυνατότητα για χρησιμοποίηση και παραλλήλων οδοντοτροχών με ελικοειδή δόντια. Στις σύγχρονες ερ-

γαλειομηχανές η χρήση οδοντωτών συμπλεκτών είναι περιορισμένη λόγω σημαντικών μειονεκτημάτων τους, ενώ οι συμπλέκτες τριβής εφαρμόζονται ευρύτατα στα κιβώτια ταχυτήτων. Και αυτό γιατί στα κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτες τριβής επιτυγχάνεται εύκολη, γρήγορη και ομαλή αλλαγή περιστροφικών ταχυτήτων εν κινήσει με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του χρόνου χειρισμών της εργαλειομηχανής. Και τα κιβώτια όμως αυτά δεν απαλλάσσονται από μειονεκτήματα, όπως είναι η περιορισμένη ισχύ που μεταφέρουν, οι σοβαρές απώλειες ενέργειας λόγω τριβής και επί πλέον ορισμένες λειτουργικές ανωμαλίες τους (ολισθηρότητα και υπερθέρμανση του συμπλέκτη, ανάγκη συχνών ρυθμίσεων κ.α.).

## 2. Κιβώτια προώσεων.

Το κιβώτιο προώσεων παίρνει κίνηση συνήθως είτε από ιδιαίτερο ηλεκτροκινητήρα είτε από την κύρια άτρακτο της εργαλειομηχανής με τη βοήθεια οδοντοτροχών, ιμάντα ή αλυσίδας και τοποθετείται μπροστά από το στοιχείο προώσεως (π.χ. από τη ράβδο προώσεων στους τόρνους ή γενικότερα από τον οδηγό κοχλία μιας εργαλειομηχανής).

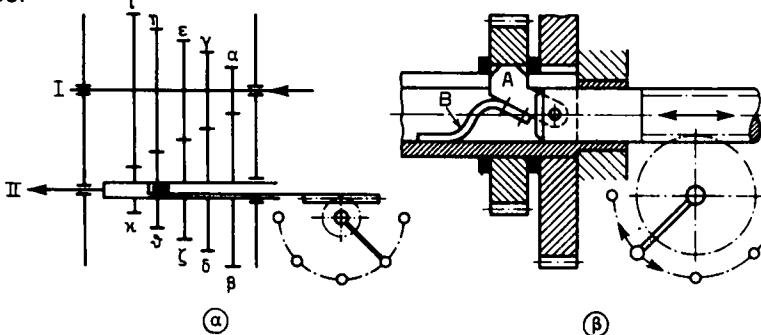
Οι παρατηρήσεις που έχουμε κάμει σχετικά με την κατασκευή των κιβωτίων ταχυτήτων στην παράγραφο 3.3.2 ( $\Delta$ ) ισχύουν και για τα κιβώτια προώσεων.

Συναντούμε τα ακόλουθα είδη από κιβώτια προώσεων:

a) **Κιβώτια προώσεων με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς.** Βρίσκουν εφαρμογή σε εργαλειομηχανές, όπου δεν απαιτείται συχνή αλλαγή προώσεων (π.χ. σε αυτόματες, ημιαυτόματες και εξειδικευμένες εργαλειομηχανές).

b) **Κιβώτια προώσεων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς.** Είναι κατάλληλα για συχνές αλλαγές στην πρόωση και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται σε εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως. Χρησιμοποιούνται αποδοτικά σε βαριές εργαλειομηχανές, γιατί έχουν τη δυνατότητα μεταφοράς μεγάλης ισχύος.

γ) **Κιβώτια προώσεων με ολισθαίνουσα σφήνα** (σχ. 3.3ie). Στο κιβώτιο προώσεων αυτού του είδους οι οδοντοτροχοί του κινούμενου άξονα II, σε συνεχή έμπλεξη με τους αντίστοιχους σταθερούς οδοντοτροχούς του κινητήριου άξονα I, είναι ελεύθεροι. Ο καθένας όμως από τους ελεύθερους οδοντοτροχούς του άξονα II μπορεί να συνδεθεί με τον άξονα αυτό με μια σφήνα A, που ολισθαίνοντας κατά μήκους του άξονα έχει τη δυνατότητα να μετακινείται κάθε φορά ακτινικά με τη βοήθεια ενός ελατηρίου B και να εισέρχεται σε αντίστοιχη υποδοχή του οδοντοτροχού.

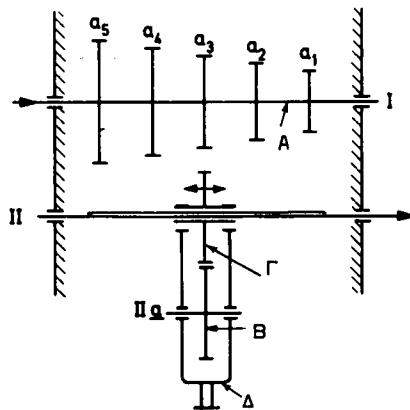


Σχ. 3.3ie.

Η αρχή λειτουργίας του κιβωτίου προώσεων με ολισθαίνουσα σφήνα. α) Κινηματικό διάγραμμα. β) Κατασκευαστική διαμόρφωση.

Με τα κιβώτια αυτά επιτυγχάνομε μεγάλο αριθμό βημάτων προώσεων (ή ταχύτων προώσεων) με μικρή σχετικά αξονική απόσταση του κιβωτίου. Ακόμα έχουμε τη δυνατότητα χρησιμοποιήσεως και παραλλήλων οδοντοτροχών με ελικοειδή δόντια. Εξ αιτίας όμως σοβαρών μειονεκτημάτων της σφήνας και του σφηνοδρόμου (σημαντική φθορά με τη λειτουργία, μικρές επιφάνειες της σφήνας για τη μεταφορά του φορτίου κ.α.), η χρησιμοποίηση των κιβωτίων αυτών περιορίζεται σε περιπτώσεις μεταφοράς μικρής ροπής στρέψεως, όπως σε μικρά δράπανα και μικρούς πυργωτούς τόρνους.

**δ) Κιβώτια προώσεων τύπου Νόρτον (Norton).** Η κινηματική διάταξη ενός τέτοιου κιβωτίου φαίνεται στο σχήμα 3.3ιστ. Η μετάδοση της κινήσεως από τον άξονα I στον άξονα II λαμβάνει χώρα μέσω του σταθερού πολλαπλού οδοντοτροχού A ( $a_1, \dots, a_5$ ), του ενδιάμεσου οδοντοτροχού B και του συνδεόμενου με τον άξονα II οδοντοτροχού Γ, που θα πρέπει να ολισθαίνει κατά μήκος του άξονα II οδοντοτροχού B και Γ προσαρμόζονται στο μοχλό - φορέα Δ. Ο φορέας Δ μαζί με τους οδοντοτροχούς B και Γ έχει δυνατότητα μετακινήσεως κατά μήκος του άξονα II και περιστροφής.



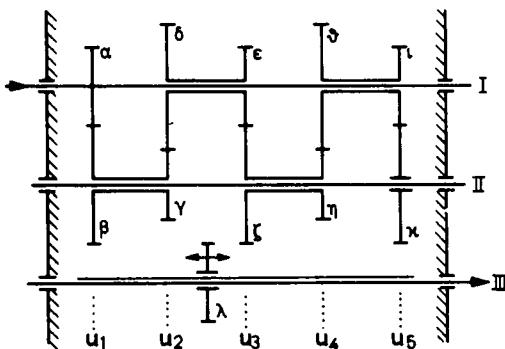
Σχ. 3.3ιστ.

Κινηματικό διάγραμμα ενός κιβωτίου προώσεων τύπου Νόρτον.

Το κιβώτιο Νόρτον έχει τα πλεονεκτήματα ότι μπορεί να μας δώσει μεγάλο σχετικά αριθμό βημάτων προώσεων και ότι κάθε φορά εμπλέκεται μόνο το ζεύγος οδοντοτροχών που μεταφέρει την ισχύ. Ο μοχλός - φορέας Δ όμως είναι αρκετά ευαίσθητος σε φορτία και γι' αυτό το λόγο το κιβώτιο Νόρτον το μεταχειρίζόμαστε για τη μεταφορά χαμηλής σχετικά ισχύος (π.χ. σε κιβώτια προώσεων τόρνων).

**ε) Το κιβώτιο προώσεων τύπου Μεάντερ (Mäander).** Εδώ (σχ. 3.3ιζ), στον κινητήριο άξονα I και στον ενδιάμεσο II προσαρμόζεται εν σειρά ένας αριθμός από απαράλλακτους ελεύθερους διπλούς οδοντοτροχούς. Ο κινούμενος άξονας III παίρνει κίνηση είτε μέσω ενός οδοντοτροχού που ολισθαίνει κατά μήκος του και εμπλέκεται με τη μεγαλύτερη στεφάνη των διπλών οδοντοτροχών είτε με τη βοήθεια ενός μοχλού φορέα, στον οποίο τοποθετούνται δύο οδοντοτροχοί, όπως και στο κιβώτιο Νόρτον. Η σχέση μεταδόσεως ανάμεσα στους άξονες I και III θα εξαρτηθεί από τη θέση εμπλοκής που παίρνει ο οδοντοτροχός λ ή ο ενδιάμεσος ο-

δοντοτροχός του μοχλού - φορέα σε σχέση με τις στεφάνες των διπλών οδοντοτροχών του άξονα II. Π.χ. για εμπλοκή του ολισθαίνοντα οδοντοτροχού λ με τον τροχό ζ του άξονα II η συνολική σχέση μεταδόσεως  $u_3$  θα προκύψει από εμπλοκή των ζευγών οδοντοτροχών  $\alpha/\beta, \gamma/\delta, \epsilon/\zeta, \eta/\lambda$ .



Σχ. 3.3ιζ.

Πώς λειτουργεί το κιβώτιο προώσεων τύπου Μεάντερ.

### 3.3.3 Μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

Με το είδος αυτό μεταδόσεως περιστροφικής κινήσεως μας δίνεται η δυνατότητα να παίρνομε οποιαδήποτε τιμή περιστροφικής ταχύτητας [και από οποιαδήποτε ταχύτητας κοπής, σχέση (3.1)] και προώσεως (ή ταχύτητας προώσεως) μέσα σε δοσμένα όρια μεταβολής τους.

Αυτό έχει ως συνέπεια πιο αποδοτική εκμετάλλευση της εργαλειομηχανής. Ακόμα σε μια τέτοια μετάδοση κινήσεως η αλλαγή περιστροφικών ταχυτήτων ή προώσεων γίνεται εύκολα εν κινήσει, γεγονός που είναι αρκετά σημαντικό.

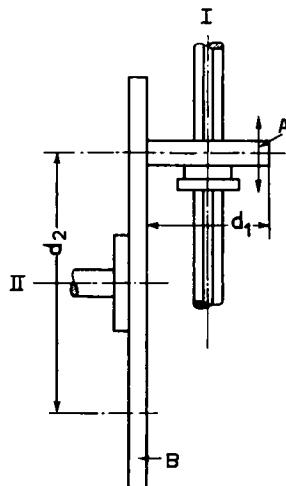
Τη μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως, που χρησιμοποιείται ευρύτατα στις σύγχρονες εργαλειομηχανές, τη συναντούμε ως **μηχανική, ηλεκτρική και υδραυλική**.

Παρακάτω θα μιλήσουμε συνοπτικά για τη μηχανική μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές, η οποία χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά. Για την ηλεκτρική μετάδοση θα πούμε λίγα λόγια στην παράγραφο 3.4.2. Υδραυλική μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως σπάνια χρησιμοποιείται λόγω του ψηλού κόστους της και του πολύ χαμηλού βαθμού αποδόσεώς της.

Τα κυριότερα από τα είδη μηχανικής μεταδόσεως συνεχούς περιστροφικής ταχύτητας είναι τα ακόλουθα:

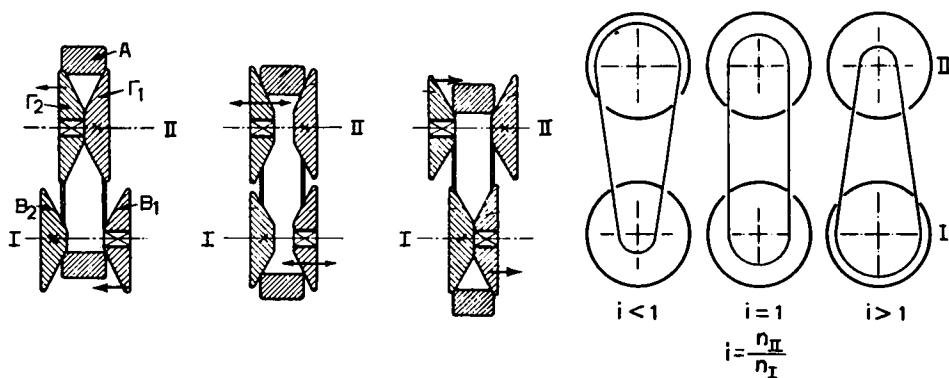
#### 1. Απλή μετάδοση με τριβή (σχ. 3.3ιη).

Είναι μία στοιχειώδης συνεχής μετάδοση περιστροφικής κινήσεως, όπου ένας τροχός τριβής A με διάμετρο  $d_1$ , έρχεται σε κατευθείας επαφή πιεζόμενος με ένα δίσκο B, τον οποίο και περιστρέφει. Με αξονική μετατόπιση του τροχού A μπορούμε να επιτύχουμε μεταβολή της ενεργού διαμέτρου  $d_2$  του δίσκου B έτσι, ώστε η σχέση μεταδόσεως κινήσεως  $d_1/d_2$  ανάμεσα στους άξονες I και II να μεταβάλλεται



Σχ. 3.3ιη.

Απλή μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως με τριβή.



Σχ. 3.3ιθ.

Η αρχή της μεταδόσεως συνεχούς περιστροφικής κινήσεως μέσω ρυθμιζόμενων δίδυμων κώνων και χαλύβδινου δακτυλίου.

κατά πολύ μικρά βήματα. Η μετάδοση αυτή κινήσεως πρακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σχέσεις μεταδόσεως μέχρι 1:4.

## 2. Μετάδοση με τριβή μέσω ρυθμιζόμενων δίδυμων κώνων και χαλύβδινου δακτυλίου (σχ. 3.3ιθ).

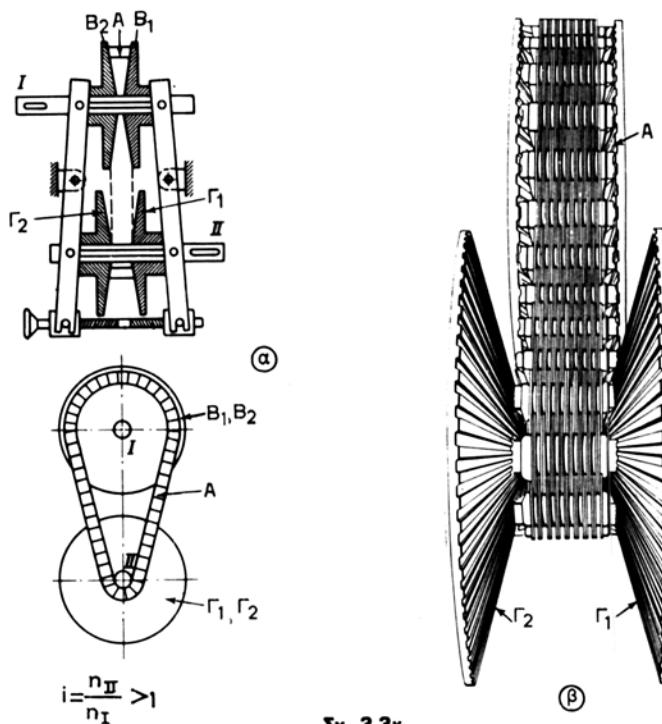
Εδώ η μετάδοση κινήσεως από τον άξονα I στον άξονα II επιτυγχάνεται πάλι με τριβή, αλλά με τη βοήθεια κατάλληλου χαλύβδινου δακτυλίου (ή και κατάλληλου ιμάντα). Ο δακτύλιος Α κατασκευασμένος από χαλυβόκραμα και λειασμένος βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια δύο δίδυμων κώνων  $B_1$  και  $B_2$  και  $\Gamma_1$  και  $\Gamma_2$ . Με σύγχρονη αξονική μετατόπιση των κώνων  $B_1$  και  $\Gamma_2$  είναι δυνατό να επιτύχουμε μεταβολή της σχέσεως μεταδόσεως κατά πολύ μικρά βήματα. Με τον τρόπο αυτό

μπορούμε να πάρομε σχέσεις μεταδόσεως από 1:3 μέχρι 3:1, δηλαδή σχέση των ακραίων περιστροφικών ταχυτήτων  $\eta_{\mu}/\eta_{\epsilon} = 9$ .

### 3. Μετάδοση με ατέρμονη αλυσίδα και τροχούς με ρυθμιζόμενους δίδυμους κώνους (ή μετάδοση PIV) (σχ. 3.3κ).

Στις μεταδόσεις συνεχούς περιστροφικής κινήσεως, για τις οποίες μιλήσαμε μέχρι τώρα, λόγω της τριβής παραπτηρούνται ολισθήσεις ανάμεσα στα μέλη της μεταδόσεως και συνεπώς χάνει ακρίβεια η σχέση μεταδόσεως. Το μειονέκτημα αυτό το αποφεύγομε με χρήση ατέρμονης αλυσίδας και τροχών, όπως θα εξηγήσουμε ευθύς αμέσως.

Στη μετάδοση αυτή μία ατέρμονη αλυσίδα Α μεταφέρει την κίνηση από ένα τροχό προσαρμοσμένο στον άξονα I σε έναν άλλο τροχό προσαρμοσμένο στον άξονα II. Κάθε ένας από τους δύο αυτούς τροχούς της αλυσίδας αποτελείται από ένα ζεύγος δίδυμων κώνων  $B_1$ ,  $B_2$  και  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$  (τον ένα απέναντι στον άλλο) που έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται αξονικά με τη βοήθεια ενός συστήματος κοχλία - περικοχλίου και μοχλών. Η αλυσίδα διατηρείται τεντωμένη, όσο χρειάζεται, με ελατηριωτές τροχαλίες τανύσεως. Η αξονική μετατόπιση των δίδυμων κώνων των δύο τροχών έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της ενεργού τους διαμέτρου, άρα και της σχέσεως μεταδόσεως από τον άξονα I στον άξονα II και τελικά της περιστροφικής ταχύτητας του άξονα II. Η μετάδοση αυτή συνεχής κινήσεως είναι γνωστή και ως **μετάδοση PIV**.



Σχ. 3.3κ.

α) Πώς λειτουργεί η μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως PIV (με ατέρμονα αλυσίδα και ρυθμιζόμενους δίδυμους κώνους). β) Η μορφή των δίδυμων κώνων  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$  και της ατέρμονης αλυσίδας Α.

### 3.3.4 Η μεταφορική κίνηση στις εργαλειομηχανές.

Η μεταφορική (ευθύγραμμη) κίνηση στις εργαλειομηχανές μας είναι χρήσιμη τόσο ως πρωτεύουσα κίνηση [π.χ. στο πλάνισμα, σχ. 1.3γ(α), 1.3δ(α), όσο και ως κίνηση προώσεως [π.χ. στην τόρνευση, σχ. 1.3α(α), στο φραιζάρισμα, σχ. 1.3στ(α), (γ) κ.α.]. Την κίνηση αυτή μπορούμε να την πραγματοποιήσουμε **υδραυλικά** μέσω κυλίνδρου και εμβόλου (παράγρ. 3.5.3) και **μηχανικά** με τη βοήθεια μηχανισμών που μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση σε μεταφορική. Τέτοια κινηματικά ζεύγη είναι τα εξής:

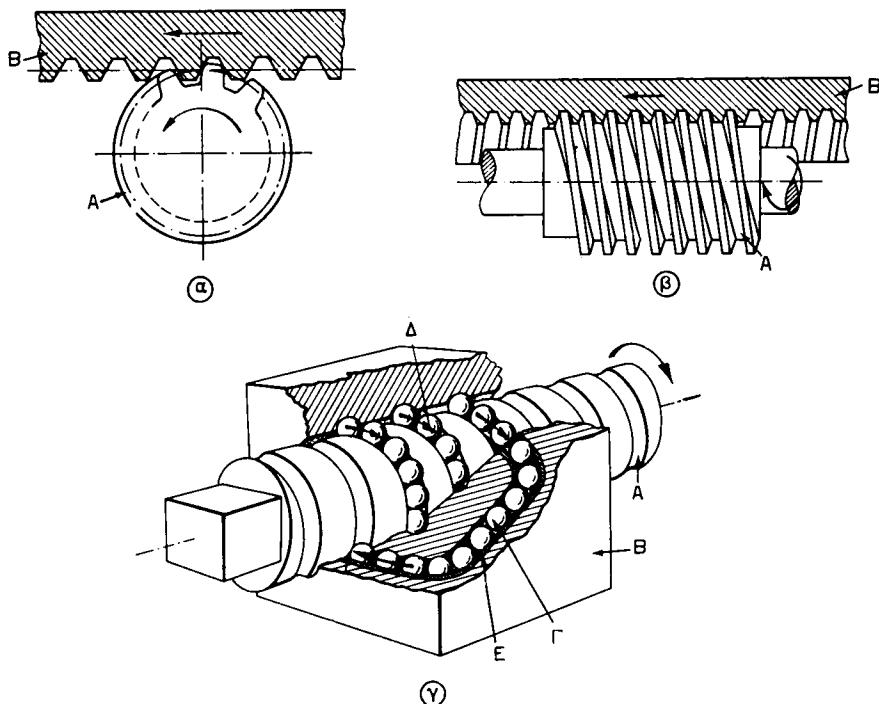
- Οδοντωτός τροχός — οδοντωτός κανόνας.
- Ατέρμονας κοχλίας — οδοντωτός κανόνας και κοχλίας — περικόχλιο.

Για την παλινδρομική μεταφορική κίνηση θα μιλήσουμε στην παράγραφο 7.2.1 (Α)(2) τη σχετική με τη μετάδοση κινήσεως στις πλάνες.

#### 1. Το ζεύγος οδοντωτού τροχού — οδοντωτού κανόνα [σχ. 3.3κα(α)].

Τό ζεύγος αύτό έχει τά άκολουθα κύρια χαρακτηριστικά:

α) Σε μία περιστροφή τού όδοντοτροχού Α ο όδοντωτός κανόνας Β μετακινεῖται κατά μῆκος ίσο μέ τήν άρχική περιφέρεια τού όδοντοτροχού. Έπειδή, όπως βλέπο-



Σχ. 3.3κα.

Μετάδοση μεταφορικής κινήσεως: α) Το ζεύγος οδοντοτροχού - οδοντωτού κανόνα. β) Το ζεύγος ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα. γ) Ζεύγος κοχλία A - περικόχλιο B με τριβείς κυλίσεως ανακυκλωνόμενους (Γ σφαίρα, Δ φορά κινήσεως σφαιρών, Ε αγωγός ανακυκλώσεως σφαιρών).

με οι μετακινήσεις είναι δυνατό να είναι μεγάλες, το ζεύγος αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία της πρωτεύουσας κινήσεως π.χ. σε πλάνες.

β) Από σφάλματα στην οδόντωση, η κίνηση του κανόνα δεν έχει ψηλό βαθμό ομοιομορφίας και συνεπώς το ζεύγος οδοντωτού τροχού – οδοντωτού κανόνα δεν είναι το ενδεδειγμένο για κίνηση προώσεως σε εργαλειομηχανές ακριβείας.

Το ζεύγος αυτό χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε τραπεζοπλάνες. Κατασκευάζεται από ειδικό χυτοσίδηρο ή από ανθρακούχο χάλυβα κατασκευών (π.χ. από St 50).

## **2. Το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – οδοντωτού κανόνα [σχ. 3.3κα(β)].**

Δίνει σε σχέση με το προηγούμενο ζεύγος μεταδόσεως μεταφορικής κινήσεως μικρότερες σχέσεις μεταφοράς (σχέση μεταφοράς είναι η μετατόπιση του κανόνα σε μία περιστροφή του ατέρμονα κοχλία ή του οδοντωτού τροχού) και πιο ομοιόμορφη κίνηση του οδοντωτού κανόνα. Τα μέλη αυτού του ζεύγους (ο ατέρμονας κοχλίας Α και οδοντωτός κανόνας Β) κατασκευάζονται πιο δύσκολα από ό,τι τα μέλη του ζεύγους οδοντοτροχού – οδοντωτού κανόνα και έχουν ψηλότερο κόστος. Συνήθως ο ατέρμονας κοχλίας κατασκευάζεται από χάλυβα ενανθρακώσεως [μετά την ενανθράκωση υφίσταται τις προβλεπόμενες θερμικές κατεργασίες, Συμπλήρωμα, παραγρ. 3.3(Η)], ενώ ο οδοντωτός κανόνας από ειδικό χυτοσίδηρο με καλές ιδιότητες αντιφθοράς.

## **3. Ο οδηγός κοχλίας – περικόχλιο.**

Το ζεύγος κοχλίας περικοχλίου χρησιμοποιείται ευρύτατα στις εργαλειομηχανές για τη δημιουργία μεταφορικής κινήσεως. Και αυτό γιατί παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους άλλους μηχανισμούς μεταδόσεως μεταφορικής κινήσεως, που μόλις τώρα αναφέραμε, δηλαδή: Μπορεί να δώσει χαμηλές σχέσεις μεταφοράς (με σπείρωμα μιας αρχής), άρα και χαμηλές ταχύτητες προώσεως. Έπι πλέον με το ζεύγος αυτό επιτυγχάνομε ομοιόμορφη, ομαλή και ακριβή μεταφορική κίνηση, ανάλογα βέβαια με την ακρίβεια κατασκευής του κοχλία και του περικοχλίου. Τέλος, το ζεύγος κοχλία - περικοχλίου έχει καλές ιδιότητες αυτοπεδήσεως, πράγμα που διευκολύνει τη χρησιμοποίησή του σε κατακόρυφες κινήσεις.

Ο κοχλίας του ζεύγους, όταν αυτό δίνει την κίνηση προώσεως σε μιαν εργαλειομηχανή, ονομάζεται **οδηγός κοχλίας** της εργαλειομηχανής.

Οι οδηγοί κοχλίες των εργαλειομηχανών κατασκευάζονται σε διάφορες στάθμες ή κλάσεις ακριβείας σύμφωνα με τις ισχύουσες κατά περίπτωση προδιαγραφές. Ανάλογα με την κλάση ακριβείας τους οι οδηγοί κοχλίες κατασκευάζονται από καθαρούς ανθρακούχους χάλυβες με διαφορετική όμως περιεκτικότητα σε άνθρακα. Π.χ. ο οδηγός κοχλίας της ανώτατης ποσότητας κατασκευάζεται από ανθρακούχο χάλυβα εργαλείων με περιεκτικότητα σε άνθρακα περίπου 1% ή 1,2%, ενώ για τις κατώτερες ποιότητες οδηγών κοχλιών χρησιμοποιείται ανθρακούχος χάλυβας κατασκευών με άνθρακα περίπου 0,65%.

Τα περικόχλια κατασκευάζονται για μεν τις ανώτερες κλάσεις ακρίβειας αποκλειστικά από κρατέρωμα, ενώ για τις κατώτερες από χυτοσίδηρο αντιφθοράς. Διαμορφώνονται διμερή. Το ένα τμήμα του περικοχλίου στηρίζεται σταθερά, ενώ το άλλο μπορεί να ρυθμίζεται αξονικά (για **περιορισμό της χάρης** ανάμεσα στον κο-

χλία και στο περικόχλιο, όταν η χάρη ξεπεράσει τα οριά της από φθορά με τη χρήση ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο) με τη βοήθεια σφήνας, ρυθμιστικού περικοχλίου, ελατηρίου ή υδραυλικά.

Για μείωση της τριβής μεταξύ περικοχλίου και κοχλίου, άρα και της φθοράς τους, χρησιμοποιούται ζεύγη κοχλίου — περικοχλίου με τριβείς κυλίσεως [ρουλέμαν, σχ. 3.3κα(γ)], που ανακυκλώνονται.

### **3.3.5 Η περιοδική κίνηση στις εργαλειομηχανές.**

Σε ορισμένες κατεργασίες είναι αναγκαία περιοδική αλλαγή της σχετικής θέσεως του εργαλείου (ή των εργαλείων) ως προς το κομμάτι. Αυτό μπορεί να γίνεται με μεταφορική κίνηση σε καθορισμένο μήκος ή με περιστροφή κατά δοσμένη γωνία. Ως τέτοιες κινήσεις αναφέρομε την κίνηση προώσεως στη βραχεία πλάνη [σχ. 1.3γ(α)] ή στην τραπεζοπλάνη [σχ. 1.3δ (α)] και στα λειαντικά μηχανήματα [σχ. 1.3η(α), (β)], την περιστροφή του εργαλειοφορείου πυργωτού τόρνου [σχ. 1.1θ(α) ΜΤ-ΕΙ], όπως και κινήσεις σε αυτόματες ή ημιαυτόματες εργαλειομηχανές, όπου επιτελείται κύκλος κατεργασίας. Η ακρίβεια των κινήσεων αυτών στις περιπτώσεις που αναφέραμε, αλλά και σε άλλες παρόμοιες, θα πρέπει να είναι σχετικά μεγάλη.

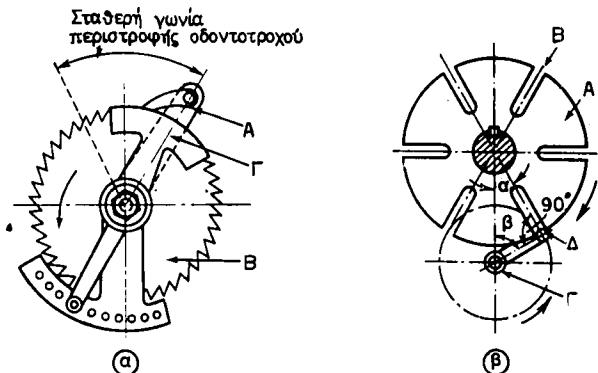
Οι περιοδικές κινήσεις στις σύγχρονες εργαλειομηχανές επιτυγχάνονται: με το μηχανισμό εκκέντρου ή συμπλέκτη, με τη διάταξη καστάνιας (επισχέστρου) — οδοντοτροχού, με τη διάταξη τροχού με εγκοπές — στροφάλου ή με ποικίλες άλλες ηλεκτρικές, υδραυλικές ή πνευματικές διατάξεις.

#### **1. Μηχανισμός εκκέντρου και μηχανισμός συμπλέκτη.**

Με το μηχανισμό εκκέντρου επιτυγχάνομε μικρές σχετικά μετατοπίσεις. Ο μηχανισμός συμπλέκτη βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις, όπου είναι επιθυμητή περιοδική κίνηση από παλινδρομική κίνηση προς τη μία όμως φορά. Εδώ, κατά τη μία διαδρομή ο συμπλέκτης παρέχει σταθερή σύνδεση στα αντίστοιχα μέλη της μεταδόσεως κινήσεως, ενώ κατά την αντίθετη διαδρομή, αποσυμπλέκεται και έτσι λύνεται η σύνδεση αυτή.

#### **2. Διάταξη καστάνιας — οδοντοτροχού.**

Ενδείκνυται ιδιαίτερα, όπου η μετακίνηση θα πρέπει να εκτελεσθεί γρήγορα. Άρα μπορεί η διάταξη αυτή να χρησιμοποιηθεί σε μηχανισμούς προώσεως, όπου η διακοπτόμενη κίνηση προώσεως θα πρέπει να γίνει στο τέλος της διαδρομής γρήγορης επαναφοράς, όπως στις πλάνες [παράγρ. 7.2.1Α (3)] και στα λειαντικά μηχανήματα. Εδώ, η καστάνια Α περιστρέφει τον οδοντωτό τροχό Β κατάλληλης μορφής [σχ. 3.3κβ(α)] κατά ορισμένη εκάστοτε γωνία προς τη φορά του βέλους. Ο οδοντωτός τροχός συνδέεται κινηματικά με κοχλία, ο οποίος μεταθέτει τη θεωρούμενη δομική μονάδα της εργαλειομηχανής (π.χ. την τράπεζα ενός λειαντικού μηχανήματος) με τη βοήθεια βέβαια περικοχλίου που προσαρμόζεται σε αυτή (στη δομική μονάδα). Επιπλέον με το μηχανισμό καστάνιας — οδοντωτού τροχού μπορούμε να επιτύχουμε εύκολα και περιοδική περιστροφική κίνηση.



Σχ. 3.3κβ.

Διατάξεις περιοδικής κινήσεως: α) Διάταξη καστάνιας - οδοντοτροχού ( $\Gamma$  φορέας καστάνιας). β) Διάταξη τροχού με εγκοπές - στροφάλου.

### 3. Διάταξη τροχού με εγκοπές – στροφάλου.

Η διάταξη αυτή [σχ. 3.3κβ(β)] περιλαμβάνει ένα τροχό  $A$  με ακτινικές εγκοπές  $B$  (οι άξονες των εγκοπών απέχουν μεταξύ τους κατά ίδια γωνία  $2\alpha$ ) καί ένα στρόφαλο  $\Gamma$  που φέρει στο άκρο του ένα κύλιστρο  $\Delta$  συνήθως (ή και ένα πείρο σπανιότερα) που κυλίεται στις παρειές κάθε εγκοπής. Το στρόφαλο  $\Gamma$  περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Έτσι, κάθε φορά που το κύλιστρο  $\Delta$  του περιστρέφομενου στροφάλου θα συναντήσει μία εγκοπή, ο τροχός  $\theta$  περιστραφεί κατά τη σταθερή γωνία  $2\alpha$  ενώ το στρόφαλο κατά γωνία  $2\beta$ .

Λόγω της σταθερότητας της γωνίας περιστροφής του τροχού, ο μηχανισμός τροχού με εγκοπές στροφάλου χρησιμοποιούται για την περιστροφή συνήθως εργαλειοφορείων με πολλά εργαλεία αυτομάτων ή ημιαυτομάτων εργαλειομηχανών κ.α.

### 3.4 Ηλεκτρική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

#### 3.4.1 Γενικά για τους ηλεκτροκινητήρες που μεταχειρίζόμαστε στις εργαλειομηχανές.

Για την κίνηση των εργαλειομηχανών χρησιμοποιείται αποκλειστικά ο ηλεκτροκινητήρας.

Οι προδιαγραφές ενός ηλεκτροκινητήρα εργαλειομηχανής εξαρτώνται τόσο από τις συνθήκες λειτουργίας, οσο και από τις απαιτήσεις για τον έλεγχό της. Βασικά μεγέθη και χαρακτηριστικά για την προδιαγραφή ενός τέτοιου ηλεκτροκινητήρα είναι η ονομαστική του ισχύς, η περιστροφική του ταχύτητα, η ροπή στρέψεως, η γενική διαμόρφωσή του και ο τρόπος στηρίζεως στην εργαλειομηχανή, τα χαρακτηριστικά εκκινήσεως, ρυθμίσεως της περιστροφικής ταχύτητας, αναστροφής της κινήσεως κ.α.

Μεταχειρίζομαστε κατά βάση τριφασικούς **ασύγχρονους ηλεκτροκινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα** για κατεύθειαν κίνηση της εργαλειομηχανής ή για κίνηση της διατάξεως Βαρντ-Λέοναρντ, αν ο ηλεκτροκινητήρας της εργαλειομηχανής χρειάζεται να είναι συνεχούς ρεύματος (παράγρ. 3.4.2). Κατά την εκκίνηση με απευθείας σύνδεση προς το ηλεκτρικό δίκτυο (στη χώρα μας και γενικότερα στην Ευρώπη έχομε τριφασικό δίκτυο 380/220 V, 50 Hz), το ρεύμα εκκινήσεως μπορεί να φθάσει πολύ ψηλές τιμές (γίνεται πενταπλάσιο μέχρι επταπλάσιο από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας). Για το λόγο αυτό για την εκκίνηση γίνεται χρήση διακόπτη αστέρα – τριγώνου που ελέγχεται αυτόματα ή με το χέρι.

Η αναστροφή της φοράς περιστροφής του τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα επιτυγχάνεται με εναλλαγή δύο οποιωνδήποτε από τις τρεις συνδέσεις του.

Η ονομαστική περιστροφική ταχύτητα των ηλεκτροκινητήρων αυτών παίρνει τις τιμές:

2800, 1400, 900, 710 καί 450 [στρ/min]

για αριθμό μαγνητικών πόλων του ηλεκτροκινητήρα αντίστοιχα: 2, 4, 6, 8 και 12.

Η ονομαστική τους ισχύς προτυποποιείται ως εξής:

1,5	3	4	7,5	15	25	40	50	75	100	150	(kW)
-----	---	---	-----	----	----	----	----	----	-----	-----	------

ή

2	5,5	10	20	30	60	125	180	[PS].
---	-----	----	----	----	----	-----	-----	-------

Πέρα όμως από τους τριφασικούς ασύγχρονους ηλεκτροκινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα, βρίσκουν εφαρμογή στην κίνηση των εργαλειομηχανών και ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος με παράλληλη διέγερση, οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα για συνεχή η κατά μικρά βήματα ρύθμιση της περιστροφικής τους ταχύτητας (παράγρ. 3.4.2).

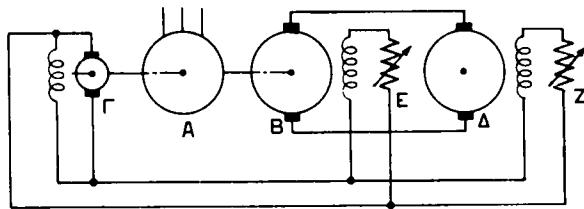
### **3.4.2 Ρύθμιση της περιστροφικής ταχύτητας των ηλεκτροκινητήρων.**

Η περιστροφική ταχύτητα στους ασύγχρονους ηλεκτροκινητήρες επιτυγχάνεται με αλλαγή του αριθμού των μαγνητικών πόλων με τη βοήθεια κατάλληλης διατάξεως. Στην προηγούμενη παράγραφο δώσαμε τις κατά προσέγγιση τιμές περιστροφικών ταχυτήτων που μπορεί να δώσει ο ηλεκτροκινητήρας για διάφορους πρακτικά εφαρμόσιμους αριθμούς μαγνητικών πόλων.

Σύνεχή η κατά μικρά βήματα μεταβολή της περιστροφικής ταχύτητας μπορούμε να πάρομε με ρύθμιση ειτε του ρεύματος διεγέρσεως ειτε του ρεύματος του δρομέα σε ένα κινητήρα συνεχούς ρεύματος με παράλληλη διέγερση. Το ρεύμα εκκίνησεως που και εδώ παίρνει μεγάλες τιμές, μπορεί να περιορισθεί στα επιτρεπόμενα όρια με σύνδεση εν σειρά στο τύλιγμα του δρομέως μιας ωμικής αντιστάσεως κατάλληλης τιμής.

Για να επιτύχομε μεγαλύτερο εύρος μεταβολής της περιστροφικής ταχύτητας από αυτό που μας δίνει ο ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος παραλλήλου διεγέρσεως, μεταχειρίζομαστε την ακόλουθη διάταξη Βαρντ - Λέοναρντ (Ward - Leonard, σχ. 3.4).

Στη διάταξη αυτή ο τριφασικός ασύγχρονος ηλεκτροκινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα Α κινεί τη γεννήτρια συνεχούς ρεύματος Β και τη γεννήτρια διεγέρσεως Γ (και αυτή είναι γεννήτρια συνεχούς ρεύματος). Η γεννήτρια Β τροφοδοτεί



**Σχ. 3.4.**  
Η ζεύξη Βαρντ - Λέοναρντ.

τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος με παράλληλη διέγερση Δ της εργαλειομηχανής. Αρχικά με μεταβολή της αντιστάσεως Ε είναι δυνατή η αύξηση της πολικής τάσεως της γεννήτριας Β, άρα και της τάσεως που εφαρμόζεται στο δρομέα του ηλεκτροκινητήρα Δ μέχρι μία μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, με αποτέλεσμα αύξηση και της περιστροφικής του ταχύτητας. Παραπέρα αύξηση της περιστροφικής ταχύτητας του ηλεκτροκινητήρα Δ επιτυγχάνεται με μείωση του ρεύματος διεγέρσεως του με τη βοήθεια του ροοστάτη Ζ.

Η αναστροφή της κινήσεως σε ένα κινητήρα συνεχούς ρεύματος με παράλληλη διέγερση γίνεται με αλλαγή της πολικότητας της τάσεως του δρομέα. Στη διάταξη Βαρντ - Λέοναρντ η αναστροφή της κινήσεως του ηλεκτροκινητήρα Δ επιτυγχάνεται με αλλαγή της πολικότητας της τάσεως στη διέγερση της γεννήτριας Β.

### 3.5 Υδραυλική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

#### 3.5.1 Γενικά.

Η υδραυλική μετάδοση κινήσεως (ως μετάδοση πρωτεύουσας ευθύγραμμης κινήσεως, κινήσεως πρώσεως ή βοηθικών ευθυγράμμων κινήσεων) και ο υδραυλικός έλεγχος βρίσκουν ευρύτατες εφαρμογές στις εργαλειομηχανές (λειαντικά μηχανήματα, πλάνες, εργαλειομηχανές με ψηφιακό έλεγχο, εργαλειομηχανές αυλακώσεως (μπρόουτσιγκ) κ.α.). Αυτό οφείλεται σε σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η υδραυλική μετάδοση κινήσεως απέναντι στη μηχανική ή στην ηλεκτρική. Τα κυριότερα από τα πλεονεκτήματα αυτά της υδραυλικής μεταδόσεως κινήσεως είναι:

α) Μεγάλη περιοχή μεταβολών της περιστροφικής ταχύτητας και δυνατότητα συνεχούς μεταβολής της.

β) Δυνατότητα εύκολης, ομαλής και γρήγορης αλλαγής της περιστροφικής ταχύτητας και αναστροφής της.

γ) Ευκολία για αυτοματοποίηση και

δ) γενικά η υδραυλική μετάδοση κινήσεως παρουσιάζει απλότητα και ευελιξία.

Σοβαρό μειονέκτημά της είναι το σχετικά ψηλό κόστος κατασκευής των διαφόρων μερών της (αντλίες, υδραυλικοί κινητήρες, βαλβίδες κ.α.) που έχουν απαιτήσεις μεγάλης ακρίβειας στην κατασκευή και την αρμολόγησή τους.

Κάθε υδραυλικό σύστημα μεταδόσεως κινήσεως περιλαμβάνει την **αντλία**, τον **υδραυλικό κινητήρα** και το **υδραυλικό υγρό** (συνήθως ορυκτέλαιο με κατάλληλες ι-

διότητες) μαζί με το **σύστημα σωληνώσεων** και τα διάφορα **στοιχεία ελέγχου** (διατάξεις μεταβολής ταχύτητας, αναστροφής, ελέγχου βαλβίδων κ.α.).

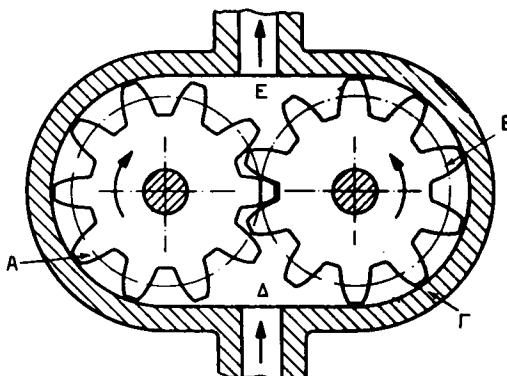
Η αντλία αναπτύσσει την απαιτούμενη πίεση (ή ύψος ενέργειας) με κατανάλωση αντίστοιχης μηχανικής ενέργειας. Ο υδραυλικός κινητήρας (μπορεί να είναι παλινδρομικός, όπως το ζεύγος υδραυλικού κυλίνδρου – εμβόλου, ή περιστροφικός) μετατρέπει το ύψος ενέργειας της αντλίας σε αντίστοιχο μηχανικό έργο. Έτσι, η ενέργεια μεταφέρεται από την αντλία στον υδραυλικό κινητήρα μέσω του υδραυλικού υγρού. Και ο υδραυλικός κινητήρας μετακινεί, όπως έχει προκαθορισθεί, τις διάφορες δομικές μονάδες της εργαλειομηχανής (π.χ. την τράπεζα, φορεία κλπ).

### 3.5.2 Αντλίες.

Διακρίνομε τις αντλίες τις κατάλληλες για υδραυλικά συστήματα εργαλειομηχανών σε αντλίες με **σταθερή παροχή** και σε αντλίες με **μεταβλητή παροχή** (παροχή μιας αντλίας είναι ο όγκος του υγρού που μας δίνει η αντλία στη μονάδα του χρόνου και για τις αντλίες υδραυλικών συστημάτων εργαλειομηχανών εκφράζεται συνήθως σε λίτρα ανά πρώτο λεπτό,  $lt/min$ ) Και στα δύο αυτά είδη αντλιών θεωρούμε την παροχή (σταθερή ή μεταβλητή) για δοσμένη (σταθερή) περιστροφική ταχύτητα.

#### A. Αντλίες με σταθερή παροχή.

Αντιπροσωπευτική αντλία στην κατηγορία αυτή είναι η **οδοντωτή αντλία** (σχ. 3.5a), που σχεδιάζεται για πιέσεις μέχρι περίπου  $100 kp/cm^2$ . Αποτελείται από δύο οδοντοτροχούς A και B που περιβάλλονται από ερμητικά κλειστό κέλυφος Γ.



Σχ. 3.5a.

Η αρχή λειτουργίας της οδοντωτής αντλίας (αντλία με σταθερή παροχή).

Ο ένας από τους οδοντοτροχούς αυτούς κινείται από κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα. Το υδραυλικό υγρό διοχετεύεται από το θάλαμο αναρροφήσεως Δ στο θάλαμο καταθλίψεως Ε μέσω των διακένων που υπάρχουν ανάμεσα στα δόντια των τροχών και από το θάλαμο καταθλίψεως στις σωληνώσεις για διάθεση. Τα δόντια που κάθε φορά εμπλέκονται αποτελούν διάφραγμα ανάμεσα στους θαλάμους Δ και Ε.

Η παροχή της αντλίας αυτής εξαρτάται από την περιστροφική της ταχύτητα και

από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδοντοτροχών της, γι' αυτό και είναι σταθερή για δοσμένη περιστροφική ταχύτητα.

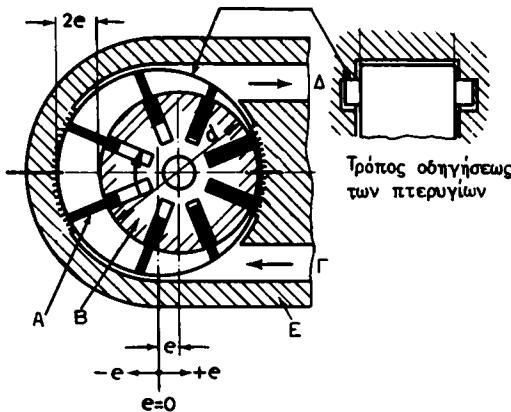
Οι οδοντωτές αντλίες είναι πιο φθηνές, πιο απλές και έχουν μικρότερες διαστάσεις συγκρινόμενες με τις αντλίες μεταβλητής παροχής.

### B. Αντλίες με μεταβλητή παροχή.

Στην κατηγορία αυτή συναντούμε τις **πτερυγιοφόρες αντλίες** και τις **περιστρεφόμενες εμβολοφόρες αντλίες**.

#### 1. Πτερυγιοφόρες αντλίες (σχ. 3.5β).

Τις μεταχειρίζομαστε για πιέσεις μέχρι  $25 \text{ kp/cm}^2$ . Στις αντλίες αυτές πτερύγια Α παλινδρομούν μέσα σε κατάλληλα διαμορφωμένους αγωγούς που διατάσσονται ακτινικά στο δρομέα Β της αντλίας. Με περιστροφή του δρομέα και παλινδρόμηση των πτερυγίων καταθλίβεται υδραυλικό υγρό από το θάλαμο αναρροφήσεως Γ στο θάλαμο καταθλίψεως Δ. Η παροχή της αντλίας σε δοσμένη περιστροφική ταχύτητα μεταβάλλεται, αν αλλάξουμε την εκκεντρότητα ε του δρομέα ως προς το κέλυφος Ε. Επί πλέον με αλλαγή του προσήμου της εκκεντρότητας (π.χ.-ε) μπορούμε να επιτύχουμε αναστροφή στη ροή του υγρού.



Σχ. 3.5β.

Πώς λειτουργεί η πτερυγιοφόρος αντλία (αντλία με μεταβλητή παροχή).

Συνήθως ο άξονας του δρομέα παραμένει σταθερός και μετατίθεται το κέλυφος της αντλίας ως προς αυτόν, για μεταβολή της εκκεντρότητας ε, άρα και της παροχής της αντλίας.

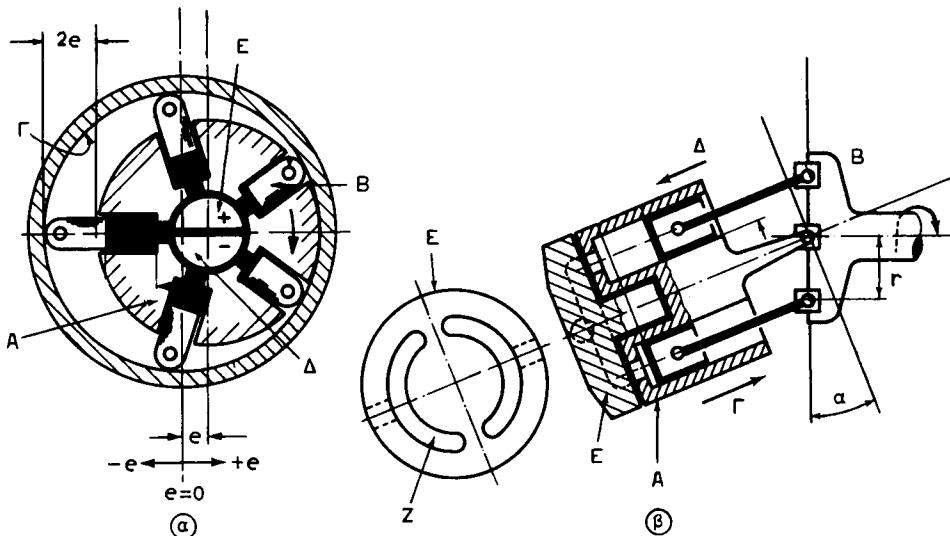
#### 2. Περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες (σχ. 3.5γ).

Είναι αντλίες ψηλής πίεσεως, γιατί μπορούν να αναπτύξουν πίεση μέχρι  $150 \text{ kp/cm}^2$  περίπου. Τις συναντούμε ως **ακτινικές** και ως **αξονικές**.

Η ακτινική περιστροφική εμβολοφόρος αντλία [σχ. 3.5γ(α)] αποτελείται από το δρομέα Α στον οποίο διαμορφώνονται κύλινδροι, μέσα στους οποίους παλινδρομούν τα έμβολα Β. Τα έμβολα βρίσκονται πάντοτε σε επαφή με κατάλληλο οδηγητικό δακτύλιο Γ στο κέλυφος της αντλίας. Με περιστροφή του δρομέα και παλιν-

δρόμηση των εμβόλων το υγρό καταθλίβεται από το θάλαμο αναρροφήσεως Δ στο θάλαμο καταθλίψεως Ε. Η παροχή της αντλίας, για δοσμένη περιστροφική ταχύτητα, εξαρτάται από τη διαδρομή των εμβόλων, η οποία αλλάζει με την εκκεντρότητα ε του δρομέα ως προς το κέλυφος της αντλίας.

Η αξονική περιστροφική εμβολοφόρος αντλία βασίζεται στην αρχή που εικονίζεται στο σχήμα 3.5γ (β). Η μεταβολή στην παροχή της αντλίας επιτυγχάνεται με αλλαγές στη γωνία α που κλίνει το σώμα Α της αντλίας με τους κυλίνδρους ως προς την κινητήρια οδηγητική πλάκα Β, η περιστροφή της οποίας αναγκάζει τα έμβολα να παλινδρομούν.



Σχ. 3.5γ.

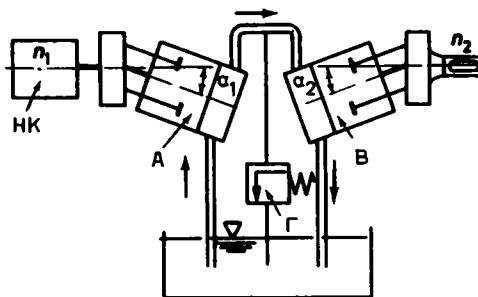
Πώς λειτουργεί: α) Η ακτινική περιστροφική εμβολοφόρος αντλία. β) Η αξονική περιστροφική εμβολοφόρος αντλία ( $\Gamma$  αναρρόφηση,  $\Delta$  κατάθλιψη, Ε σταθερή πλάκα με δύο αυλάκια  $Z$  περιφερειακά για τη δίοδο του υδραυλικού υγρού).

### 3.5.3 Υδραυλικοί κινητήρες.

Οι αντλίες, για τις οποίες μιλήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο 3.5.2 μπορούν να λειτουργήσουν και ως κινητήρες στα υδραυλικά συστήματα των εργαλειομηχανών με αναστροφή της λειτουργίας τους. Οι οδοντωτές αντλίες σπάνια χρησιμοποιούνται ως κινητήρες, γιατί παρουσιάζουν σοβαρά μειονεκτήματα.

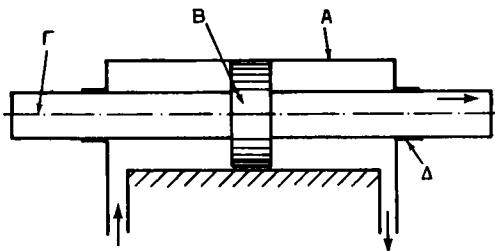
Υδραυλικοί κινητήρες με παλινδρομούντα πτερύγια ή περιστρεφόμενοι εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες μπορούν να συνδυασθούν με αντίστοιχες αντλίες και να αποτελέσουν **υδραυλικά ζεύγη αντλίας – κινητήρα** (σχ. 3.5δ) με μεταβλητή περιστροφική ταχύτητα εξόδου (περιστροφική ταχύτητα υδραυλικού κινητήρα), που επιτυγχάνεται με ρύθμιση της εκκεντρότητας τόσο της αντλίας όσο και του υδραυλικού κινητήρα.

Ως υδραυλικός κινητήρας χρησιμοποιείται ευρύτατα και το ζεύγος **υδραυλικού κυλίνδρου εμβόλου** (σχ. 3.5ε), όπου ο κύλινδρος Α παραμένει σταθερός και το έμ-



Σχ. 3.56.

Το ζεύγος υδραυλικού κυλίνδρου - εμβόλου. (Α υδραυλικός κύλινδρος, Β έμβολο, Γ βάκτρο, Δ μέσο στεγανοποιήσεως).



Σχ. 3.5e.

Ζεύγος αντλίας Α υδραυλικού κινητήρα Β (αξονική περιστροφική εμβολοφόρος αντλία και αντίστοιχος υδραυλικός κινητήρας) (ΗΚ ηλεκτροκινητήρας, Γ βαλβίδα ανακουφίσεως).

βολο Β μετακινείται η και αντίθετα. Το ζεύγος αυτό τροφοδοτείται από κατάλληλη αντλία. Η μηχανική σύνδεση του υδραυλικού κινούμενου στοιχείου (εμβόλου ή κυλίνδρου) με τη μονάδα της εργαλειομηχανής, που πρόκειται να μετακινηθεί, μπορεί να γίνει είτε κατευθείαν είτε μέσω κατάλληλου μηχανισμού μεταδόσεως κινήσεως.

### 3.6 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων και κομματιών.

#### 3.6.1 Γενικά.

Για τη στήριξη τόσο των κοπτικών εργαλείων, όσο και των κομματιών που κατεργαζόμαστε, μεταχειρίζόμαστε κατάλληλες για κάθε περίπτωση συσκευές προσδέσεως.

Όπως γνωρίζομε, κατά τη διάρκεια της κατεργασίας αναπτύσσονται δυνάμεις (παράγρ. 2.1.3, 2.6), που ασκούνται επάνω στο εργαλείο και στο κομμάτι. Επισης η εργασία μιας συσκευής συγκρατήσεως βασίζεται στην τριβή που αναπτύσσεται ανάμεσα στις επιφάνειες συγκρατήσεως κομματιού ή εργαλείου και συσκευής. Έτσι, για να αποφευχθεί μετατόπιση στο εργαλείο και στο κομμάτι (είναι ανεπιθύμητη, γιατί έχει ως επακόλουθο μείωση της ακρίβειας κατεργασίας και μπορεί να

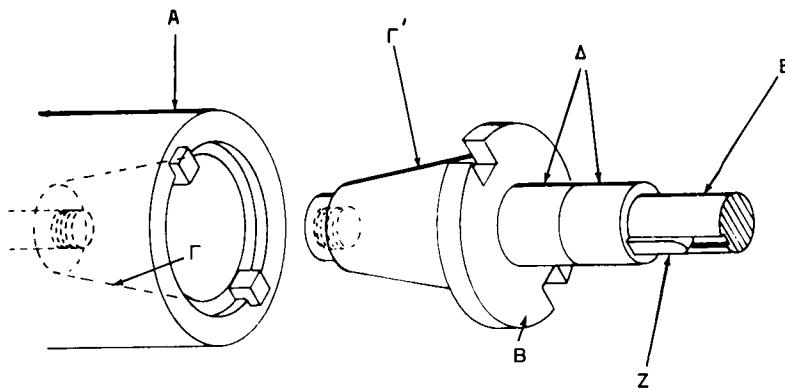
προξενήσει και ανωμαλίες στη διεξαγωγή της κατεργασίας) θα πρέπει και τα δύο αυτά να είναι **σφιχτά και με ασφάλεια συγκρατημένα**.

Παρακάτω θα μιλήσομε συνοπτικά για τις **τυπικές** (στάνταρ, standard) **συσκευές συγκρατήσεως** κοπτικών εργαλείων και κομματιών, τις οποίες συναντούμε στις βασικές εργαλειομηχανές. Συμπληρωματικά στοιχεία για τις συσκευές αυτές συγκρατήσεως θα δίνομε ξεχωριστά για κάθε κατεργασία και τη συναφή με αυτήν εργαλειομηχανή που θα εξετάζομε στα έπόμενα Κεφάλαια. Επίσης θα παρέχομε κάθε φορά και πληροφορίες σχετικά με τις **ιδιοσυσκευές** (μη τυπικές συσκευές συγκρατήσεως) που χρησιμοποιούμε.

### 3.6.2 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων.

Η συσκευή προσδέσεως για εργαλεία διαμορφώνεται ανάλογα με το αν το εργαλείο περιστρέφεται η παραμένει σταθερό (ή και μετακινείται).

Έτσι, συναντούμε για τη συγκράτηση περιστρεφόμενων κοπτικών εργαλείων (φραΐζες, τρυπάνια κ.α.) τις συσκευές παρόμοιες με αυτή που εικονίζεται στο σχήμα 3.6α. Περιλαμβάνει βασικά μια **κωνική συναρμογή** ανάμεσα στο στέλεχος του εργαλείου ή στον εργαλειοφόρο άξονα και στην κύρια άτρακτο της εργαλειομηχανής. Η κωνική αυτή συναρμογή εξασφαλίζει γρήγορη αλλαγή του εργαλείου, καλή συγκεντρικότητα του και εμποδίζει ολίσθηση του.



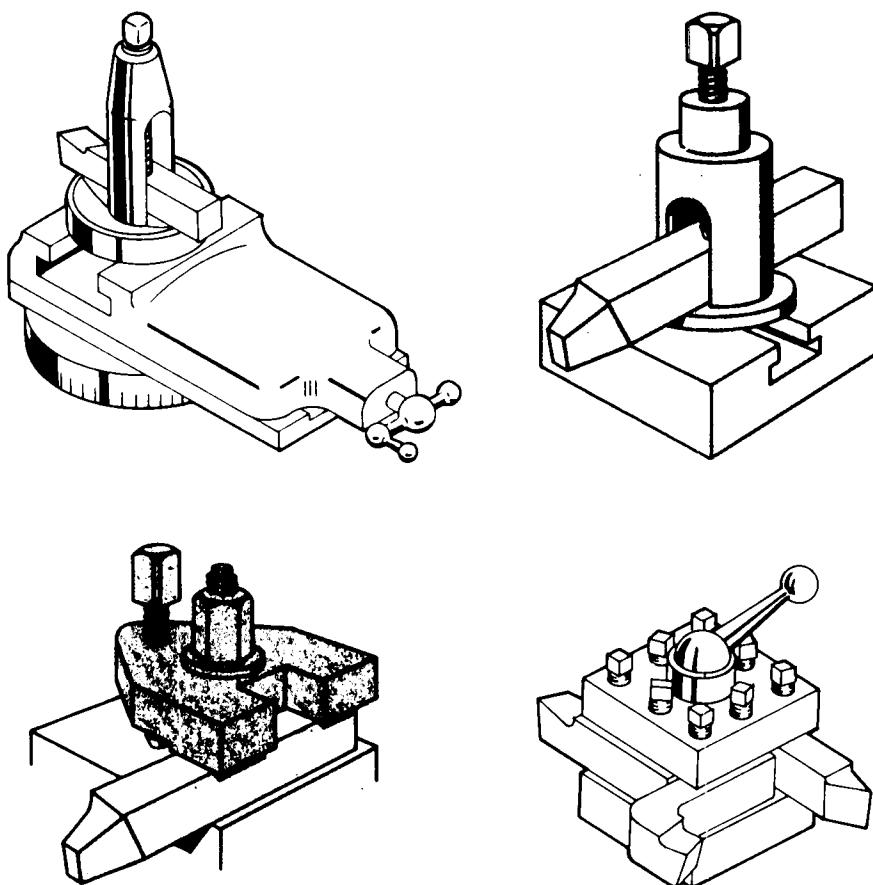
Σχ. 3.6α.

Τυπική συσκευή προσδέσεως περιστρεφόμενου κοπτικού εργαλείου. (Α άτρακτος, Β εργαλειοφόρος άξονας, Γ - Γ' κωνική συναρμογή, Δ δακτυλίδια, Ε θέση για την τοποθέτηση του εργαλείου, Ζ σφήνα).

Για τη συγκράτηση σταθερών (εργαλεία τορνεύσεως, πλανίσματος σε τραπέζο-πλάνη) ή μετακινούμενων (εργαλεία πλανίσματος σε βραχεία πλάνη) κοπτικών εργαλείων μεταχειρίζόμαστε εργαλειοδέτες, δημοσίευση του σχήμα 3.6β.

### 3.6.3 Συσκευές προσδέσεως κομματιών.

Και εδώ παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της συσκευής συγκρατήσεως το αν το κομμάτι περιστρέφεται ή παραμένει σταθερό (ή μετακινείται). Έτσι, συναντούμε τις ακόλουθες συσκευές συγκρατήσεως:



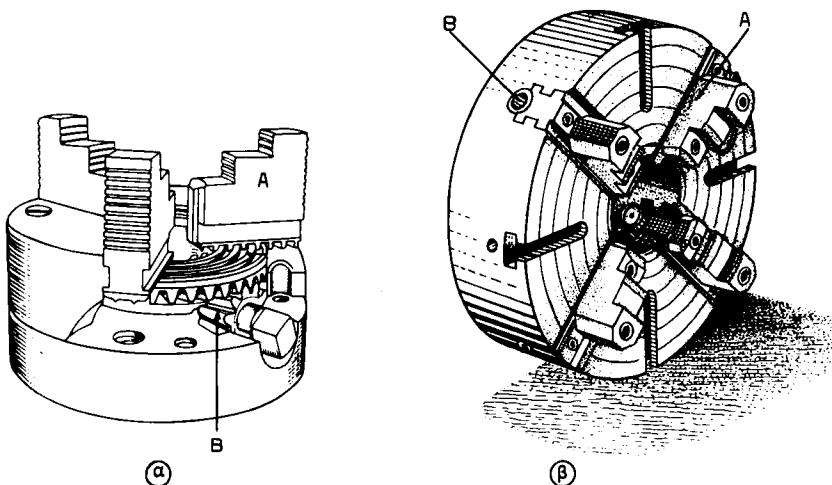
**Σχ. 3.6β.**  
Εργαλειοδέτες.

#### A. Για περιστρεφόμενα κομμάτια.

##### 1. Σφιγκτήρες ή τσοκ.

Η συγκράτηση κομματιών σε σφιγκτήρα είναι εύκολη, γρήγορη και ακριβής. Ο σφιγκτήρας βιδώνεται στο σπέιρωμα της κεφαλής της ατράκτου (στους τόρνους) και περιστρέφεται μαζί με αυτή. Είναι σημαντικό για την εργασία του ο σφιγκτήρας να ισογυρίζει.

Οι σφιγκτήρες γενικής χρήσεως είναι δυνατό να έχουν δύο, τρείς ή τέσσερες σιαγόνες ή μάγουλα [σχ. 3.6γ (α)], όπου οι σιαγόνες μετατοπίζονται συγχρόνως ακτινικά κατά ίση απόσταση με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού και κλειδιού έτσι, ώστε τα κομμάτια να αυτοκεντρώνονται, μόλις γίνει καλά η συγκράτησή τους. Οι σφιγκτήρες αυτοί ενδείκνυνται για τη στήριξη κυλινδρικών κομματιών. Υπάρχουν δύμως και σφιγκτήρες συνήθως με τέσσερες σιαγόνες [σχ. 3.6γ (β)] που έ-



Σχ. 3.6γ.

Σφιγκτήρες ή τσοκ. α) Με τρεις σιαγόνες αυτοκεντρωνόμενοι. β) Με τέσσερες σιαγόνες που μετακινούνται ανεξάρτητα η μία από την άλλη. (Α σιαγόνα, Β μηχανισμός μετατοπίσεως σιαγόνων ή μίας σιαγόνας).

χουν τη δυνατότητα να μετακινούνται ακτινικά, η μία όμως ανεξάρτητα από την άλλη. Σε αυτούς συγκρατούμε μη κυλινδρικά κομμάτια. Η συγκράτηση των κομματιών, ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να γίνει σε **ίσιες** ή **ανάποδες σιαγόνες**.

## 2. Κέντρα ή πόντες.

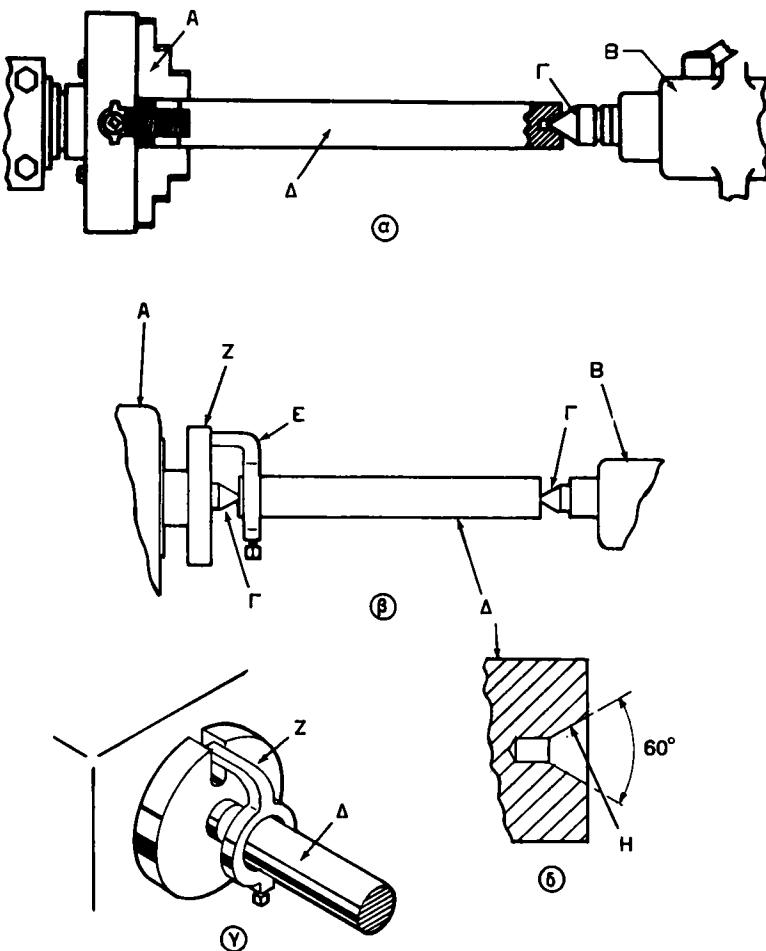
Προτυποποιημένα κέντρα με κωνικό στέλεχος χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση κυλινδρικών κομματιών με σχετικά μεγάλο μήκος. Η στήριξη του κομματιού μπορεί να γίνει είτε ανάμεσα στο σφιγκτήρα και σε κέντρα [σχ. 3.6δ (α)] είτε ανάμεσα σε δύο κέντρα [σχ. 3.6δ (β)]. Στο άκρο του κομματιού που θα στηριχθεί σε κέντρο διαμορφώνομε κατάλληλη κωνική έδρα [σχ. 3.6δ (δ)]. Για επιτυχή κατερνασία οι πόντες θα πρέπει να ισογυρίζουν.

Στην περίπτωση στήριξης ενός κομματιού ανάμεσα σε δύο κέντρα, για τη μετάδοση της κινήσεως από την ατρακτο της εργαλειομηχανής στο κομμάτι χρησιμοποιούμε ένα ειδικό σφιγκτήρα Ζ που τον ονομάζουμε **καρδιά**.

Για καλύτερη στήριξη λεπτών κυλινδρικών κομματιών με μεγάλο μήκος χρησιμοποιούμε **κινήτα ή σταθερά καβαλλέτα** (σχ. 3.6ε).

## 3. Πλάκες συγκρατήσεως ή πλατώ (σχ. 2.6στ).

Βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις συγκρατήσεως κομματιών με ακανόνιστη μορφή ή κομματιών με κανονικό σχήμα, τα οποία πρόκειται να κατεργασθούμε παράκεντρα ή μεγάλων κομματιών. Οι πλάκες συγκρατήσεως είναι στρογγυλές χυτοσιδηρές πλάκες και φέρουν ακτινικές εγκοπές Α στις οποίες προσαρμόζονται κατάλληλες σιαγόνες Β ή άλλου είδους συγκρατητικά εξαρτήματα, όπως π.χ. γωνιακές πλάκες Γ (σχ. 3.6στ (β)) που στερεώνονται με κοχλίες. Οι σιαγόνες μετακινούνται, όπως και σε ορισμένους σφιγκτήρες, η μία ανεξάρτητα από την άλλη.

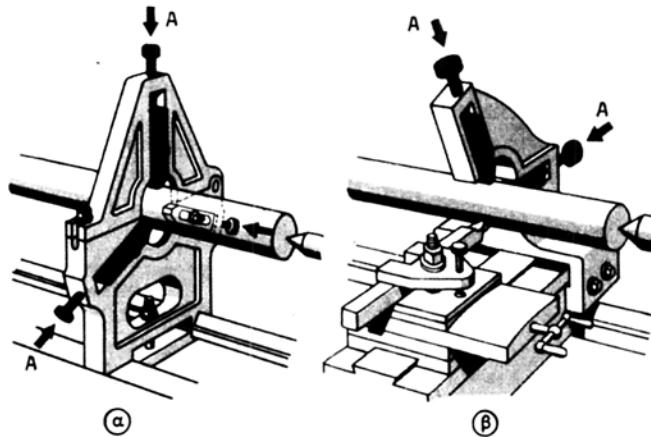


Σχ. 3.66.

α) Στήριξη κομματιού μεταξύ σφιγκτήρα και κέντρου. β) Στήριξη κομματιού ανάμεσα σε δύο κέντρα. γ) Ειδικός σφιγκτήρας (καρδιά). δ) Διαμόρφωση του άκρου του κομματιού που θα στηριχθεί σε κέντρο. (Α σφιγκτήρας, Β κεντροφορέας, Γ κέντρο, Δ κομμάτι, Ε καρδιά, Ζ κινητήρια πλάκα, Η κωνική έδρα για επικάθηση του κέντρου).

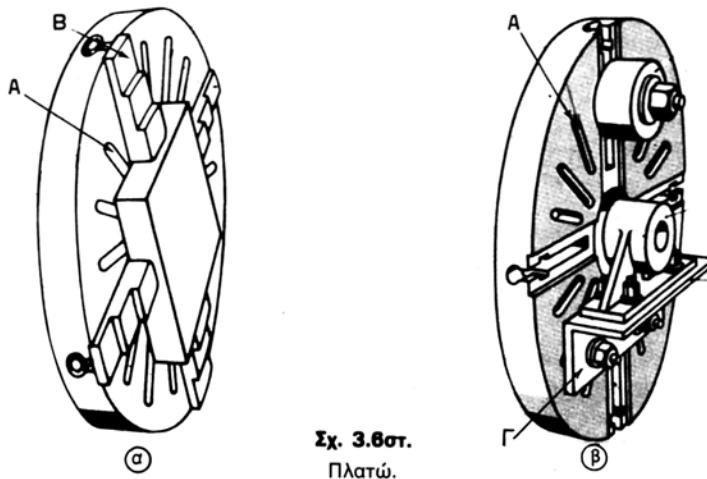
#### 4. Συστελλόμενοι σφιγκτήρες ή τσιμπίδες (σχ. 3.67).

Κυλινδρικά κομμάτια μικρής σχετικά διαμέτρου ή κυλινδρικές ράβδοι σε αυτόματα ή ημιαυτόματα μηχανήματα συγκρατούνται με ευκολία και με ακρίβεια συγκεντρικότητας στους συστελλόμενους σφιγκτήρες. Οι σφιγκτήρες αυτοί φέρουν τρεις εγκοπές και έτσι μπορούν να ανοιγοκλείνουν περιορισμένα ωθούμενοι ή ελκόμενοι αξονικά. Το μέγεθος κάθε σφιγκτήρα χαρακτηρίζεται από την εσωτερική του διάμετρο (όταν αυτός είναι κλειστός), που βέβαια συμπίπτει με τη διάμετρο του κομματιού που μπορεί να συγκρατήσει. Υπάρχουν και συντελλόμενοι σφιγ-



Σχ. 3.6ε.

α) Σταθερό, β) κινητό καβαλλέτο. (Α ρυθμιστικοί κοχλίες σιαγώνων).



Σχ. 3.6στ.  
Πλατώ.

κτηρες για τη συγκράτηση κομματιών ή ράβδων άλλης μορφής από την κυλινδρική, όπως τετραγωνικής, εξαγωνικής κλπ. Επίσης συναντούμε και βαθμιδωτούς ελατήριωτούς σφιγκτήρες.

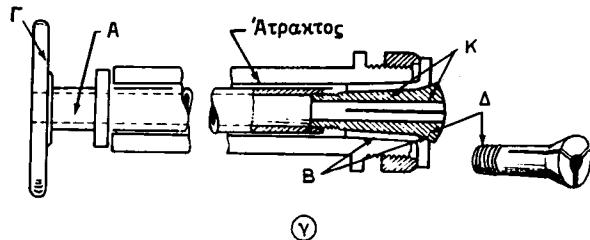
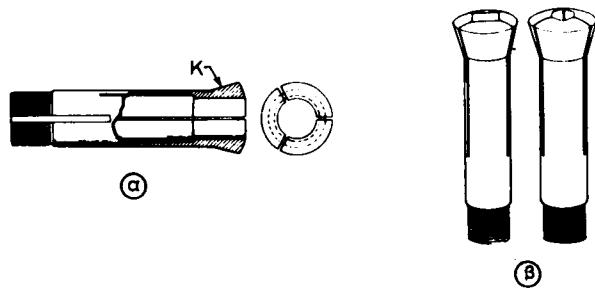
### 5. Βοηθητικοί άξονες (σχ. 3.6η).

Με αυτούς συγκρατούμε ανάμεσα σε κέντρα κοίλα κυλινδρικά κομμάτια για παραπέρα κατεργασία. Με τους ολόσωμους βοηθητικούς άξονες [σχ. 3.6η (α)] συγκρατούμε κομμάτια των οποίων το κοίλο έχει κατεργασθεί με ακρίβεια, ενώ στα άλλα είδη βοηθητικών αξόνων [σχ. 3.6η (β), (γ), (δ)] μπορούμε να στηρίζουμε κομμάτια που το κοίλο τους δεν το έχομε κατεργασθεί με μεγάλη ακρίβεια.

#### B. Για σταθερά ή μετακινούμενα κομμάτια.

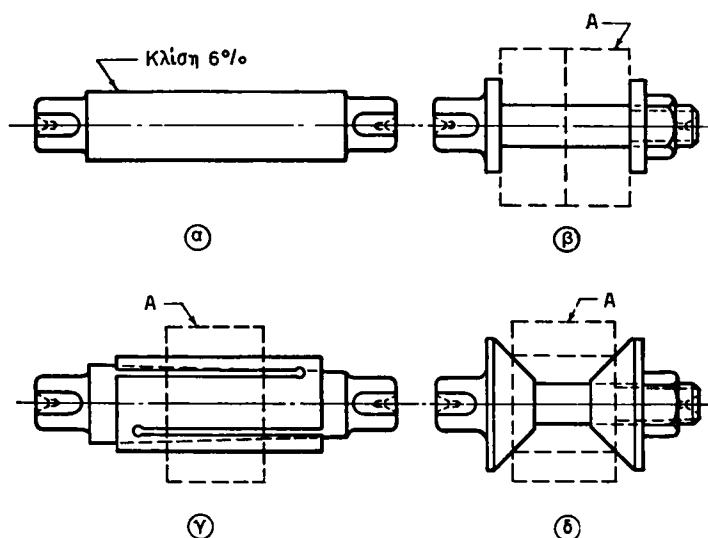
##### 1. Μέγγενες εργαλειομηχανών.

Ποικίλα είδη, μέγγενης κατάλληλα προσαρμοζόμενα στην τράπεζα της εργα-



Σχ. 3.6ζ.

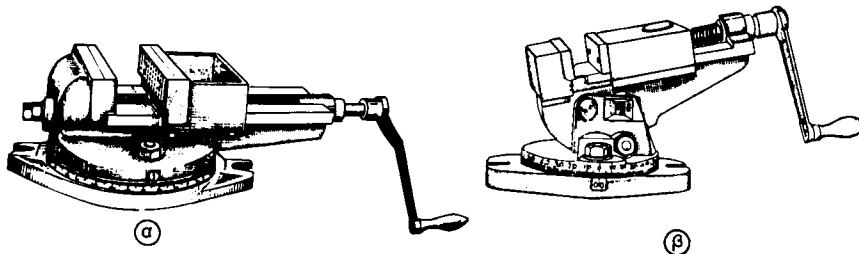
Συστελλόμενοι σφιγκτήρες (τσιμπίδες): α) Για κυλινδρικές ράβδους. β) Για τετραγωνικές και εξαγωγικές. γ) Προσαρμογή ενός συστελλόμενου σφιγκτήρα στην άτρακτο ενός τόρνου (Κ κωνικότητα, Α μοχλός έλξεως, Β κωνική φωλιά, Γ χειροτροχός, Δ τσιμπίδα). Με το βίδωμα του μοχλού έλξεως Α έλκεται ο σφιγκτήρας και λόγω της κωνικότητας Κ αναγκάζεται να κλείσει και να σφίξει το κομμάτι.



Σχ. 3.6η.

Βοηθητικοί άξονες: α) Ολόσωμος. β) Για συγκράτηση πολλών όμοιων κομματιών. γ) Συστελλόμενος. δ) κωνικός. (Α κομμάτι).

λειομηχανής που θα πρέπει να διαθέτει αυλάκια μορφής Τ (π.χ. στην τράπεζα μιας φραιζομηχανής ή ενός δραπάνου) χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση των κομματιών (σχ. 3.6θ, ΜΤ.ΕΙ σχ. 5.2δ).



**Σχ. 3.6θ.**

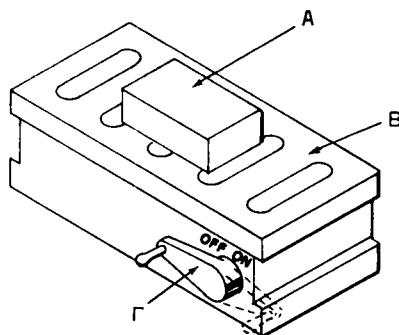
Μέγγενες εργαλειομηχανών: α) Με μοιρογνωμόνιο. β) Γενικής χρήσεως (γιουνιβέρσαλ).

## 2. Μέσα για την κατευθείαν στήριξη κομματιών σε τράπεζα με αυλάκια μορφής Τ.

Ιδιαίτερα για στήριξη κομματιών απευθείας στην τράπεζα της πλάνης (βραχείας πλάνης ή τραπεζοπλάνης) μεταχειρίζόμαστε μεγάλη ποικιλία από ειδικούς σφιγκτήρες, τερματικά κομμάτια (στοπ), κοχλίες κ.α. όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.6ι.

## 3. Μαγνητικό σφιγκτήρες ή μαγνητικά τσοκ (σχ. 3.6ια).

Μικρού σχετικά μεγέθους κομμάτια από σιδηρομαγνητικό υλικό συγκρατούνται εύκολα και γρήγορα επάνω σε μαγνητικούς σφιγκτήρες που τοποθετούνται στην τράπεζα της εργαλειομηχανής. Η συγκράτηση των κομματιών γίνεται με απλό γύρισμα ενός διακόπτη, οπότε ενεργοποιείται ο σφιγκτήρας. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις λειαντικές μηχανές επίπεδων επιφανειών.

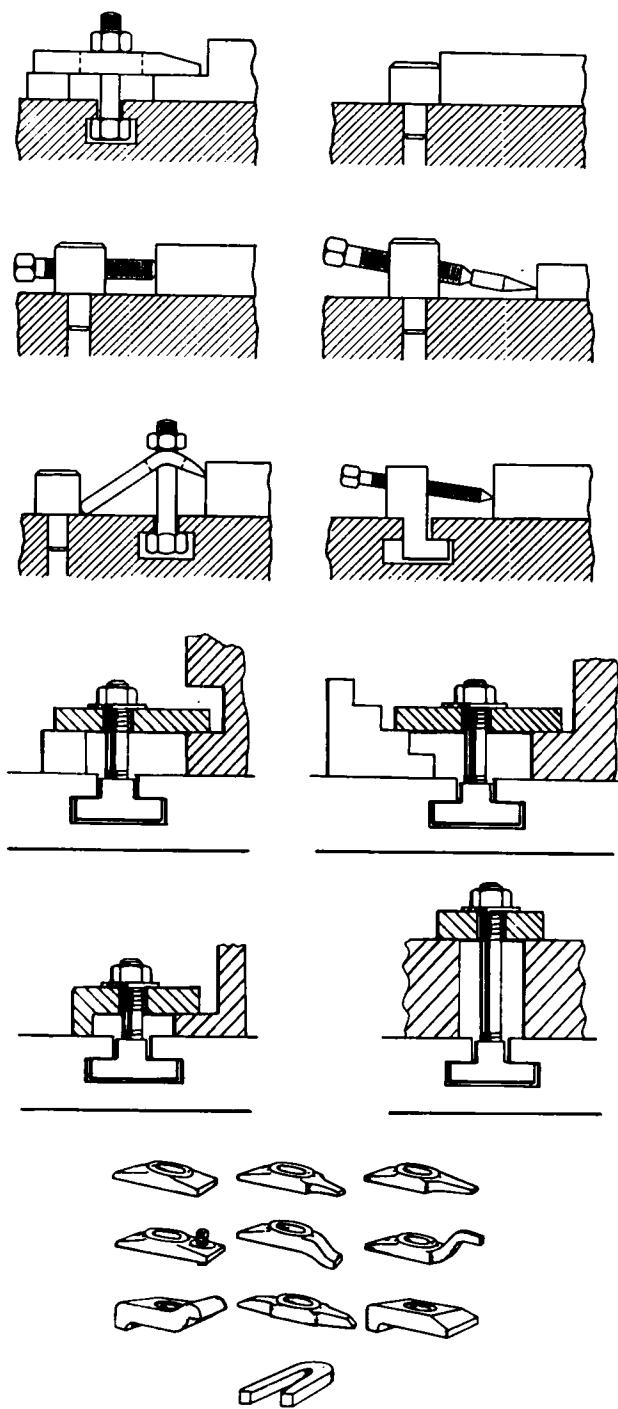


**Σχ. 3.6ια.**

Μαγνητικός σφιγκτήρας (μαγνητικό τσοκ). (Α κομμάτι, Β μαγνητικός σφιγκτήρας, Γ διακόπτης).

## 3.7 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Να μνημονεύσετε τρία δομικά στοιχεία μιας εργαλειομηχανής κοπής.

**Σχ. 3.6ι.**

Μέσα για την απευθείας στήριξη κομματιών σε τράπεζα με αυλάκια Τ (ιδίως στις πλάνες).

2. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα στην κατασκευή του σώματος μιας εργαλειομηχανής χυτού από φαιδρό;
3. Ποια πλεονεκτήματα και ποια μειονεκτήματα παρουσιάζει το σώμα μιας εργαλειομηχανής που είναι κατασκευασμένο συγκολλητό από κατάλληλο χάλυβα;
4. Να εξηγήσετε τους ακόλουθους δρους που σχετίζονται με τη συγκρότηση των εργαλειομηχανών κοπής: **κεφαλή, βάση, εργαλειοφορείο, τράπεζα, ολισθητήρας, κιβώτιο ταχυτήτων, κιβώτιο προώσεων και κύρια άτρακτος.**
5. Τι επιτυχάνουμε με τη χρήση των ολισθητήρων στις εργαλειομηχανές; Να σχεδιάσετε τη διατομή δύο μορφών (κατ' επιλογή) ολισθητήρων.
6. Θεωρούμε ένα επίπεδο ολισθητήρα και ένα ολισθητήρα σχήματος V. Ποιος από τους δύο πλεονεκτεί και γιατί;
7. Από ποια υλικά κατασκευάζονται συνήθως οι ολισθητήρες εργαλειομηχανών;
8. Τι είναι οι ολισθητήρες εργαλειομηχανών με υδροστατική λίπανση;
9. Τι ιδιαίτερα χαρακτηριστικά θα πρέπει να έχει μια τράπεζα εργαλειομηχανής, για να είναι πιο εύχρηστη;
10. Τι υλικά χρησιμοποιούμε στην κατασκευή κυρίων ατράκτων για εργαλειομηχανές;
11. Γιατί η κύρια άτρακτος ενός δραπάνου, ενός τόρνου ή μιας φραιζομηχανής φέρει στην άκρη της μια προτυποποιημένη κωνική υποδοχή;
12. Ποιες ιδιομορφίες οφείλουν να παρουσιάζουν τα έδρανα ολισθήσεως που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές;
13. Ποιο βασικό πλεονέκτημα έχουν τα υδροστατικά έδρανα στις εργαλειομηχανές;
14. Γιατί χρησιμοποιούμε έδρανα κυλίσεως ψηλής στάθμης ακρίβειας στις εργαλειομηχανές κοπής;
15. Να εξηγήσετε με λίγα λόγια γιατί είναι αναγκαίο μια εργαλειομηχανή κοπής γενικής χρήσεως (όπως π.χ. ο συνθησισμένος μηχανουργικός τόρνος) να διαθέτει μια πλατιά περιοχή μεταβολής περιστροφικών ταχυτήτων.
16. Γιατί επίσης χρειάζεται μια εργαλειομηχανή γενικής χρήσεως να έχει και μεγάλο εύρος προώσεων;
17. Πώς διαβαθμίζονται οι περιστροφικές ταχύτητες στις εργαλειομηχανές κοπής και γιατί;
18. Με τη βοήθεια του Πίνακα 3.3.1 να βρήτε ποιές είναι οι προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες της σειράς R 20/3 ( $\Phi = 1,4$ ).
19. Η μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές γίνεται με το σύστημα της ομαδικής ή της ατομικής κινήσεως. Ποιο βασικό μειονέκτημα παρουσιάζει το πρώτο σε σχέση με το δεύτερο;
20. Τι είναι το διάγραμμα ζεύξεως και ροής ισχύος μιας κλιμακωτής μεταδόσεως κινήσεως με οδοντοτροχούς;
21. Να περιγράψετε σύντομα (δίνοντας συγχρόνως και το αναγκαίο σχήμα) πώς χαράσσεται το δικτυωτό διάγραμμα περιστροφικών ταχυτήτων (διάγραμμα Γκέρμαρ) μιας κλιμακωτής μεταδόσεως κινήσεως με οδοντοτροχούς.
22. Με ποια στοιχεία χαρακτηρίζεται ένα κιβώτιο ταχυτήτων εργαλειομηχανών;
23. Να αναφέρετε δύο είδη κιβωτίων ταχυτήτων εργαλειομηχανών με κριτήριο τον τρόπο αλλαγής περιστροφικών ταχυτήτων.
24. Πού βρίσκουν εφαρμογή τα κιβώτια ταχυτήτων με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς;
25. Ποια είναι τα βασικά μειονεκτήματα των κιβωτίων ταχυτήτων με συμπλέκτες τριβής;
26. Να περιγράψετε σύντομα το κιβώτιο προώσεων τύπου Νόρτον σχεδιάζοντάς το συγχρόνως με τη βοήθεια των συμβόλων που δίνομε στο σχήμα 3.3η.
27. Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζει ένα κιβώτιο προώσεων τύπου Νόρτον;
28. Να περιγράψετε συνοπτικά πώς λειτουργεί το σύστημα μεταδόσεως συνεχούς περιστροφικής κινήσεως PIV δίνοντας και το αναγκαίο σχήμα.
29. Ποια πλεονεκτήματα θεωρούνται ως τα πιο σημαντικά στη μετάδοση μεταφορικής κινήσεως με ζεύγος οδηγού κοχλία - περικοχλίου;
30. Να μνημονεύσετε δύο τρόπους δημιουργίας περιοδικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές.
31. Ποιου είδους ηλεκτροκινητήρας χρησιμοποιείται κατά βάση για την κίνηση εργαλειομηχανών;
32. Να δώσετε τρεις ονομαστικές περιστροφικές ταχύτητες, όπως και τρεις προτυποποιημένες ισχύς ηλεκτροκινητήρων καταλλήλων για εργαλειομηχανές.
33. Να σχεδιάσετε και να περιγράψετε σύντομα τη διάταξη Βαρντ - Λέοναρντ.

34. Ποια είναι τα κυριότερα πλεονεκτήματα μιας υδραυλικής μεταδόσεως κινήσεως από μια μηχανή;
35. Ποια βασικά μέρη περιλαμβάνει ένα υδραυλικό σύστημα μεταδόσεως κινήσεως;
36. Ποια λειτουργία εκτελεί η αντλία και ποια ο υδραυλικός κινητήρας σε ένα υδραυλικό σύστημα μεταδόσεως κινήσεως;
37. Να σχεδιάσετε και να περιγράψετε μιαν οδοντωτή αντλία.
38. Να σχεδιάσετε και να περιγράψετε μια περιστροφική εμβολοφόρο αντλία.
39. Πώς προσδένομε περιστρεφόμενα εν γένει κοπτικά εργαλεία;
40. Πώς προσδένομε σταθερά η μετακινούμενα εν γένει κοπτικά εργαλεία;
41. Να παραθέσετε τρεις τρόπους προσδέσεως περιστρεφόμενων κομματιών.
42. Ποια μέσα χρησιμοποιούμε για τη στήριξη κομματιών στην τράπεζα μιας εργαλειομηχανής;
43. Πρόκειται να μεταδώσουμε κίνηση υπό ένα άξονα I σε ένα άλλο άξονα II με ιμάντα και τροχαλίες με 5 βαθμίδες. Η σταθερή περιστροφική ταχύτητα του άξονα I είναι  $n_1 = 710$  στρ/πλίν και η διάμετρος της μικρότερης τροχαλίας του άξονα I είναι  $d_1 = 75$  mm. Οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II ακολουθούν γεωμετρική πρόσοδο και έχουν ακραίες τιμές  $n_{II_1} = 280$  στρ/πλίν και  $n_{II_5} = 710$  στρ/min.

Ζητούνται:

- α) Να υπολογισθεί ο λόγος φ της κλιμακώσεως των περιστροφικών ταχυτήτων του άξονα II και να εκλεγεί ο πλησιέστερος προτυποποιημένος.
- β) Να εκλεγούν οι προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II.
- γ) Να υπολογισθούν οι διάμετροι των βαθμίδων και των δύο τροχαλιών και
- δ) να σχεδιασθεί η ιμαντοκίνηση αυτή.
44. Ένα δράπανο στήλης πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για το άνοιγμα οπών σε κομμάτια από διάφορα υλικά με τρυπάνια των οποίων η διάμετρος μεταβάλλεται ανάμεσα στις ακραίες τιμές  $D_\epsilon = 8$  mm και  $D_\mu = 20$  mm και με ταχύτητες κοπής που να κυμαίνονται από  $u_\epsilon = 22$  m/min ως  $u_\mu = 35$  m/min. Το δράπανο αυτό θα διαθέτει στην άτρακτο του τέσσερεις περιστροφικές ταχύτητες, ενώ η περιστροφική ταχύτητα εισόδου στο κιβώτιο ταχυτήτων θα είναι  $n_1 = 1400$  στρ/min.

Ζητούμε για το κιβώτιο ταχυτήτων του δραπάνου αυτού τα ακόλουθα:

- α) Να υπολογίσετε τις ακραίες περιστροφικές ταχύτητες  $n_\epsilon$  και  $n_\mu$  του κιβωτίου και να εκλέξετε τον προτυποποιημένο λόγο φ για την κλιμάκωσή τους.
- β) Να διαλέξετε προτυποποιημένες τιμές για τις περιστροφικές ταχύτητες της ατράκτου.
- γ) Να σχεδιάσετε το κινηματικό διάγραμμα του κιβωτίου και
- δ) να χαράξετε το δίκτυωτό του διάγραμμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

#### 4.1 Γενικά.

Όπως γνωρίζομε, οι εργαλειομηχανές αποτελούνται από σταθερά, περιστρεφόμενα ή παλινδρομούντα μέρη και οι διάφορες κινήσεις σε αυτές γίνονται συνήθως με συνδυασμούς μηχανικών, ηλεκτρικών, υδραυλικών και πνευματικών συστημάτων. Η σχετική όμως κίνηση επιφανειών της εργαλειομηχανής που τρίβονται προξενεί, με την πάροδο του χρόνου, φθορά τους με συνέπεια αρχικά μεν μείωση της ποιοτικής τους ικανότητας και τελικά την ακαταλληλότητά τους για εργασία. Εξάλλου η αστοχία μιας εργαλειομηχανής, πέρα από τη φθορά της, μπορεί να οφείλεται και σε ξαφνική βλάβη η καταστροφή κάποιου (η κάποιων) εξαρτήματος της στο αρχικό στάδιο λειτουργίας της, λόγω ελαπτωματικού υλικού κατασκευής η αργότερα από κόπωση (καταπόνηση επί μακρό χρόνο με μεταβαλλόμενα φορτία). Έτσι, για να διατηρείται η εργαλειομηχανή συνεχώς σε κατάσταση ετοιμότητας για εργασία και, όσο το δυνατό, επί μακρότερο χρόνο σε κατάσταση κανονικής εργασίας ή να έχει, όπως λέμε, μακρότερη **ωφέλιμη ζωή** (δηλαδή να εργάζεται με ικανοποιητική ακρίβεια και ρυθμό αφαιρέσεως υλικού), θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα, ώστε από το ένα μέρος **να περιορίζεται η φθορά των τριβόμενων μερών της** και από το άλλο **να αποφεύγονται διακοπές στη λειτουργία της** (αρα και στην παραγωγή) λόγω κάποιας **απρόβλεπτης βλάβης** και όταν η εργαλειομηχανή τεθεί εκτός λειτουργίας εξαιτίας βλάβης, τότε θα πρέπει γρήγορα και προγραμματισμένα **να επισκευάζεται**. Όλα αυτά τα επιτυγχάνομε με ενδεδειγμένη για κάθε εργαλειομηχανή **συντήρηση**, που περιλαμβάνει ένα σύνολο από εργασίες απαραίτητες για την επίτευξη του σκοπού της, όπως μόλις τον περιγράψαμε.

Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι, εκτός από τη συντήρηση και η καλή εκπαίδευση του τεχνίτη και του εργοδηγού στη σωστή χρήση της εργαλειομηχανής αποτελεί ένα σοβαρό στοιχείο για την αποδοτική της λειτουργία. Και μάλιστα η εκπαίδευση αυτή θα πρέπει να είναι **συνεχιζόμενη** για να καλύπτει τυχόν νέου τύπου εργαλειομηχανές και ιδιαίτερα νεώτερου τύπου συστήματα ελέγχου (στα συστήματα ελέγχου παρουσιάζονται συχνές αλλαγές και εξελίξεις). Πλήρεις οδηγίες για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση κάθε εργαλειομηχανής δίνονται στο **εγχειρίδιο λειτουργίας και συντηρήσεως** της εργαλειομηχανής που εκδίδει ο κατασκευαστής της και το οποίο συνοδεύει την εργαλειομηχανή. Καλό θα είναι, αν το εγχειρίδιο αυτό δεν είναι γραμμένο στην ελληνική, αλλά σε άλλη γλώσσα, να μεταφράζεται είτε αυτούσιο είτε κατά τα πιο σπουδαία του μέρη.

Τις εργασίες συντηρήσεως των εργαλειομηχανών (όπως και άλλων ακόμα μηχανών, οχημάτων, εγκαταστάσεων κλπ), μπορούμε να τις διακρίνομε:

- α) Σε **εργασίες προληπτικής συντηρήσεως και**  
 β) σε **εργασίες επισκευών.**

## 4.2 Η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών.

### 4.2.1 Γενικά.

Η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών περιλαμβάνει όλες εκείνες τις εργασίες που είναι απαραίτητες:

α) Για να περιορίζονται, όσο γίνεται, οι φθορές τους με κατάλληλη λίπανση και  
 β) για να διατηρούνται πάντοτε σε κατάσταση λειτουργίας με επιθεώρηση όλων των μερών και εξαρτημάτων τους για την πρόληψη κάθε ενδεχόμενης βλάβης (επισήμανση κάθε αρχόμενης φθοράς ή ανωμαλίας σε τρόπο, ώστε αυτή να μην προχωρήσει και επιφέρει σοβαρή βλάβη στην εργαλειομηχανή) και με έγκαιρο προγραμματισμό των επισκευών τους προτού σταματήσουν να λειτουργούν.

Οι δραστηριότητες αυτές της προληπτικής συντηρήσεως μας δείχνουν καθαρά τη σημασία της. Με σχολαστική τήρηση των κανόνων της προληπτικής συντηρήσεως μειώνονται σημαντικά οι ανάγκες για επισκευές των εργαλειομηχανών, μακρίνει η αφέλιμη ζωή τους και χαμηλώνει γενικά το κόστος για τη συντήρησή τους.

Για να γίνει πιο αποτελεσματική, είναι δυνατό η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών να κλιμακωθεί ως: **ημερήσια συντήρηση, ως εβδομαδιαία, μηνιαία, τριμηνιαία, εξαμηνιαία** ή ως **ετήσια**. Είναι αυτονόητο ότι για καθένα από τα είδη αυτά προληπτικής συντηρήσεως που θεωρούμε σκόπιμο και αποφασίζουμε να το εφαρμόσουμε, θα πρέπει να καταρτισθούν λεπτομερείς οδηγίες εκτελέσεώς του.

Παρακάτω θα δώσουμε ενδεικτικά πληροφορίες για την εκτέλεση της ημερήσιας και της τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως των εργαλειομηχανών, τις οποίες και θεωρούμε πιο σημαντικές.

### 4.2.2 Εργασίες ημερήσιας προληπτικής συντηρήσεως.

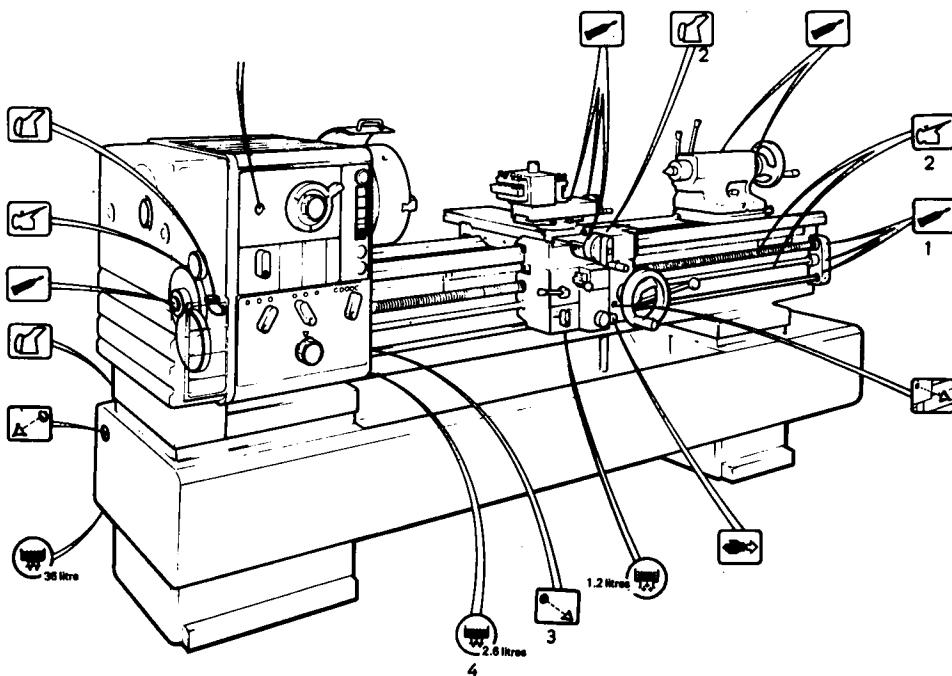
Εκτελούνται συνήθως μετά το πέρας της εργασίας από το χειριστή της εργαλειομηχανής κάθε εργάσιμη μέρα και περιλαμβάνουν:

#### α) Επιθεώρηση της εργαλειομηχανής.

Αυτό αποβλέπει στη διαπίστωση τυχόν φθορών που αρχίζουν και γενικά κάθε αποκλίσεως από ό,τι ονομάζομε **κατάσταση κανονικής εμφανίσεως και λειτουργίας μιας εργαλειομηχανής**. Κρίνομε ότι η επιθεώρηση αυτή θα πρέπει οπωσδήποτε να γίνεται με βάση **έντυπες οδηγίες**, που συντάσσονται και εκδίδονται από το αρμόδιο τμήμα του μηχανουργείου, από στοιχεία που περιέχονται στο εγχειρίδιο λειτουργίας και συντηρήσεως κάθε εργαλειομηχανής. Ενδεικτικά μπορούμε να έλεγχομε, αν υπάρχει διαρροή σε παρεμβάσματα (τσιμούχες), να επιθεωρήσουμε τους ολισθητήρες για χαραγές ή οξειδώσεις και γενικά να καθαρίσουμε την εργαλειομηχανή. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε τη μεγάλη σημασία που έχει η **καθαριότητα** γενικά στην επιτυχία της προληπτικής συντηρήσεως.

### **β) Λίπανση της εργαλειομηχανής.**

Η λίπανση εκτελείται βάσει οδηγιών που δίνονται στην **πινακίδα λιπάνσεως** ή στο **διάγραμμα λιπάνσεως** της εργαλειομηχανής, που είτε διατίθεται απευθείας από τον κατασκευαστή είτε καταρτίζεται από τις σχετικές οδηγίες που περιέχονται στο εγχειρίδιο λειτουργίας και συντηρήσεως της εργαλειομηχανής. Σε ένα τέτοιο διάγραμμα λιπάνσεως καταδεικνύονται οι θέσεις της εργαλειομηχανής που χρειάζονται λίπανση (με λάδι ή με γράσσο), αναφέρεται το είδος του λιπαντικού που θα χρησιμοποιηθεί, η χωρητικότητα των διαφόρων δοχείων και πυξίδων (π.χ. του κιβωτίου ταχυτήτων), του συστήματος λιπάνσεως, όπως και η συχνότητα λιπάνσεως (ημερησίως, εβδομαδιαίως κλπ), και αλλαγής του λιπαντικού. Στο σχήμα 4.2 εικονίζεται το διάγραμμα λιπάνσεως ενός τόρνου.



**Σχ. 4.2.**

Διάγραμμα λιπάνσεως ενός τόρνου. 1) Λιπαντήρας ή γρασσαδόρος, 2) λαδερό, 3) θυρίδα επιθεωρήσεως, 4) θυρίδα εκκενώσεως με ένδειξη της χωρητικότητας του αντίστοιχου δοχείου λιπαντικού.

Στο πίνακα 4.2.1 παραθέτομε ενδεικτικώς λιπαντικά, που συνιστώνται για τα διάφορα μέρη των εργαλειομηχανών.

**γ) Μικρορρυθμίσεις σε μηχανισμούς, που επιτρέπονται να γίνονται από το χειριστή της εργαλειομηχανής και αντικατάσταση φθαρμένων μικροεξαρτημάτων.**

Για έλεγχο της εκτελέσεως της προληπτικής συντηρήσεως, καλό θα είναι να υπάρχει αναρτημένο στην εργαλειομηχανή ένα κατάλληλο έντυπο, στο οποίο να α-

να γράφεται πότε έγινε η συντήρηση και να βεβαιώνεται αυτό με την υπογραφή του εργοδηγού.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.1.**  
**Συνιστώμενα λιπαντικά για τις εργαλειομηχανές**

Μέρος ή στοιχείο εργαλειομηχανής ή είδος λιπαντικού	Είδος λιπαντικού*			
Άτρακτοι, έδρανα	1	2	—	—
Μηχανισμοί προώσεως (οδηγοί κοχλίες, περικόχλια, οδοντωτοί κανόνες κ.α.)	1	—	3	—
Οδοντοτροχοί	1	—	3	—
Ατέρμονες κοχλίες	1	—	3	—
Ολισθητήρες	1	—	—	4
Υγρό υδραυλικών συστημάτων	—	2	—	—
Λιπαντικό γενικής χρήσεως	1	—	—	—

\* 1 καθαρά ορυκτέλαια, 2 ορυκτέλαια με εξαιρετικές αντιοξειδωτικές και αντιδιαβρωτικές ιδιότητες, όπως και ιδιότητες αντιφθοράς, 3 ορυκτέλαια με εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής σε ψηλές πιέσεις, 4 ορυκτέλαια με εξαιρετικές ιδιότητες για λίπανση ολισθητήρων.

#### 4.2.3 Εργασίες τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως.

Η συντήρηση αυτή πραγματοποιείται από ένα ειδικό τεχνίτη - επιθεωρητή, τον οποίο βοηθεί και ο χειριστής της εργαλειομηχανής. Εκτελούνται οι ακόλουθες εργασίες και αυτές βάσει λεπτομερών οδηγιών:

- α) Σχολαστική επιθεώρηση όλων των μερών και εξαρτημάτων της εργαλειομηχανής προς διαπίστωση φθοράς ή βλάβης τους.
- β) Αντικατάσταση φθαρμένων εξαρτημάτων και
- γ) σοβαρές ρυθμίσεις της εργαλειομηχανής, που δεν είναι δυνατό να γίνουν από το χειριστή της.

Μετά την εκτέλεση της τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως συντάσσεται κάποιο δελτίο (συνήθως είναι προτυποποιημένο έντυπο του μηχανουργείου), στο οποίο αναγράφονται λεπτομερώς οι φθορές μερών και εξαρτημάτων της εργαλειομηχανής, αντικαταστάσεις εξαρτημάτων και ρυθμίσεις που έγιναν, βλάβες που δεν θεραπεύτηκαν κ.α. Το έντυπο αυτό υποβάλλεται στο αρμόδιο γραφείο του μηχανουργείου (π.χ. στο γραφείο συντηρήσεως, αν υπάρχει) για ενημέρωση επάνω στην κατάσταση στην οποία βρίσκεται η εργαλειομηχανή. Αν τώρα από τη συντήρηση αυτή διαπιστωθεί ότι η εργαλειομηχανή έχει ανάγκη τέτοιων επισκευών που είναι αδύνατο να εκτελεσθούν από τον τεχνίτη - επιθεωρητή, τότε αυτό αναγράφεται στο συντασσόμενο δελτίο, για να προγραμματισθεί πλέον η επισκευή της.

#### 4.3 Εργασίες επισκευών των εργαλειομηχανών.

Όταν στο δελτίο τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως μιας εργαλειομηχανής

αναγραφεί ότι η εργαλειομηχανή αυτή έχει ανάγκη επισκευής (ή αν αυτό προκύψει εκτάκτως), τότε αυτή αποσύρεται από την παραγωγή και ο προγραμματισμός επισκευής της θα πρέπει να γίνει έτσι, ώστε με την ακινησία της να παρακωλύεται, όσο γίνεται πιο λίγο, η παραγωγή.

Η εκτέλεση των επισκευών γίνεται συνήθως επί τόπου, αν αυτό είναι έφικτό, από ειδικό συνεργείο τεχνιτών. Είναι σημαντικό να κρατούμε στοιχεία σχετικά με τη φύση και το κόστος όλων των επισκευών. Αυτό θα μας δείξει ποια μέρη ή εξαρτήματα της εργαλειομηχανής έχουν ανάγκη βελτιωμένης ή πιο συχνής συντηρήσεως και θα μας δώσει στοιχεία για να αποφασίσουμε εν καιρώ για την αξιοποίηση\* ή την αντικατάσταση της εργαλειομηχανής.

#### 4.4 Ερωτήσεις.

1. Ποιοι είναι οι στόχοι της συντηρήσεως των εργαλειομηχανών;
2. Ποια είναι η πηγή από την οποία παίρνουμε συνήθως πληροφορίες σχετικά με τη συντήρηση μιας εργαλειομηχανής;
3. Πώς κλιμακώνεται η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών;
4. Να παραθέσετε μερικές εργασίες ημερήσιας προληπτικής συντηρήσεως, τις οποίες κάνουμε σε μιαν εργαλειομηχανή.
5. Πώς εκτελούμε τη λίπανση μιας εργαλειομηχανής;
6. Να αναφέρετε εργασίες που εκτελούμε στην τριμηνιαία προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών.
7. Πότε μια εργαλειομηχανή έχει ανάγκη επισκευίς;
8. Τι εννοούμε, όταν λέμε **αξιοποίηση** μιας εργαλειομηχανής που εργάζεται επί μακρό χρονικό διάστημα;

---

\* Λέγοντας **αξιοποίηση** μιας εργαλειομηχανής εννοούμε την πλήρη αποσυναρμολόγησή της, τον λεπτομερή έλεγχο όλων των μερών και εξαρτημάτων της, την αντικατάσταση των φθαρμένων από αυτά και την ανασύνθεσή της μαζί με τη διεξαγωγή του τελικού της ελέγχου, με σκοπό η αξιοποιημένη εργαλειομηχανή να μην υστερεί σε ακρίβεια και σε απόδοση από την αρχική. Η αξιοποίηση των εργαλειομηχανών διεξάγεται σε ειδικά εργοστάσια που διαθέτουν όλο τον απαραίτητο για την εργασία αυτή εξοπλισμό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

#### 5.1 Γενικά.

Στη ΜΤ-ΕΙ (Κεφάλαιο 1), αφού δώσαμε τον ορισμό της μετρήσεως, μιλήσαμε για τα συστηματικά και τυχαία σφάλματα και για τα δύο βασικά συστήματα μετρήσεως μηκών (το μετρικό και το αγγλοσαξονικό), όπως και για τις αντίστοιχες μονάδες μετρήσεως (το μέτρο, την υάρδα και τις υποδιαιρέσεις τους). Επί πλέον, από τα οργανα 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) συγκριτών μετρήσεων [ΜΤ-ΕΙ, παράγρ. 4.2(Ε) (2)]. Αυτό έγινε, γιατί μόνο τα μετρητικά αυτά όργανα μας ήταν απαραίτητα για να προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των διαφόρων αντικειμένων της ΜΤ-ΕΙ, δηλαδή στη χάραξη και στις διάφορες κατεργασίες και μεθόδους μορφοποιήσεως μεταλλικών προϊόντων (κατεργασίες κοπής και διαμορφώσεως, χύτευση, συγκολλήσεις, ηλώσεις, κοχλιοσυνδέσεις κλπ.) με εργαλεία και μέσα του χεριού.

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 επιτύχομε κατά τη μέτρηση αυτή, μεταχειρίζομαστε και το κατάλληλο μετρητικό όργανο. Έτσι στις επόμενες παραγράφους, αφού προβούμε σε μια σύντομη επανάληψη της ύλης για τη τρησση διαστάσεων, η οποία διδάχθηκε στη ΜΤ-ΕΙ, θα εξετάσουμε τα ακόλουθα αντικείμενα:

- α) Τα πρότυπα για τη μέτρηση μηκών (πρωτότυπα για τη μέτρηση μηκών και πρότυπα βιομηχανικά μήκη).
- β) Τα όργανα για τη σύγκριση μηκών (συγκριτές μηκών).
- γ) Τον έλεγχο και μέτρηση γωνιών.
- δ) Τις ανοχές συναρμογών.
- ε) Τους ελεγκτήρες.
- στ) Τον έλεγχο οριζοντιότητας, κατακορυφότητας, επιπεδότητας και παραλληλότητας.
- ζ) Τον έλεγχο και τη μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας.

## 5.2 Σύντομη επανάληψη της ύλης για τη μέτρηση διαστάσεων, που διδάχθηκε στη ΜΤ.ΕΙ. Ερωτήσεις. Ασκήσεις.

### 5.2.1 Επανάληψη της ύλης.

#### A. Τα σφάλματα στις μετρήσεις.

Τα σφάλματα, που γίνονται στις μετρήσεις τα κατατάξαμε σε συστηματικά και σε τυχαία.

**Συστηματικά** είναι τα σφάλματα εκείνα, ανεξάρτητα από προέλευση, των οπίων το αίτιο ή τα αίτιά τους, αν όχι και η ακριβής τους τιμή σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι γνωστά. Άλλα από τα σφάλματα αυτά λαμβάνονται υπ' όψη και επιφέρονται οι αναγκαίες διορθώσεις στο μετρούμενο μέγεθος και άλλα μπορούν να περιορισθούν ή και να εξαλειφθούν ακόμα, αν ληφθουν τα κατάλληλα προς τούτο μέτρα. Ως τυπικά συστηματικά σφάλματα κατά τη μέτρηση μηκών μπορούμε να αναφέρομε εκείνα, που οφείλονται σε διαφορά Θερμοκρασίας ή σε διαφορά συντελεστή Θερμικής διαστολής (ή και στα δύο) ανάμεσα στο μετρούμενο κομμάτι και στο μετρητικό όργανο, τα σφάλματα από σύνθλιψη μεταξύ κομματιού και επαφέων του οργάνου (π.χ. στα μικρόμετρα), τα σφάλματα αναγνώσεως (διακριτική ικανότητα του ματιού του παρατηρητή, παράλλαξη) κλπ.

Τα **τυχαία** σφάλματα οφείλονται σε αναπόφευκτα και αστάθμητα αίτια, που δεν μπορούμε, από τη φύση τους, να τα εντοπίσουμε και να τα αποφύγομε. Μπορούμε να τα εκτιμήσουμε μόνο με τη βοήθεια της θεωρίας των πιθανοτήτων.

#### B. Τα συστήματα μονάδων μετρήσεως μηκών.

Δύο είναι τα καθιερωμένα συστήματα μονάδων μετρήσεως μηκών: το **μετρικό** που λέγεται και **δεκαδικό** με βάση το **μέτρο** και τις υποδιαιρέσεις ή υποπολλαπλασιά του και το **αγγλοσαξονικό** που βασίζεται στην **υάρδα** και στις υποδιαιρέσεις της.

Υποδιαιρέσεις του μέτρου (m) είναι το δεκατόμετρο (ή παλάμη, dm), το εκατοστόμετρο (ή πόντος, cm), το χιλιοστόμετρο (mm) και το μικρό (μμ). Οι σχέσεις μεταξύ μέτρου και υποδιαιρέσεών του, όπως και οι σχέσεις ανάμεσα στις υποδιαιρέσεις του αναγράφονται στον πίνακα 5.2.1.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2.1.**

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

Η υάρδα (Y) υποδιαιρείται σε τρία (3) πόδια (ft) και κάθε πόδι σε δώδεκα (12) ίντσες (in ή "), άρα η υάρδα έχει 36".

Η ίντσα έχει κλασματικές ( $1/2''$ ,  $1/4''$ ,  $1/8''$ ,  $1/16''$ ,  $1/32''$ ,  $1/64''$  και σπανιότερα  $1/128''$ ) και δεκαδικές υποδιαιρέσεις. Για τη μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας [παράγρ. 5.8.2(B) (1), (2)] έχει θεσπισθεί η μικροίντσα (μίν ή μ"), ίση προς ένα εκατομμυριοστό της ίντσας.

Η διεθνής υάρδα (την αποδέχθηκαν οι Η.Π.Α και η Βρεταννική Κοινοπολιτεία το 1959) είναι ίση με 0,9144 m. Κάθε πόδι είναι 0,3048 m, η ίντσα ισούται προς 0,0254 m ή 25,4 mm και η μικροίντσα είναι ίση προς 0,025 μm ή  $1/40 \mu\text{m}$ .

Η μετατροπή μονάδων από το ένα σύστημα στο άλλο μπορεί να γίνει είτε υπολογιστικά με βάση τις ανάμεσά τους σχέσεις που έχουμε δώσει είτε με τη βοήθεια πινάκων MT-EI, Πίνακες 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4).

## Γ. Όργανα μετρήσεως μηκών.

Τα όργανα μετρήσεως μηκών, για τα οποία μιλήσαμε, είναι κατά σειρά αιμξανόμενης ακρίβειας μετρήσεως: οι μεταλλικοί κανόνες, τα παχύμετρα και τα μικρόμετρα.

α) **Μεταλλικοί κανόνες.** Είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο όργανο μετρήσεως μηκών. Οι μεταλλικοί κανόνες του μετρικού συστήματος βαθμονομούνται σε χιλιοστόμετρα ή σε μισά χιλιοστόμετρα, ενώ οι κανόνες κατά το αγγλοσαξονικό σύστημα φέρουν κλασματικές υποδιαιρέσεις  $1/8''$ ,  $1/16''$ ,  $1/32''$  ή  $1/64''$  ή δεκαδικές υποδιαιρέσεις  $0,1''$  ή  $0,025''$  ή  $0,01''$ . Στον ίδιο κανόνα είναι δυνατό να έχουμε στα άκρα των πλευρών του και διαφορετικές βαθμονομίες.

Ο μεταλλικός κανόνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για ακρίβεια μέχρι  $1/64''$  (με αγγλοσαξονική βαθμονομία) ή 0,5 mm (με μετρική βαθμονομία).

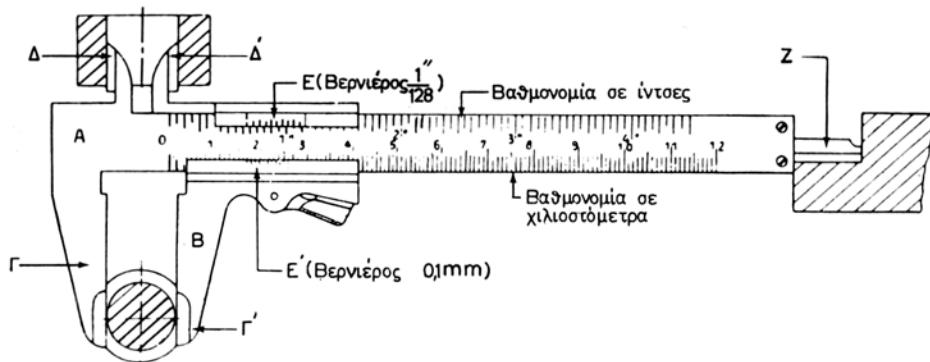
Κατά τη χρήση του μεταλλικού κανόνα, για ικανοποιητικές μετρήσεις, λαμβάνομε εν γένει υπ' όψη τα ακόλουθα:

- Ποιο είδος κανόνα (κοινού, στενού, εύκαμπτου, μικρού μήκους με παρέκταμα) είναι το πιό κατάλληλο, για να εκτελέσουμε τη συγκεκριμένη μέτρηση.
- Ποια βαθμονομία του θα πρέπει να εκλέξουμε, ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε με παραδεκτή ακρίβεια την ανάγνωση της διαστάσεως και
- Πώς θα κρατήσουμε κανόνα και κομμάτι, όπως και ποιαν υποδιαιρέση θα θεωρήσουμε ως αρχή των μετρήσεων.

β) **Παχύμετρα.** Με το παχύμετρο (σχ. 5.2a) κάνομε μετρήσεις μηκών γρήγορα και με ακρίβεια μεγαλύτερη από εκείνη, που επιτυγχάνομε με τους μεταλλικούς κανόνες. Μπορούμε να φθάσουμε ακρίβεια μετρήσεως μέχρι 0,02 mm (20μm) ή  $0,001''$ . Είναι βασικό μετρητικό όργανο του έμπειρου τεχνίτη. Τα παχύμετρα έχουν αρκετά μεγάλη περιοχή μετρήσεως και παρουσιάζουν ευκολία χρήσεως.

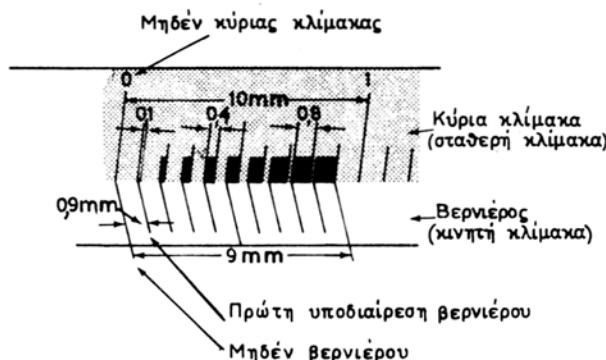
Το στοιχείο, που παρέχει την ακρίβεια στο παχύμετρο, είναι ο βερνιέρος (σχ. 5.2β).

Για μετρήσεις στο μετρικό σύστημα χρησιμοποιούμε παχύμετρα με ακρίβεια  $1/10 \text{ mm}$  (0,1 mm),  $1/20 \text{ mm}$  (0,05 mm) και σπανιότερα  $1/50 \text{ mm}$  (0,02 mm). Στα πρώτα, 9 υποδιαιρέσεις (9 mm) της κύριας κλίμακας του παχυμέτρου διαιρούνται σε 10 ίσες υποδιαιρέσεις βερνιέρου. Στα δεύτερα, 19 υποδιαιρέσεις (19



Σχ. 5.2α.

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



Σχ. 5.2β.

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

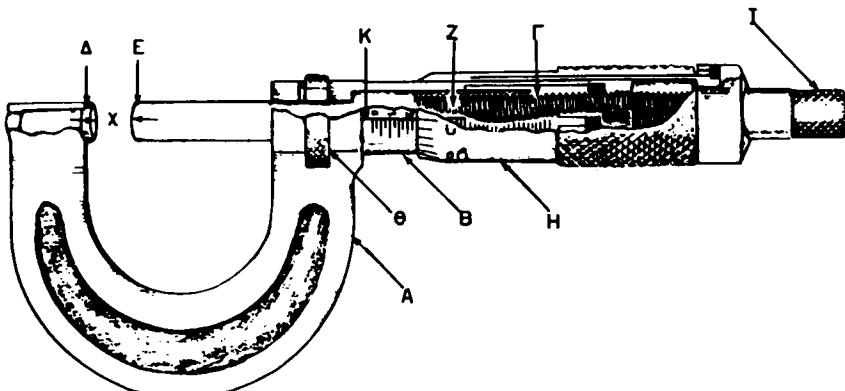
mm) της κύριας κλίμακας υποδιαιρούνται σε 20 ίσες υποδιαιρέσεις βερνιέρου, ενώ στα τελευταία (με ακρίβεια 0,02 mm) 49 υποδιαιρέσεις (49 mm) της κλίμακας του κανόνα κάνουν 50 ίσες υποδιαιρέσεις του βερνιέρου.

Τα παχύμετρα του αγγλοσαξονικού συστήματος παρουσιάζουν δύο στάθμες ακρίβειας, δηλαδή 1/128" και 0,001". Στα παχύμετρα με ακρίβεια 1/128" η κύρια κλίμακα φέρει υποδιαιρέσεις σε 1/16", ενώ για να διαμορφωθεί ο βερνιέρος τους 7 υποδιαιρέσεις του κανόνα (7/16") έχουν διαιρεθεί στο βερνιέρο σε 8 ίσες υποδιαιρέσεις. Τα παχύμετρα που μετρούν με ακρίβεια 0,001" έχουν υποδιαιρέσεις του κανόνα σε 1/40" (0,025") και κλίμακα βερνιέρου με 25 ίσες υποδιαιρέσεις, οι οποίες προέρχονται από 24 υποδιαιρέσεις 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. 5.2α), όπως και από την κατάσταση των ραμφών του από άποψη φθοράς ή στρεβλώσεως (ή και των δύο). Γι' αυτό, αν θέλομε 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. 5.2γ). 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 το 0,01 mm, ενώ για μικρόμετρα του αγγλοσαξονικού συστήματος το 0,001" ή ακόμα και το 0,0001" με χρήση κατάλληλου βερνιέρου.



Σχ. 5.2γ.

Τα διάφορα μέρη του μικρομέτρου: (Α) πεταλοειδής σκελετός, (Β) κοίλος κύλινδρος, (Γ) σταθερό περικόχλιο, (Δ) σταθερός επαφέας (πέλμα), (Ε) κινητός επαφέας, (Ζ) κοχλίας, (Η) βαθμονομημένος κάλυκας, (Θ) ρικνωτό ασφαλιστικό περικόχλιο, (Ι) μηχανισμός ελέγχου πιέσεως επαφέων - μετρούμενου κομματιού.

Η λειτουργία του μικρομέτρου βασίζεται στην αρχή της σχετικής κινήσεως ενός κοχλία και του περικόχλιου του. Η αξονική δηλαδή μετατόπιση του κοχλία, αν το περικόχλιο είναι σταθερό (όπως συμβαίνει στο μικρόμετρο), είναι ίση με το βήμα του σπειρώματος για μια πλήρη περιστροφή του κοχλία ή με μέρος του βήματος ανάλογα με τη γωνία στροφής του. Η συγκρότηση ενάς μικρομέτρου φαίνεται στο σχήμα 5.2γ.

Τα μικρόμετρα τα απαντούμε 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 εξωτερικών διαστάσεων, μικρόμετρα εσωτερικών διαστάσεων, και μικρόμετρα βάθους (βαθύμετρα). Από αυτά το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο είναι το πρώτο, δηλαδή το μικρόμετρο εξωτερικών διαστάσεων, που το συναντούμε ως μικρόμετρο του μετρικού ή του αγγλοσαξονικού συστήματος.

Το μικρόμετρο του μετρικού συστήματος μετρά με ακρίβεια 0,01 mm (10 μμ), η οποία επιτυγχάνεται με βήμα σπειρώματος ίσο προς 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.

Εξ άλλου το μικρόμετρο του αγγλοσαξονικού συστήματος μας δίνει συνήθως ακρίβεια 0,001''. Εδώ ο κοχλίας του μικρομέτρου έχει σπείρωμα με βήμα 1/40'' (ή 40 σπειρώματα στην ίντσα) ή 0,025''. Η βαθμονομία του κοίλου κύλινδρου έχει υποδιαιρέσεις 0,025'' και η περιφέρεια του κάλυκα διαιρείται σε 25 ίσες υποδιαιρέσεις.

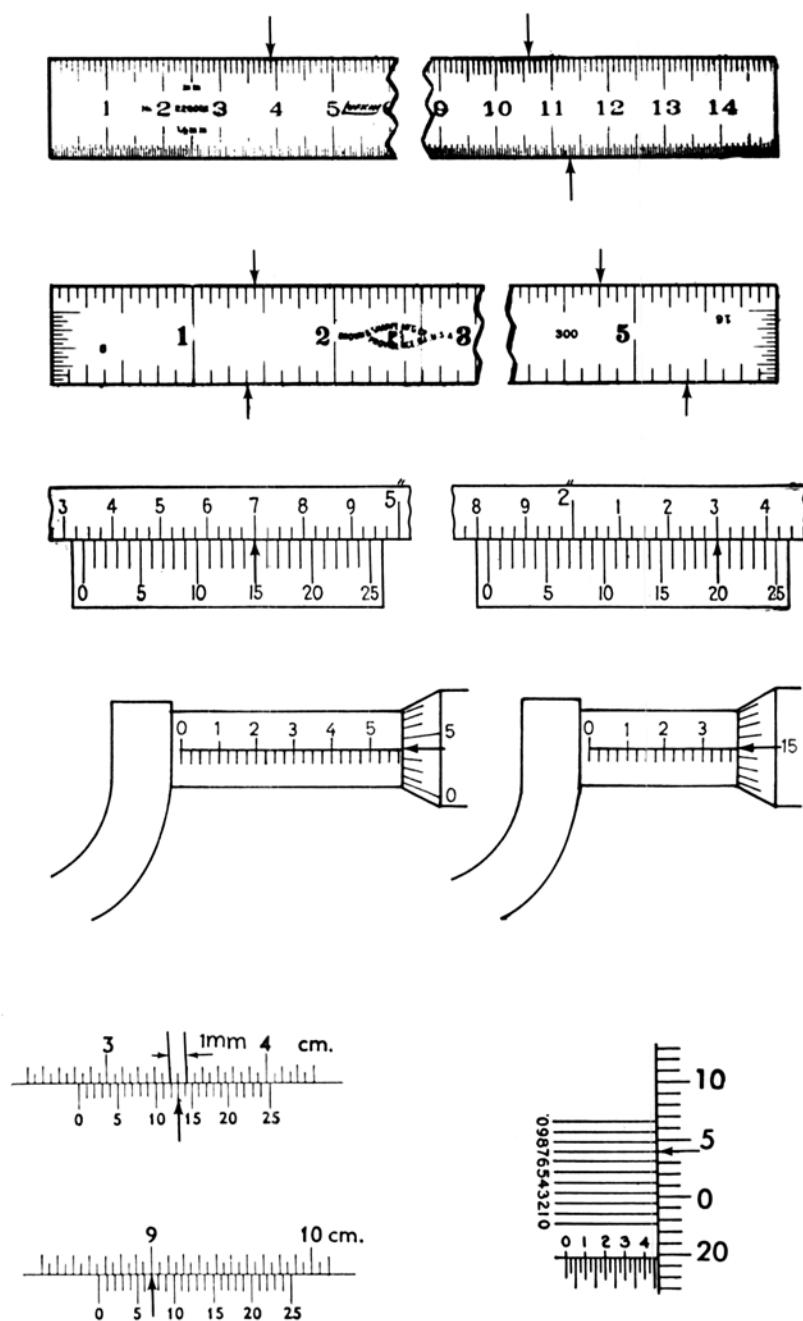
Μεγαλύτερη ακόμα ακρίβεια από 0,001'', δηλαδή 0,0001'', μπορούμε να επιτύχουμε, αν στο μικρόμετρο ακρίβειας 0,001'', προσθέσομε βερνιέρο με ακρίβεια 1/10 (η κλίμακα του βερνιέρου έχει δέκα ίσες υποδιαιρέσεις, που αντιστοιχούν σε εννέα υποδιαιρέσεις του κάλυκα). Εδώ θα πρέπει να πούμε ότι η ακρίβεια αυτή, δηλαδή του 0,0001'', είναι αμφίβολο αν μπορεί να επιτευχθεί με αξιοπιστία, εξ αιτίας της σχετικά αδύνατης (όχι πολύ στιβαρής) κατασκευής του μικρομέτρου.

Ο περιοδικός έλεγχος των μικρομέτρων είναι αναγκαίος. Συνίσταται στην εξακρίβωση της επιπεδότητας και παραλληλότητας των επιφανειών μετρήσεως των επαφέων Δ και Ε (σχ. 5.2γ) με τη βοήθεια οπτικού πλακιδίου και πηγής (λυχνίας) μονοχρωματικού φωτός [παράγρ. 5.9.2 (Β)], όπως και στον έλεγχο της φθοράς του κοχλία και περικοχλίου με πρότυπο πλακίδιο (παράγρ. 5.3.3) ή πρότυπο μήκος που συνήθως συνοδεύει το μικρόμετρο.

Σχετικά με τη σωστή χρήση των μικρομέτρων και των παχυμέτρων παραπέμπομε στις οδηγίες της παραγράφου 2.4(Ε) της MT-EI.

### **5.2.2 Ερωτήσεις - Ασκήσεις**

1. Να εξηγήσετε τους παρακάτω όρους: **συστηματικό σφάλμα, τυχαίο σφάλμα.**
2. Με τη βοήθεια ενός απλού σκίτσου να εξηγήσετε πώς πρέπει να μεταχειρισθούμε το μεταλλικό κανόνα, για να επιτύχουμε τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.
3. Ποια μέγιστη ακρίβεια μπορούμε να επιτύχουμε με ένα μεταλλικό κανόνα και γιατί;
4. Ποια μετρητικά όργανα χρησιμοποιούμε, για να κάνομε μετρήσεις σε κλάσματα της ίντσας ή σε δεκαδικούς της ίντσας;
5. Ποια είναι η αρχή του βερνιέρου γενικά;
6. Πώς είναι σχεδιασμένο ένα παχύμετρο για να μετράει με ακρίβεια 1/128'' ή 1/20'' mm;
7. Να συγκρίνετε μεταξύ τους το παχύμετρο και το μικρόμετρο και να αναφέρετε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους.
8. Πώς ελέγχουμε τη φθορά και την παραλληλότητα των ραμφών ενός παχυμέτρου;
9. Ποια είναι η αρχή του μικρομέτρου;
10. Πώς διαμορφώνεται ένα μικρόμετρο για να μας δίνει μετρήσεις με ακρίβεια 0,01 mm ή 0,001'';
11. Ποια εργασία κάνει ο μηχανισμός Ι (σχ. 5.2γ) και το ασφαλιστικό περικόχλιο Θ ενός μικρομέτρου;
12. Σε τι συνίσταται ο περιοδικός έλεγχος ενός μικρομέτρου;
13. Να αναφέρετε δύο βασικές οδηγίες για τη χρήση των παχυμέτρων και μικρομέτρων.
14. Ποιο μικρόμετρο είναι ακριβέστερο: το μετρικό με ακρίβεια 0,01 mm ή το αγγλοσαξονικό με ακρίβεια 1/128'';
15. Ποιο παχύμετρο είναι ακριβέστερο: το μετρικό με ακρίβεια 1/20 mm ή το αγγλοσαξονικό με ακρίβεια 0,001'' και γιατί;
16. Να σχεδιάσετε ή να θέσετε την ένδειξη 15,35 mm σε ένα μετρικό παχύμετρο και την ένδειξη 4,361'' σε ένα αγγλοσαξονικό. Σε ποιά κλασματική υποδιαιρέση της ίντσας πλησιάζει η πρώτη ένδειξη; Να μετατρέψετε σε χιλιοστόμετρα τη δεύτερη ένδειξη.
17. Να εξηγήσετε, όσο γίνεται πιο απλά, την ένδειξη 4,361'' ενός αγγλοσαξονικού παχυμέτρου.
18. Να σχεδιάσετε ή να θέσετε τις ακόλουθες ένδειξεις ενός μικρομέτρου: α) 17,42 mm, β) 2,289'', γ) 2,2872'' και να εξηγήσετε πώς γίνεται η ανάγνωση της ένδειξεως (α) και της ένδειξεως (γ).
19. Να αναγνώσετε τις παρακάτω ένδειξεις (σημειώνονται με βέλος) σε μεταλλικό κανόνα, παχύμετρο και μικρόμετρο (σχ. 5.2δ).



Σχ. 5.26.

## 5.3 Πρότυπα μετρήσεως μηκών.

### 5.3.1 Οι διάφορες στάθμες ή βαθμοί ακρίβειας.

Οι εκτελούμενες στην πράξη ποικίλες μετρήσεις μηκών είτε αυτές πραγματοποιούνται για τον έλεγχο των μηχανουργικών προϊόντων, για ρυθμίσεις ή για διακρίβωση των χρησιμοποιουμένων οργάνων είτε για οποιοδήποτε άλλο σκοπό, είναι ανάγκη να γίνονται με διαφορετική για κάθε περίπτωση ακρίβεια ή αλλοιώς σε διάφορες **στάθμες ή βαθμούς ακρίβειας**. Έχουμε έτσι μιαν ιεράρχηση της ακρίβειας από τη μικρότερη προς τη μέγιστη δυνατή. Όπως είναι φυσικό, η ακρίβεια δεν μπορεί να αυξάνεται απεριόριστα, αλλά υπάρχει κάποιο ανώτερο φράγμα, το οποίο δεν μπορούμε να υπερβούμε με οσοδήποτε ψηλό κατασκευαστικό κόστος. Το ανώτερο αυτό φράγμα για την ακρίβεια που επιτυγχάνομε στις κατασκευές καθορίζεται από τα επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα της εποχής μας στον τομέα της μετρολογίας και στους συναφείς με αυτή τομείς.

Στο μηχανουργείο, επί παραδείγματι, χρησιμοποιούμε τα διάφορα μετρητικά όργανα [παχύμετρα, μικρόμετρα, συγκρίτες μηκών (παράγρ. 5.4) κ.α.], τους ελεγκτήρες (παράγρ. 5.7.1) ή και πρότυπα πλακίδια ακόμα, για να ρυθμίζομε και να ελέγχουμε τις εργαλειομηχανές, τις συσκευές συγκρατήσεως κομματιών και εργαλείων και για να επιθεωρούμε τα παραγόμενα προϊόντα. Όλα τα όργανα αυτά μπορούμε να τα κατατάξουμε στην κατώτερη βαθμίδα ακρίβειας, που χρειάζεται στην παραγωγή γενικά των προϊόντων.

Για να έχουν όμως αξιοπιστία οι μετρήσεις μας, θα πρέπει τα μετρητικά όργανα που αναφέραμε να διακριβώνονται (να ελέγχεται η ακρίβειά τους) από όργανα πάλι, τα οποία όμως θα ανήκουν σε ανώτερη στάθμη ακρίβειας. Τα τελευταία τώρα έχουν ανάγκη και αυτά να διακριβώθουν από όργανα ανώτερης στάθμης ακρίβειας κ.ο.κ. Εδώ είναι ανάγκη να υπογραμμίσουμε ότι η διαδοχική αυτή διαδικασία διακρίβωσεως των οργάνων μετρήσεως, τα οποία ανήκουν σε διάφορες στάθμες ακρίβειας, θα πρέπει να γίνεται ανελλιπώς και σε τακτά χρονικά διαστήματα και κατά τρόπο προδιαγραμμένο για κάθε περίπτωση. Έτσι μόνο θα διαθέτομε μετρητικά όργανα, στα οποία θα μπορούμε να βασισθούμε.

Χονδρικά, παραθέτομε παρακάτω τις στάθμες αυτές ακρίβειας.

Στην παραγωγή, για μετρήσεις με παχύμετρο ή με μικρόμετρο η ακρίβεια που επιτυγχάνεται μπορεί να φθάσει τα  $25 \mu\text{m}$  ( $0,001''$ ). Στην επιθεώρηση των κομματιών, η ακρίβεια του χρησιμοποιούμενου οριακού ελεγκτήρα (παράγρ. 5.7.1) θα πρέπει να προσεγγίζει τα  $2,5 \mu\text{m}$  ( $0,00001''$ ). Η ακρίβεια του οργάνου, με το οποίο διακριβώνομε τον ελεγκτήρα, θα φθάνει τα  $0,25 \mu\text{m}$  ( $0,000001''$ ), ενώ τα πρότυπα πλακίδια, που θα χρειασθούν για τη ρύθμιση του οργάνου αυτού, είναι αναγκαίο να έχουν ακρίβεια  $0,1 \mu\text{m}$  ( $0,000004''$  ή  $4 \mu''$ ). Τέλος, τα πρότυπα πλακίδια μεγάλης ακρίβειας, με τα οποία ελέγχομε τα πλακίδια, που μόλις τώρα αναφέραμε, διακριβώνονται σε ειδικό συγκριτή συμβολής φωτός με ακρίβεια  $0,025 \mu\text{m}$  ( $0,000001''$  ή  $1 \mu''$ ).

Είναι αυτονότο ότι όλη αυτή η σειρά από διαδοχικές διακρίβωσεις δεν είναι δυνατό να γίνει μέσα στο μηχανουργείο ή στο εργοστάσιο, στο οποίο ανήκει το μηχανουργείο. Οι διακρίβωσεις χαμηλής σχετικά στάθμης ακρίβειας μπορούν να γίνουν στο μηχανουργείο ή το εργοστάσιο, ενώ οι υψηλότερης στάθμης ακρίβειας

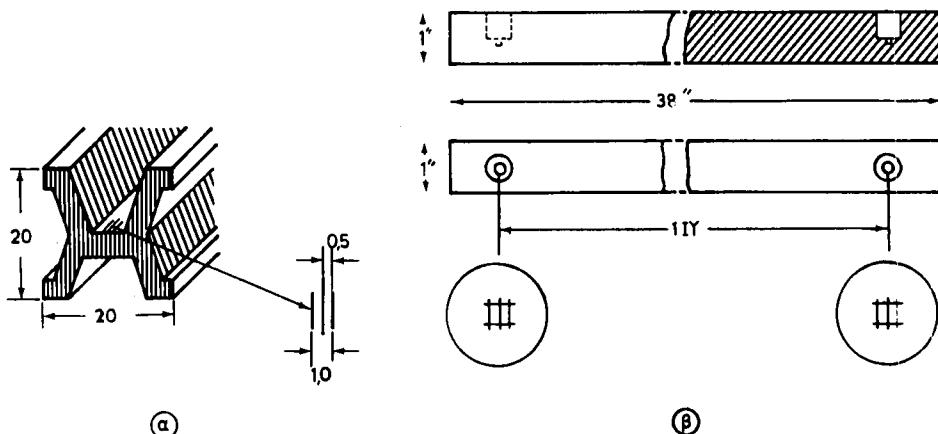
διακριβώσεις εκτελούνται σε ειδικά εργαστήρια ιδρύματα, από τους κατασκευαστές οίκους μετρητικών οργάνων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μέσα, που απαιτούνται για την ακολουθία αυτή των διακριβώσεων, στοιχίζουν πανάκριβα και, όπως είναι φυσικό, δεν είναι δυνατό να τα διαθέτει κάθε μηχανουργείο ή εργοστάσιο,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

Τα διάφορα ιδρύματα και εργαστήρια διακριβώσεως ιεραρχούνται ως εξής: Το **Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών** είναι η ανώτατη αρχή στον τομέα της διακριβώσεως. Με αυτό συνδέονται τα **Εθνικά Γραφεία (ή Εργαστήρια) Προτύπων** των διαφόρων χωρών και παρακάτω από αυτά υπάρχουν τα λεγόμενα **Γραφεία (ή Εργαστήρια) Προτύπων**, τα οποία είναι δυνατό να είναι κρατικά ή ιδιωτικά. Ακολουθούν τα Μετρολογικά Εργαστήρια των ομάδων εργοστασίων, των εργοστασίων κλπ. μέχρι να φθάσουμε στην κατώτατη βαθμίδα ακρίβειας, δηλαδή στην παραγωγή.

### 5.3.2 Πρωτότυπα για τη μέτρηση μηκών.

#### A. Το πρωτότυπο μέτρο.

Στο Παρίσι, το έτος 1875 με την υπογραφή της συμβάσεως Μέτρων και Σταθμών από πολλά κράτη, καθιερώθηκε το **πρωτότυπο μέτρο** (ορίσθηκε ίσο προς το 1/4000000 του μήκους του μεσημβρινού της γης) και κατατέθηκε στο περίπτερο των Σεβρών. Είναι κατασκευασμένο από ιριδιούχο πλατίνα και έχει τη μορφή του σχήματος 5.3a(α), για να παρουσιάζει μικρές παραμορφώσεις σε κάμψη. Και



**Σχ. 5.3a.**

Πρωτότυπα για τη μέτρηση μηκών: (α) Το πρωτότυπο μέτρο. (β) Η πρωτότυπη αυτοκρατορική υάρδα.

στα δύο άκρα της ράβδου αυτής, που υλοποιεί το μέτρο, στο ουδέτερο επίπεδό της (στο επίπεδο, όπου η παραμόρφωση λόγω κάμψεως είναι μηδενική) υπάρχουν τρεις παράλληλες χαραγές κάθετες στον άξονα της ράβδου. Το μέτρο ορίσθηκε ως

η απόσταση ανάμεσα στους 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 απετέλεσε το **πρωτότυπο εθνικό μέτρο** τους.

Το πρωτότυπο αυτό μέτρο παρέμεινε σε ισχύ ως διεθνές πρωτότυπο για τις μετρήσεις μήκους μέχρι το 1960, οπότε αντικαταστάθηκε με το μήκος κύματος φωτός, για το οποίο θα μιλήσομε στην παράγραφο 5.3.2 (Γ) παρακάτω.

## **B. Η πρωτότυπη αυτοκρατορική υάρδα.**

Μετά από πολλές αλλαγές που έγιναν στην υάρδα, την οποία, όπως είναι γνωστό, ορίσε και εισήγαγε ο Ερρίκος ο πρώτος της Αγγλίας το 1120, με πράξη της Βουλής των Κοινοτήτων το έτος 1855 καθιερώθηκε η **πρωτότυπη αυτοκρατορική υάρδα** ως νόμιμη μονάδα μετρήσεως μήκους στη Βρεταννική Κοινοπολιτεία. Είναι και αυτή, όπως και το πρωτότυπο μέτρο, πρωτότυπο χαραγών και είναι κατασκευασμένη από κρατέρωμα [παράγρ. 3.8.1 (Α), (2), ΜΤ-ΕΙ] και έχει τετραγωνική διατομή.

Η αυτοκρατορική υάρδα ορίζεται ως η απόσταση (σε θερμοκρασία 62°F) μεταξύ των αξόνων των μεσαίων χαραγών, που βρίσκονται χαραγμένες στην επάνω επιφάνεια αντιστοίχων χρυσών κυλινδρίσκων φυτεμένων μέσα σε κατάλληλες τρύπες της ράβδου, που υλοποιεί την πρωτότυπη αυτοκρατορική υάρδα [σχ. 5.3α(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 αναλοίωτο και των δύο πρωτοτύπων, δηλαδή του μέτρου και της αυτοκρατορικής υάρδας. Επί πλέον με τη ραγδαία επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη έγινε αισθητή η ανάγκη για μετρήσεις πολύ ψηλής 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 οπουδήποτε στη γη και προς την οποία θα ήταν δυνατό να συγκριθούν κατ' ευθείαν άλλα πρότυπα μήκη.

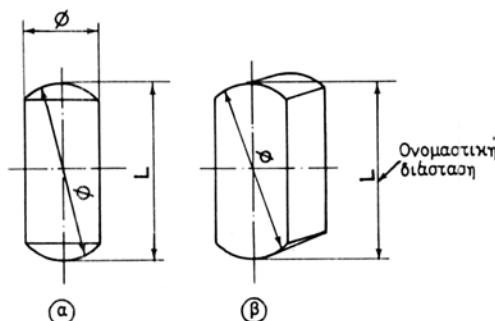
Για να παίξει το ρόλο ενός τέτοιου πρωτοτύπου, επιλέχθηκε το μήκος κύματος μονοχρωματικού φωτός, εξ αιτίας των πολλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει. Αρχικά, το έτος 1927 κατά την έβδομη γενική σύνοδο της διεθνούς Επιτροπής Μέτρων και Σταθμών, υιοθετήθηκε ως πρωτότυπη μονάδα μετρήσεως μηκών το μήκος κύματος της ερυθρής 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-ερυθρής ακτινοβολίας του στοιχείου κρυπτό 86, το οποίο είναι ίσο προς 0,6058 μμ (ακριβέστερα 0,60579021 μμ). Άρα το μέτρο, ως διεθνής πλέον θεμελιώδης μονάδα μήκους, ισούται προς 1650763,73 φορές το μήκος κύματος αυτής της ακτινοβολίας.

Με το νέο αυτό πρωτότυπο μήκους είναι δυνατό οπουδήποτε να γίνει μέτρηση ενός μήκους, δηλαδή σύγκρισή του με το πρωτότυπο μέτρο, με ακρίβεια ενός χιλιοστού του μικρού ( $0,001 \mu\text{m}$ ), με την προϋπόθεση όμως ότι διατίθεται το κατάλληλο όργανο και τηρούνται οι προβλεπόμενες συνθήκες για την εκτέλεση της μετρήσεως.

### 5.3.3 Πρότυπα βιομηχανικά μήκη.

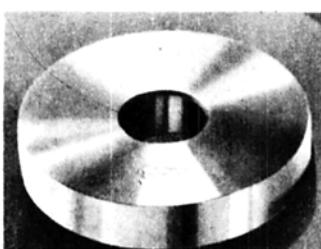
Η ονομασία **πρότυπο μήκος** έχει την έννοια του αληθινού η **γνήσιου μήκους**, δηλαδή μήκους με πάρα πολύ μικρό σφάλμα, αμελητέο μπορούμε να πούμε.

Στα πρότυπα βιομηχανικά μήκη ανήκουν: οι **πρότυποι κανόνες σφαιρικών άκρων** [σχ. 5.3β(α)], οι **πρότυποι κανόνες κυλινδρικών άκρων** [σχ. 5.3β(β)], οι **πρότυποι δίσκοι** (σχ. 5.3γ), οι **πρότυποι δακτύλιοι** (σχ. 5.3δ) και τα **πρότυπα πλακίδια** (σχ. 5.3ε). Οι πρότυποι κανόνες και τα πρότυπα πλακίδια χαρακτηρίζονται ως **πρότυπα άκρων**. Η ονομαστική διάστασή τους (ή ονομαστικό μήκος) ορίζεται ως η απόσταση  $L$  ανάμεσα στις δύο ακραίες τους επιφάνειες και όχι ως η απόσταση μεταξύ δύο χαραγών, όπως συμβαίνει στο πρωτότυπο μέτρο και την πρωτότυπη αυτοκρατορική υάρδα (πρωτότυπα χαραγών).



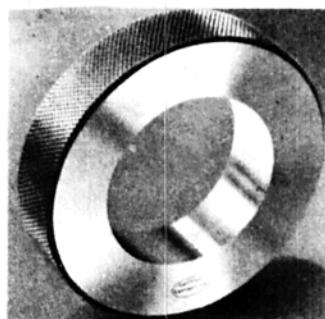
**Σχ. 5.3β.**

Πρότυποι κανόνες: (α) Σφαιρικών άκρων. (β) Κυλινδρικών άκρων.



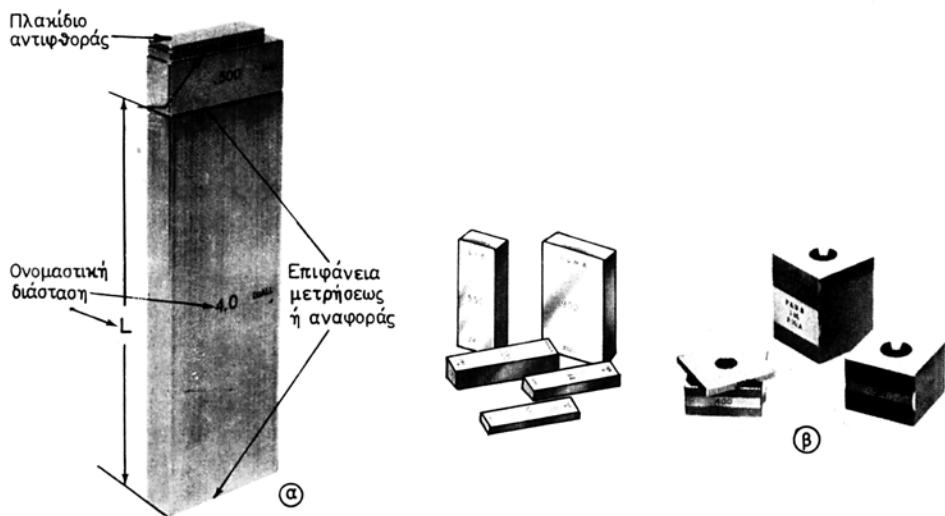
**Σχ. 5.3γ.**

Πρότυπος δίσκος.



**Σχ. 5.3δ.**

Πρότυπος δακτύλιος.



Σχ. 5.3ε.

Πρότυπα πλακίδια: (α) Σε σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου. (β) Σε σχήμα τετραγωνικού πρίσματος με μια τρύπα στη μέση.

Τα πρότυπα βιομηχανικά μήκη που αναφέραμε χρησιμοποιούνται τόσο στον έλεγχο διαστάσεων κατά την παραγωγή μηχανουργικών προϊόντων, όσο και στη διακρίβωση οργάνων και μέσων μετρήσεως μικρότερης ακρίβειας.

Στα επόμενα θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τα πρότυπα πλακίδια, τα οποία θεωρούμε ότι συμβάλλουν σημαντικά όπως θα διαπιστώσουμε, στις μετρήσεις στο μηχανουργείο, (παραγωγή, εργαλειοκατασκευαστήριο, επιθεώρηση ή εργαστήριο προτύπων), παραλείποντας έτσι τα υπόλοιπα, δευτερεύουσας κάπως σημασίας πρότυπα βιομηχανικά μήκη.

### — Τα πρότυπα πλακίδια.

#### A. Γενικά.

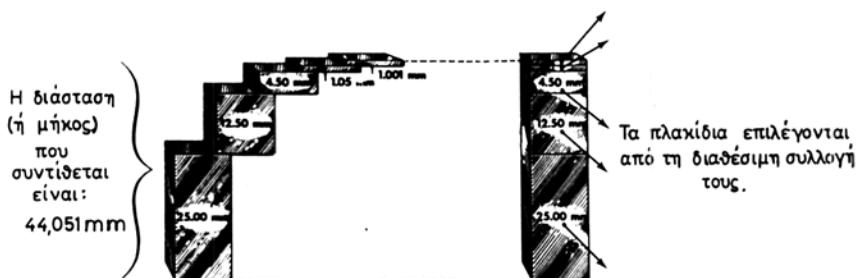
Τα πρότυπα πλακίδια έχουν συνήθως σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου [σχ. 5.3ε(α)], του οποίου δύο έδρες είναι κατεργασμένες με μέγιστη ακρίβεια επίπεδες, παράλληλες και λείες. Η απόσταση που υπάρχει ανάμεσα στις δύο αυτές έδρες (**επιφάνειες μετρήσεως ή αναφοράς**) του πλακιδίου είναι το οριζόμενο από κάθε πλακίδιο μήκος ή η **ονομαστική** διάσταση του πλακιδίου. Η επινόησή τους οφείλεται στο Σουηδό επιθεωρητή οπλισμού Carl E. Johansson, στις αρχές του αιώνα μας.

Υπάρχουν όμως και πρότυπα πλακίδια σε σχήμα τετραγωνικού πρίσματος [σχ. 5.3ε(β)] με μια τρύπα συνήθως στο μέσο τους για ευκολία στη σύνθεση διαφόρων μηκών. Είναι δυνατόν όμως τα πλακίδια αυτά και να μη φέρουν τρύπα.

Με τα πρότυπα πλακίδια μπορούμε σχετικά εύκολα (αφού όμως αποκτήσουμε την απαιτούμενη εμπειρία) να **συνθέτουμε διαστάσεις** (μήκη) με προσωρινούς συν-

διασμούς από πρότυπα πλακίδια – το καθένα πλακίδιο αντιπροσωπεύει ένα προτυπο μήκος – στη μορφή μιας **σειράς** ή μιας **στήλης** από πλακίδια (σχ. 5.3στ). Το συνολικό μήκος της σειράς αυτής ή στήλης πλακιδίων – μέσα βέβαια, σε καθορισμένες πολύ στενές ανοχές – παριστάνει τη ζητούμενη πρότυπη διάσταση (ή μήκος) για κάποια εφαρμογή.

Τα πρότυπα πλακίδια κατασκευάζονται από χαλυβόκραμα (συνήθως χρωμιούχο με ψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα) τέτοιο, ώστε να παρουσιάζει ανεκτή αντίσταση στη φθορά από τη χρήση, σταθερότητα της ονομαστικής διαστάσεως, μικρό συντελεστή θερμικής διαστολής και καλή κατεργαστικότητα, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την επίτευξη ψηλού βαθμού τραχύτητας επιφάνειας. Η απαιτούμενη σκληρότητα, η διαστατική ευστάθεια και η εξάλειψη των εσωτερικών τάσεων των πλακιδίων επιτυγχάνονται με μια σειρά από θερμικές κατεργασίες μετά τη βαφή. Τα πλακίδια, που χρησιμοποιούνται σε διαβρωτικό περιβάλλον κατασκευάζονται από κατάλληλο ανοξείδωτο χάλυβα.



**Σχ. 5.3στ.**

Σύνθεση μιας διαστάσεως (ή μήκους) στη μορφή μιας σειράς ή στήλης από πρότυπα πλακίδια.

### B. Συλλογές προτύπων πλακιδίων.

Τα πρότυπα πλακίδια διατίθενται στο εμπόριο από τα εργοστάσια κατασκευής σε συλλογές (σχ. 5.3ζ) τόσο στο μετρικό, όσο και στο αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων μετρήσεως.

Στον Πίνακα 5.3.1 παραθέτομε τη σύνθεση δύο τυπικών συλλογών από πρότυπα πλακίδια, μιας κατά το μετρικό σύστημα και της άλλης κατά το αγγλοσαξονικό σύστημα.

Κάθε συλλογή φέρει και ένα ζεύγος πλακιδίων από σκληρομέταλλο [σχ. 5.3ε (α), 5.3ιγ] τα λεγόμενα **πλακίδια αντιφθοράς**, πάχους 2 mm ή 0,050''. Αυτά τα πλακίδια τοποθετούνται συνήθως στα δύο άκρα (σχ. 5.3ιγ) [ή και στο ένα, αν δεν υπάρχει κίνδυνος φθοράς στο άλλο, σχ. 5.3ε(α)] της σειράς ή στήλης πλακιδίων, η ο ποία αντιπροσωπεύει, όπως είπαμε, μια πρότυπη διάσταση, για να προφυλάγουν έτσι τις αντίστοιχες επιφάνειες μετρήσεως των ακραίων πλακιδίων του συνδυασμού από φθορά λόγω χρήσεως.

### Γ. Ποιότητες προτύπων πλακιδίων.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς προτυποποιήσεως, που ισχύουν, προδιογρά-



**Σχ. 5.3ζ.**

Τυπική συλλογή προτύπων πλακιδίων μέσα στην ειδική θήκη τους.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.1.**  
**Σύνθεση τυπικών συλλογών προτύπων πλακιδίων**

Αριθμός πλακιδίων	Κλιμάκωση ονομαστικής διαστάσεως [mm]	Περιοχή ονομαστικής διαστάσεως [mm]	Αριθμός πλακιδίων	Κλιμάκωση ονομαστικής διαστάσεως [in]	Περιοχή ονομαστικής διαστάσεως [in]
<b>1. Μετρικό σύστημα</b>			<b>2. Αγγλοσαξονικό σύστημα</b>		
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 αντιφθοράς 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 Ι, ΙΙ και ΙΙΙ. Η ποιότητα Ι είναι η ανώτατη ποιότητα [π.χ. για πλακίδιο με ονομαστική διάσταση 25 mm το μέγιστο επιπρεπόμενο σφάλμα ή η ανοχή του, παράγρ. 5.6.1 (Δ), είναι  $\pm 0,15$  μm], ενώ η ποιότητα ΙΙΙ είναι η κατώτατη ποιότητα (για πλακίδιο με την ίδια ονομαστική διάσταση, δηλαδή 25 mm, προβλέπεται μέγιστο σφάλμα  $\pm 1,5$  μm).

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

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

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

Τα πρότυπα πλακίδια, ανάλογα με την ποιότητά τους (τη στάθμη ακρίβειάς τους) χρησιμοποιούνται για ορισμένες μετρητικές εργασίες, όπως θα δούμε στην παράγραφο 5.3.3 (Δ)(2).

## **Δ. Πώς χρησιμοποιούμε τα πρότυπα πλακίδια.**

### **1. Σύνθεση διαστάσεων με πρότυπα πλακίδια.**

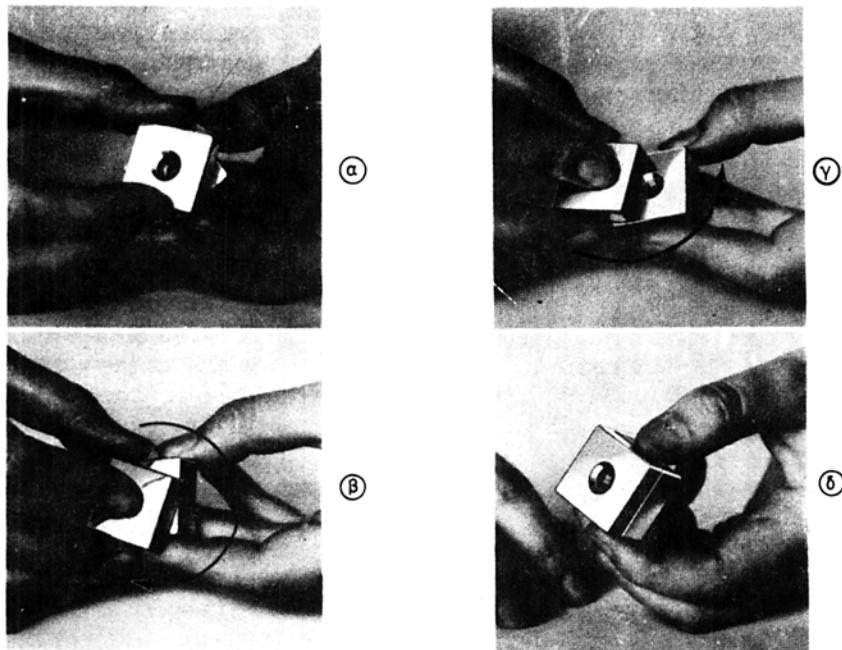
Είδαμε [παράγρ. 5.3.3(A)] ότι η κύρια χρήση των προτύπων πλακιδίων είναι ο συνδυασμός τους για τη σύνθεση δοσμένων (προτύπων) διαστάσεων μέσα σε πολύ στενές ανοχές.

Για να επιτύχομε το σκοπό αυτό εκτελούμε τις ακόλουθες εργασίες:

Καθαρίζομε με επιμέλεια τις επιφάνειες μετρήσεως των πλακιδίων με δέρμα δορκάδας και τοποθετούμε τα πλακίδια το ένα επάνω στο άλλο σταυροειδώς [σχ. 5.3η(a)]. Κατόπιν, με ολίσθηση και στροφή και με σύγχρονη άσκηση έλαφρής, πιέσεως τα φέρνομε στην κανονική τους θέση (δ), όπως εικονίζεται στο σχήμα 5.3η. Έτσι, εκδιώκεται ο αέρας, που υπάρχει ανάμεσα στις εφαπτόμενες επιφάνειες, και επιτυγχάνεται **πλήρης πρόσφυση τους**.

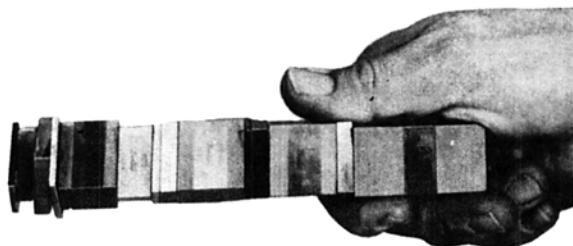
Η πρόσφυση μεταξύ προτύπων πλακιδίων είναι πολύ ισχυρή (μπορεί να φθάσει στα πλακίδια των ανωτέρων ποιοτήτων και μέχρι  $40 \text{ kp/cm}^2$  (σχ. 5.3θ)). Αποδίδεται σε ανάπτυξη διαμοριακών δυνάμεων, λόγω του μεγάλου βαθμού λειάνσεως και επιπεδότητας των προσφυμένων επιφανειών των πλακιδίων. Ενδεικτικά παρατηρούμε ότι η μέση τιμή της τραχύτητας [παράγρ. 5.8.2(B) (1), (2)] για πρότυπα πλακίδια ποιότητας AA δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τη μισή μικροίντσα ( $0,0125 \text{ μm}$ ). Για να επιτευχθεί ικανοποιητική πρόσφυση, δεν πρέπει οι εφαπτόμενες αρχικά επιφάνειες να είναι εντελώς στεγνές, αλλά να παραμένει επάνω τους, μετά το καθάρισμα, μια λεπτότατη μεμβράνη από λίπος.

Όσο και καλή να είναι η πρόσφυση των επιφανειών μετρήσεως των πλακιδίων κατά τη σύνθεση διαστάσεων, πάντοτε θα υπάρχει ανάμεσά τους (κατά ζεύγος επιφανειών) κάποια λεπτότατη μεμβράνη από λίπος, οξείδια, αέρα κ.ά., η οποία θα τις διαχωρίζει. Αυτή είναι η λεγόμενη **μεμβράνη προσφύσεως**. Κάτω από κανονι-



Σχ. 5.3η.

Πώς επιτυγχάνουμε την πρόσφυση δύο προτύπων πλακιδίων. (Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε και για την πρόσφυση πλακιδίων σε σχήμα ορθογώνιου παραλληπιπέδου).



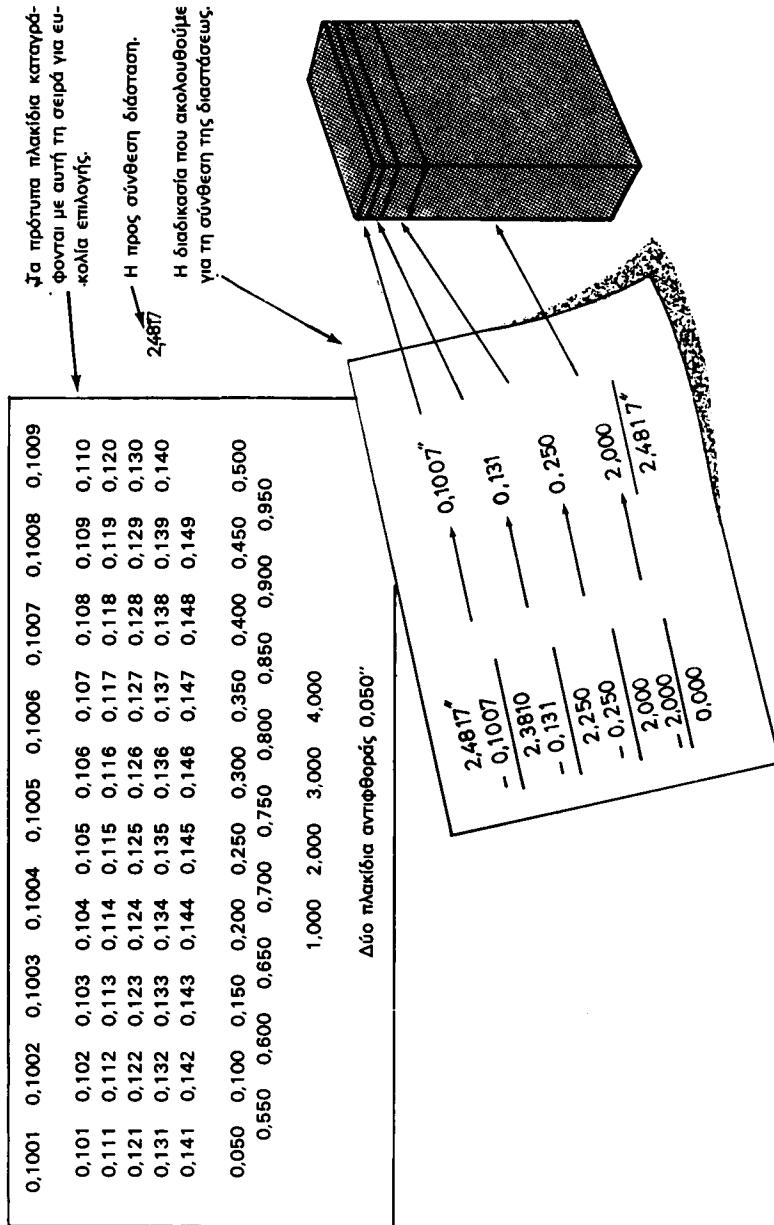
Σχ. 5.3θ.

κές συνθήκες το πάχος της μπορεί να φθάσει τη μία ή τις δύο μικροίντσες.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι, αν η πρόσφυση των προτύπων πλακιδίων, για τη σύνθεση μιας δοσμένης διαστάσεως, γίνει κανονικά, τότε για τις περισσότερες μετρήσεις που κάνομε, θα πρέπει να αγνοήσομε (να θεωρήσομε αμελητέα) τη μεμβράνη προσφύσεως. Άρα κατά τη σύνθεση μιας διαστάσεως, με καλά προσφυόμενα πλακίδια, μπορούμε να θεωρήσομε ότι η στήλη των πλακιδίων έχει διάσταση πρακτικά ίση με το άθροισμα των ονομαστικών διαστάσεων των προτύπων πλακιδίων, τα οποία συνιστούν τη στήλη αυτή.

Η διαδικασία που ακολουθούμε, για να επιλέξουμε το συνδυασμό εκείνο από

πρότυπα πλακίδια, που θα μας δώσει την επιθυμητή διάσταση, φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 5.3ι. Εφαρμόζομε τον εξής βασικό κανόνα: Απαλείφομε αρχικά το τελευταίο δεκαδικό ψηφίο του αριθμού, που παριστάνει την επιθυμητή διάσταση· κατόπιν διαδοχικά, από τα δεξιά προς τα αριστερά, το τελευταίο μη μηδενικό ψηφίο



Σχ. 5.3ι.  
Πως συνθέτομε μια διάσταση επιλέγοντας πρότυπα πλακίδια από μια τυπική ανγλοσαξονική συλλογή με 83 κομμάτια (Πίνακας 5.3.1).

του αριθμού, ο οποίος προκύπτει μετά την αφαίρεση της ονομαστικής διαστάσεως κάθε επιλεγόμενου πλακιδίου, διαλέγοντας κάθε φορά πρότυπο πλακίδιο τέτοιο, που να έχει το ίδιο ψηφίο στην αντίστοιχη δεκαδική τάξη της ονομαστικής του διαστάσεως.

Ας πούμε ότι θέλομε να συνθέσουμε τη διάσταση  $2,4817''$  και ότι διαθέτομε την τυπική συλλογή προτύπων πλακιδίων του αγγλοσαξονικού συστήματος, που περιγράφεται στον Πίνακα 5.3.1. Εκτελούμε τα ακόλουθα βήματα (σχ. 5.3ι, Πίνακας 5.3.2) βασιζόμενοι στον κανόνα, που μόλις τώρα διατυπώσαμε:

- Γράφομε τη διάσταση, που θέλομε να συνθέσουμε, δηλαδή  $2,4817''$ .
- Απαλείφομε το τελευταίο της δεκαδικό ψηφίο, δηλαδή το 7, επιλέγοντας από τη συλλογή ένα πλακίδιο με ονομαστική διάσταση της οποίας το τέταρτο δεκαδικό ψηφίο να είναι 7, όπως π.χ. είναι η διάσταση  $0,1007''$ . Η ονομαστική διάσταση κάθε επιλεγόμενου πλακιδίου αναγράφεται σε άλλη στήλη (δεξιά) για την επαλήθευση της επιλογής, που θα κάνομε στο τέλος.
- Προβαίνομε στην απαλοιφή του τελευταίου μη δεκαδικού ψηφίου του αριθμού ( $2,3810''$ ), ο οποίος προέκυψε μετά την αφαίρεση του  $0,1007''$  εκλέγοντας το κατάλληλο πλακίδιο, δηλαδή το  $0,131''$ .
- Απαλείφομε πάλι το μη μηδενικό ψηφίο του υπόλοιπου  $2,250''$  μετά την αφαίρεση του  $0,131''$  διαλέγοντας το  $0,250''$ .
- Τέλος διώχνομε το  $0,200''$ , υπόλοιπο μετά την αφαίρεσή του  $0,250''$ , επιλέγοντας το διατιθέμενο πλακίδιο με την ίδια ονομαστική διάσταση, δηλαδή  $2,000''$ .

Γενικά, προτιμούμε να συνθέτουμε την επιθυμητή διάσταση με το μικρότερο δυνατό αριθμό από πρότυπα πλακίδια (περιορίζομε έτσι το σφάλμα λόγω μεμβράνης προσφύσεως και πραγματοποιούμε πιο γρήγορα το συνδυασμό), εκτός βέβαια αν χρειάζεται να συνθέσουμε συγχρόνως την ίδια διάσταση δύο ή περισσότερες φορές. Από τους δύο συνδυασμούς για τη σύνθεση της διαστάσεως  $2,4817''$  (Πίνακας 5.3.2) ο καλύτερος, και αυτός που θα προτιμηθεί, είναι ο Α, γιατί γίνεται με τη βοήθεια τεσσάρων πλακιδίων, ενώ ο Β γίνεται με επιλογή πέντε πλακιδίων.

## 2. Εφαρμογές των προτύπων πλακιδών.

Είδαμε στην παράγραφο 5.3.3 (Γ) ότι τα πρότυπα πλακίδια διατίθενται σε τέσσερις ή πέντε ποιότητες (στάθμες ακρίβειας), σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς. Τα πλακίδια κάθε ποιότητας χρησιμοποιούνται για διάφορες μετρητικές εργασίες, τις οποίες ομαδοποιούμε παρακάτω. Θεωρούμε αυτονόητο ότι η ποιότητα του πρότυπου πλακιδίου, που θα επιλέξουμε για δοσμένη εφαρμογή, θα πρέπει οπωσδήποτε να καλύπτει τις απαιτήσεις της σε ακρίβεια.

Για λόγους εφαρμογών μπορούμε να κατατάξουμε τα πρότυπα πλακίδια κατά τάξη ελαπτούμενης ακρίβειας (ή χειροτερεύσεως της ποιότητας) σε:

- Πρότυπα πλακίδια αναφοράς.
- Πρότυπα πλακίδια διακριβώσεως.
- Πρότυπα πλακίδια επιθεωρήσεως.
- Πρότυπα πλακίδια παραγωγής ή εργασίας.

Έτσι τα ταξινομεί και η παλαιά βρετανική προδιαγραφή BS 888. Στις ομάδες αυτές των προτύπων πλακιδίων μπορούμε να αντιστοιχίσουμε τις ποιότητες Ι, ΙΙ, ΙΙΙ

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3.2.****Παραδείγματα συνδυασμών προτύπων πλακιδών για τη σύνθεση διαστάσεων (μηκών)**

Συνδυασμός Α		Συνδυασμός Β		Συνδυασμός με τα δύο πλακίδια αντιφθοράς	
2,4817'' -0,1007	Επαλήθευση: 0,1007"	2,4817'' -0,2007*	Επαλήθευση: 0,2007"	5,6879'' -0,1000**	Επαλήθευση: 0,1000"
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"

\*\* Τα δύο πλακίδια αντιφθοράς ( $2 \times 0,050 = 0,1000''$ )

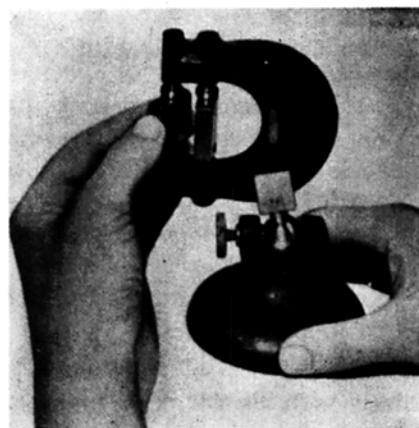
\*\*\* Προσθέτομε τα πλακίδια 1,000" και 4,000"

και III της γερμανικής προτυποποίησεως, τις AAA και AA, A+, A και B της αμερικανικής και τις ποιότητες 00, 0, I και II της βρετανικής.

Τα **πρότυπα πλακίδια αναφοράς** είναι τα ανώτατης στάθμης ακρίβειας πρότυπα μήκη, των οποίων, η διακρίβωση γίνεται στο Κρατικό Γραφείο Προτύπων. Χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση των κατώτερης ποιότητας προτύπων πλακιδίων διακριβώσεως.

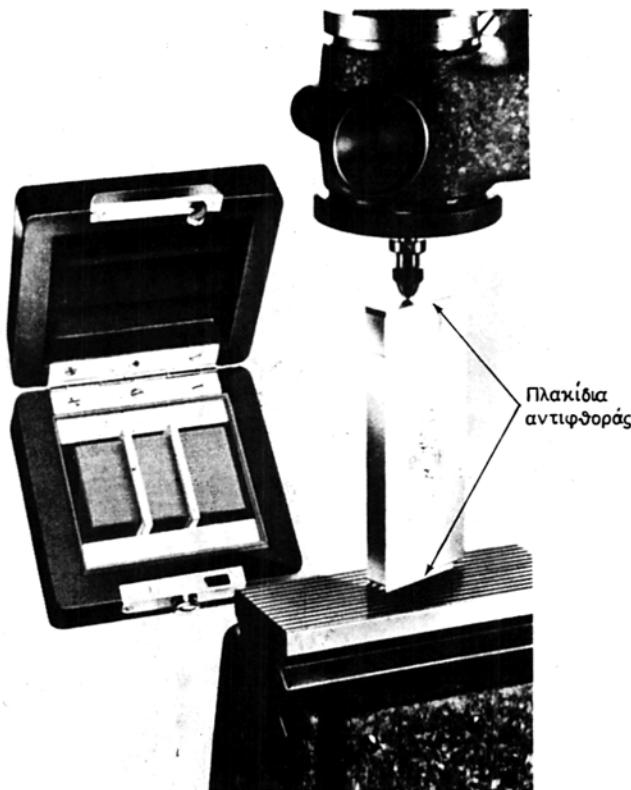
Με τα **πρότυπα πλακίδια διακριβώσεως** ελέγχομε όλα τα κατώτερης ακρίβειας πρότυπα πλακίδια. Για την εργασία αυτή μεταχειρίζομαστε κατάλληλους συγκριτές (παράγρ. 5.4.1) υψηλής ευαισθησίας. Η ονομαστική διάσταση του προς βαθμονόμηση πλακιδίου συγκρίνεται με ένα πρότυπο πλακίδιο διακριβώσεως απαράλλακτης ονομαστικής διαστάσεως. Ακόμα μπορούν να βαθμονομηθούν ως πρότυπα πλακίδια διακριβώσεως και συγκριτές υψηλής ευαισθησίας μέσα σε όλη τους την περιοχή μετρήσεων, με τη βοήθεια πλακιδίων με μεταβαλλόμενη ονομαστική διάσταση.

Με τα **πρότυπα πλακίδια επιθεωρήσεως** ελέγχομε ή ρυθμίζομε (σχ. 5.3ια)



**Σχ. 5.3ια.**

Ρύθμιση ενός ελεγκτήρα ορίου για άξονες με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων.



**Σχ. 5.3ιβ.**

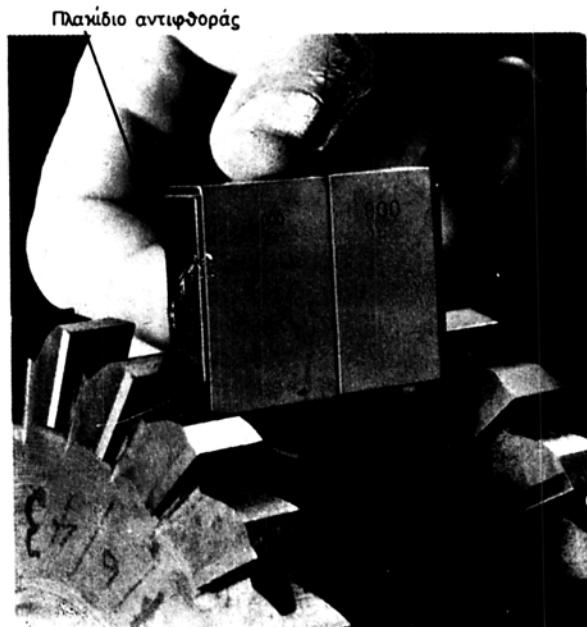
Ρύθμιση ενός επιτραπέζιου συγκριτή μηκών (παράγρ. 2.4.3, σχ. 2.4ζ).

ελεγκτήρες ορίου (παράγρ. 5.7.1). Επίσης με πρότυπα πλακίδια αυτής της ποσότητας ρυθμίζομε συγκριτές μηκών (σχ. 2.3ιβ) και ελέγχομε ή βαθμονομούμε πρότυπα μήκη για τη ρύθμιση συγκριτών.

Τα **πρότυπα πλακίδια παραγωγής** χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην κατασκευή εργαλείων, ιδιοσυσκευών για τη συγκράτηση κομματιών, στον έλεγχο των μηχανουργικών προϊόντων και σε άλλες συναφείς μετρητικές εργασίες στο μηχανουργείο. Σ' αυτό έχουν συντελέσει από το ένα μέρος ο εξακολουθητικός περιορισμός των ανοχών στις μηχανουργικές κατασκευές και από το άλλο η ανάπτυξη πολύ ευαισθήτων και αξιοπίστων συγκριτών μηκών.

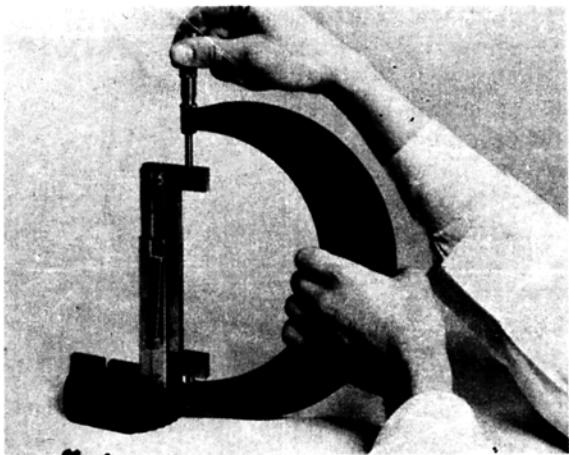
Πιο συγκεκριμένα, ως τυπικές εφαρμογές των προτύπων πλακιδίων, παραθέτομε τις ακόλουθες:

- α) Κατ' ευθεία μέτρηση αποστάσεων ανάμεσα σε παράλληλες επιφάνειες, όπως π.χ. το πλάτος αυλακιών, σφηνοδρόμων, κατά τη ρύθμιση εργαλείων (σχ. 5.3ιγ) κ.α.
- β) Ρύθμιση και έλεγχος απλών οργάνων μετρήσεως του μηχανουργού, όπως π.χ. μικρομέτρων (σχ. 5.3ιδ) σε όλη την περιοχή μετρήσεως με πρότυπα πλακίδια μεταβαλλόμενης ονομαστικής διαστάσεως.
- γ) Συγκρότηση οριακών ελεγκτήρων με τη βοήθεια κατάλληλης ιδιοσυσκευής - φορέα των πλακιδίων (σχ. 5.3ιε).
- δ) Μεταφορά διαστάσεων και σύγκριση (σχ. 5.3ιστ).
- ε) Έμμεση μέτρηση γωνιών με τη μέθοδο του ημιτόνου [παράγρ. 5.5.4 (Α)] ή της εφαπτομένης [παράγρ. 5.5.4 (Β)].



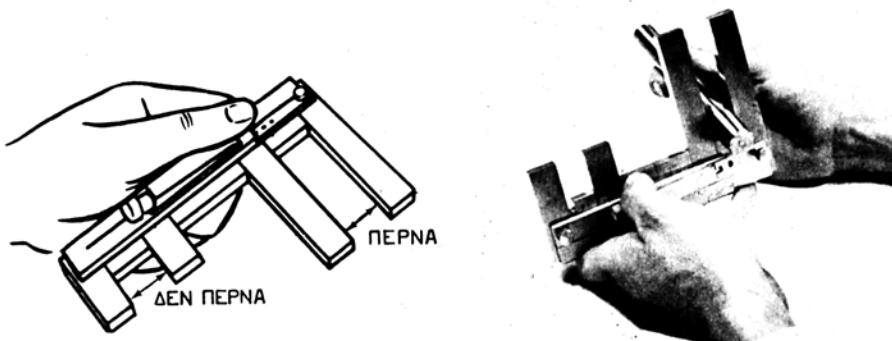
Σχ. 5.3ιγ.

Ρύθμιση της αποστάσεως ανάμεσα σε δύο φραίζες με πρότυπα πλακίδια. Αξιοπρόσεκτη εδώ είναι η χρησιμοποίηση των πλακιδίων αντιφθοράς λόγω της μεγάλης σκληρότητας των φραίζων, που είναι κατασκευασμένες από ταχυχάλυβα ή ακόμα μπορεί να έχουν δόντια από σκληρομέταλλο, που είναι πιο σκληρό από τον ταχυχάλυβα.



**Σχ. 5.3ιδ.**

Ρύθμιση ενός μικρομέτρου με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων, τοποθετημένων σε ιδιοσυσκευή-φορέα τους (σχ. 2.3ιη).

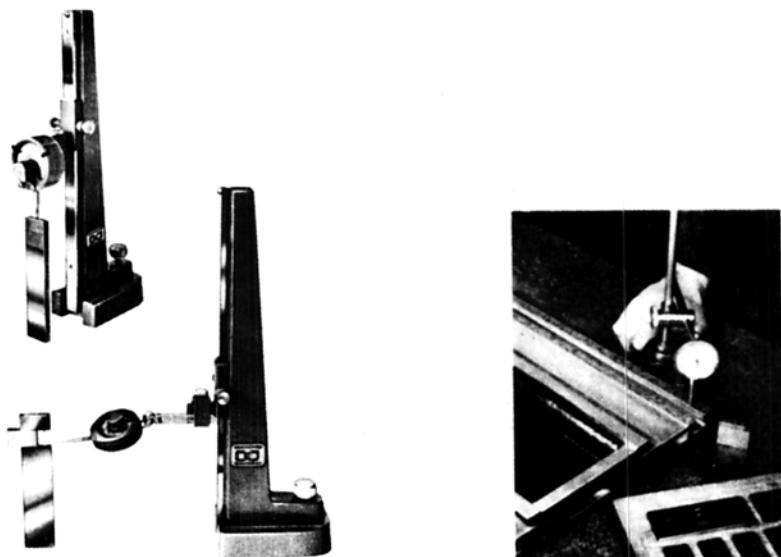


**Σχ. 5.3ιε.**

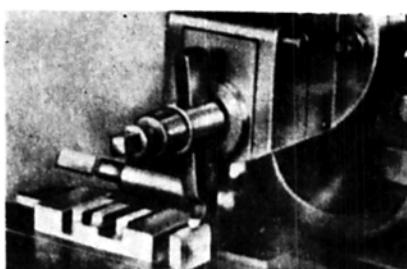
Έλεγκτήρας ορίου για άξονες συναρμολογημένος από πρότυπα πλακίδια και από ακραία πρότυπα (σχ. 5.3κ) στην κατάλληλη ιδιοσυσκευή-φορέα.

στ) Χάραξη, ρύθμιση εργαλειομηχανών (σχ. 5.3ιζ), συναρμολόγηση κομματιών κ.α.

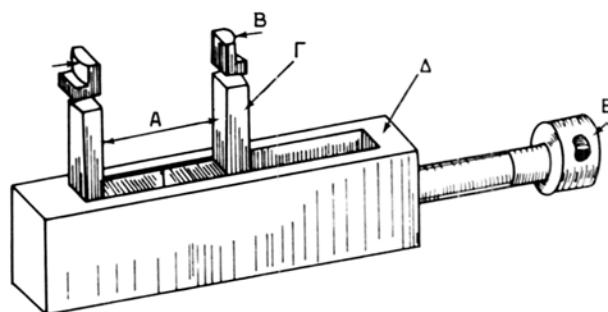
Οι ποικίλες εφαρμογές των προτύπων πλακιδίων, τις οποίες αναφέραμε, διευκολύνονται και οι ρυθμίσεις ή ο έλεγχος γίνονται πιο αξιόπιστα με τη βοήθεια καταλλήλων ιδιοσυσκευών-φορέων των πλακιδίων (σχ. 5.3ιη). Διατίθενται επίσης στο εμπόριο συλλογές εξαρτημάτων για τη χρήση των πλακιδίων (σχ. 5.3ιθ), οι οποίες εκτός από τις ιδιοσυσκευές-φορείς, περιλαμβάνουν και ποικιλία από ακραία πρότυπα (σχ. 5.3κ) για την κάλυψη αναγκών των εφαρμογών.

**Σχ. 5.3ιστ.**

Μεταφορά διαστάσεων και σύγκριση με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων.

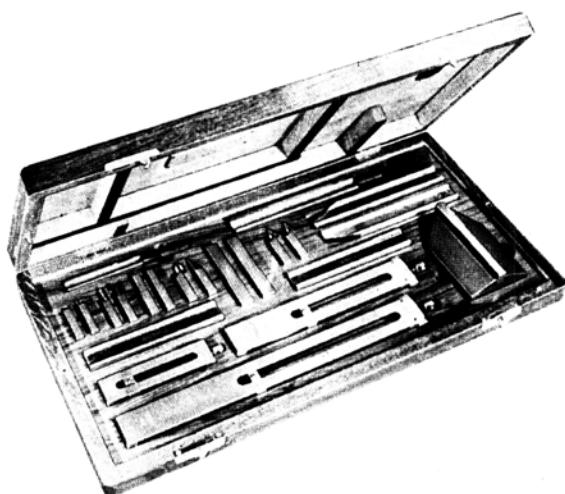
**Σχ. 5.3ια.**

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

**Σχ. 5.3ιη.**

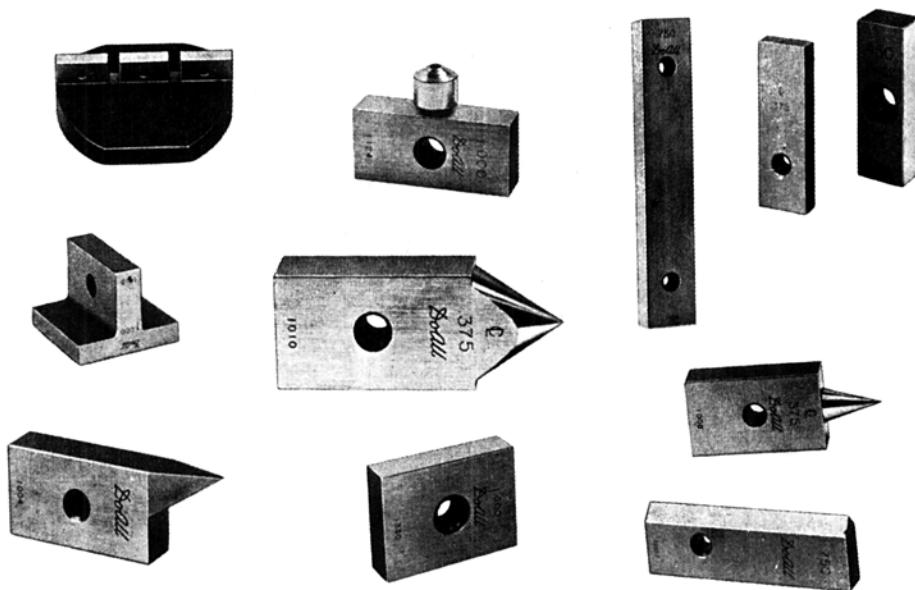
Ιδιοσυσκεύη-φορέας προτύπων πλακιδίων: Α εξωτερική διάσταση, Β εσωτερική διάσταση, Γ ακραίο πρότυπο, Δ φορέας, Ε ρυθμιστικός κοχλίας.

Πολύ μικρές διαστάσεις, τις οποίες δεν μπορούμε να συνθέσουμε με τα διαθέσιμα πλακίδια, τις σχηματίζομε ως διαφορά δύο στηλών από πρότυπα πλακίδια [σχ. 5.3κα (α)]. Τυπική εφαρμογή αυτής της μεθόδου έχομε στον έλεγχο των μετρητικών λεπίδων [φίλλερ, σχ. 5.3κα(β)].



**Σχ. 5.3ιθ.**

Συλλογή διαφόρων εξαρτημάτων υποβοηθητικών για τη χρήση των προτύπων πλακιδίων.

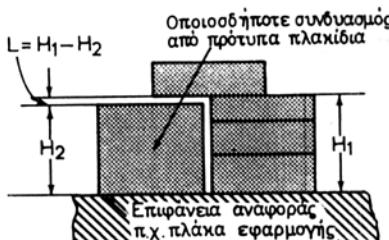


**Σχ. 5.3κ.**

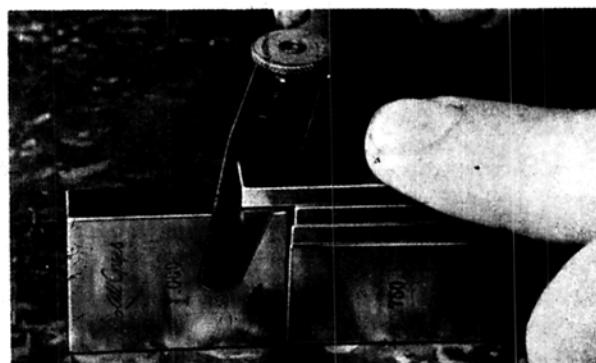
Ποικιλία από ακραία πρότυπα. Το είδος τους εξαρτάται από τη μορφή της ιδιοσυσκευής-φορέα, στην οποία θα προσαρμοσθούν, και από την εφαρμογή, για την οποία προορίζονται.

### 3. Φροντίδες των προτύπων πλακιδίων.

- Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να καταβάλλεται κατά τις μετρήσεις με πρότυπα



(a)



(b)

**Σχ. 5.3κα.**

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

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

β) Να μην ακουμπάτε τα δάκτυλά σας επάνω στις επιφάνειες μετρήσεως των πλακιδίων περισσότερο από όσο χρειάζεται. Ο ιδρώτας των δακτύλων περιέχει οξύ, το οποίο, αν δεν αφαιρεθεί εγκαίρως, προκαλεί οξείδωση στα πλακίδια.

γ) Για προστασία από την οξείδωση, μέτα από κάθε χρήση της συλλογής προτύπων πλακιδίων, όλα τα πλακίδια που τα έχουμε καθαρίσει για χρήση τα επαλείφομε με λεπτό στρώμα βαζελίνης χωρίς οξέα ή μη οξειδωτικού λαδιού, κατόπιν τα σκουπίζουμε με λαδωμένο δέρμα δορκάδας και τα τοποθετούμε στην κατάλληλη θέση τους μέσα στη θήκη της συλλογής.

δ) Να μην αφήνετε ποτέ τα πλακίδια στην κατάσταση της προσφύσεως επί μακρό χρόνο, γιατί προξενούνται βλάβες στις επιφάνειες μετρήσεως. Να τα αποχωρίζετε καθημερινά.

ε) Όταν δεν χρησιμοποιείτε τα πρότυπα πλακίδια, να τα τοποθετείτε στη θέση τους μέσα στη θήκη.

στ) Να καθαρίζετε περιοδικά πολύ καλά τη θήκη της συλλογής των προτύπων πλακιδίων.

#### **5.3.4 Ερωτήσεις και ασκήσεις.**

1. Γιατί είναι αναγκαίο οι μετρήσεις διαστάσεων στις μηχανουργικές κατασκευές να γίνονται σε διάφορες στάθμες ή βαθμούς ακρίβειας;
2. Τι ονομάζομε **διακρίβωση** ενός μετρητικού οργάνου και πότε πρέπει αυτή να γίνεται;
3. Ποια στάθμη ακρίβειας μπορούμε να φθάσουμε χονδρικά στις μετρήσεις μηκών στην παραγωγή και με ποια ακρίβεια μετρούμε στην επιθεώρηση;
4. Τι είναι το πρωτότυπο μέτρο;
5. Γιατί έχει καθιερωθεί το μήκος κύματος φωτός ως πρωτότυπο για τη μέτρηση μηκών; Ποιό είναι η πρωτότυπη μονάδα;

6. Τι είναι τα πρότυπα πλακίδια και σε τι μας χρησιμεύουν;
7. Πώς κυκλοφορούν τα πρότυπα πλακίδια στο εμπόριο και με ποια κριτήρια τα επιλέγομε;
8. Πόσες ποιότητες προτύπων πλακιδίων προβλέπονται σύμφωνα με τη γερμανική και βρεταννική προτυποποίηση και ποιές είναι αντίστοιχα;
9. Τα πρότυπα πλακίδια **προσφύσανται** μεταξύ τους. Τι σημαίνει αυτό;
10. Πώς επιτυγχάνουμε την πρόσφυση πλακιδίων;
11. Ποιον κανόνα ακολουθούμε για να επιλέξουμε συνδυασμούς από πρότυπα πλακίδια για τη σύνθεση μιας δοσμένης διαστάσεως;
12. Ποιος είναι ο ρόλος που παίζουν τα πρότυπα πλακίδια αντιθοράς στις διάφορες εφαρμογές;
13. Να απαριθμήσετε μερικές μετρητικές εργασίες, που κάνουμε με τα πρότυπα πλακίδια παραγωγής.
14. Ποιο είναι το υλικό κατασκευής των προτύπων πλακιδίων και ποιες χαρακτηριστικές ιδιότητες πρέπει να έχει;
15. Ποιες προφυλάξεις παίρνουμε κατά το χειρισμό των προτύπων πλακιδίων;
16. Πώς φροντίζουμε τα πρότυπα πλακίδια μετά τη χρήση τους;
17. Με τη μετρική συλλογή προτύπων πλακιδίων του Πίνακα 5.3.1 στη διάθεσή σας να συνθέσετε τις ακόλουθες διαστάσεις μεταχειρίζομενοι τον ελάχιστο δυνατό αριθμό πλακιδίων: 52,327 mm, 15,290 mm, 69,512 mm.
18. Να κάνετε το ίδιο, όπως στο (17) προηγουμένως, με διαθέσιμη την αγγλοσαξονική συλλογή προτύπων πλακιδίων του Πίνακα 5.3.1 για τις εξής διαστάσεις: 2,7813", 4,3357", 1,8340".
19. Γιατί κατά το σχηματισμό διαστάσεων με πρότυπα πλακίδια επιδιώκουμε να χρησιμοποιούμε κάθε φορά τον ελάχιστο δυνατό αριθμό προτύπων πλακιδίων;

## 5.4 Όργανα συγκρίσεως μηκών ή συγκριτές μηκών.

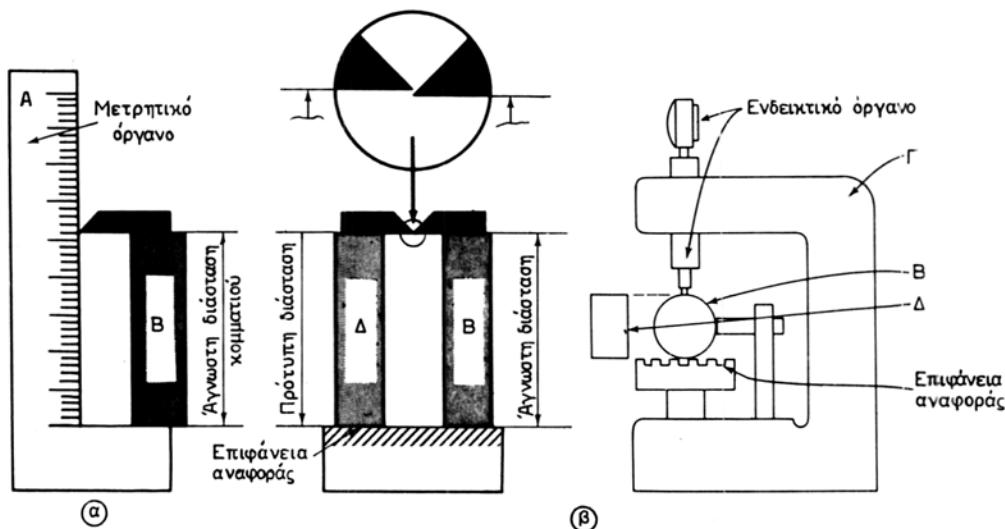
### 5.4.1 Γενικά.

Είναι όργανα, με τα οποία δεν κάνομε κατ' ευθείαν μετρήσεις μιας διαστάσεως [σχ. 5.4α(α)], όπως λ.χ. με τους μεταλλικούς κανόνες, τα παχύμετρα κ.α., αλλά την άγνωστη αυτή διάσταση τη συγκρίνομε προς μιαν άλλη γνωστή, την οποία συνήθως παίρνουμε ως **πρότυπο** [σχ. 5.4α(β)]. Έτσι, ενώ για να γίνουν κατ' ευθείαν μετρήσεις χρειάζεται το μετρητικό όργανο Α και το προς μέτρηση κομμάτι Β [σχ. 5.4α(α)], στην περίπτωση των συγκριτών μετρήσεων απαιτούνται τρία πράγματα: το μετρητικό όργανο Γ (συγκριτής μηκών), το κομμάτι Β και το πρότυπο Δ, ως προς το οποίο θα γίνει η σύγκριση [σχ. 5.4α(β)].

Στα επόμενα θ ασχοληθούμε με τα βασικά όργανα συγκρίσεως μηκών. Τέτοια είναι το μετρητικό ρολόι (σχ. 5.4β), ένα χρησιμότατο και πολύ εύχρηστο όργανο, που το μεταχειρίζομαστε ευρύτατα στον έλεγχο των εργαλειομηχανών και άλλων μηχανοκατασκευών, οι **επιτραπέζιοι συγκριτές μηκών** (παράγρ. 5.4.3) και οι **ηλεκτρικοί συγκριτές μηκών** (παράγρ. 5.4.4), που βρίσκουν κατά κύριο λόγο εφαρμογή στον έλεγχο των μηχανουργικών προϊόντων της μαζικής παραγωγής. Με τους συγκριτές μηκών μεγάλης ευαισθησίας, που χρησιμοποιούνται για τη διακρίβωση προτύπων πλακιδίων και τη βαθμονόμηση οργάνων ακρίβειας, δεν θα ασχοληθούμε, γιατί θεωρούμε ότι το αντικείμενο αυτό ξεφεύγει από το σκοπό αυτού του βιβλίου. Για τους διαβήτες συγκριτικών μετρήσεων, μιλήσαμε στην παράγραφο 4.2(Ε) (2) της ΜΤ-ΕΙ.

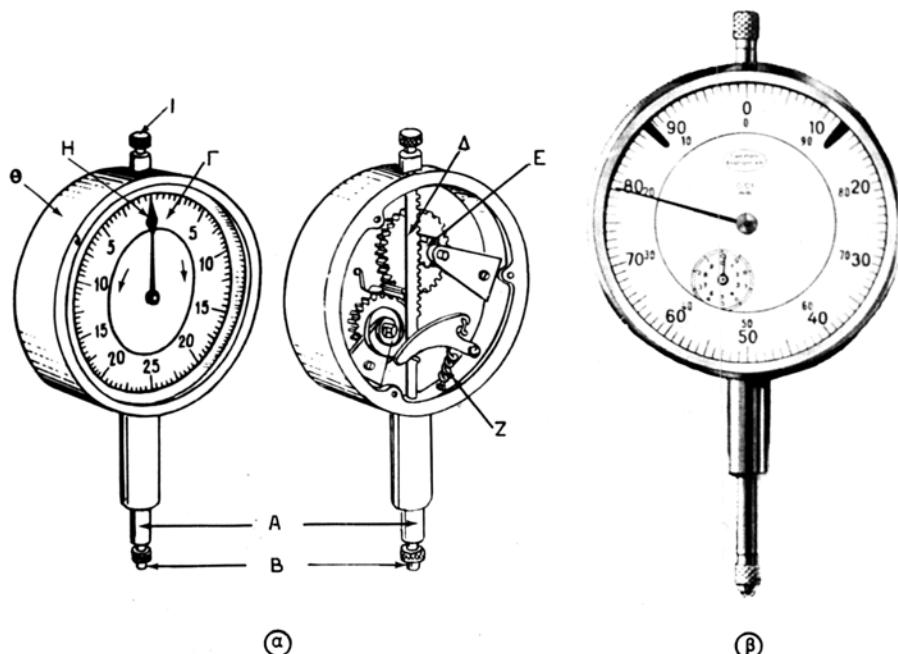
### 5.4.2 Το μετρητικό ρολόι.

Το **μετρητικό ρολόι** (σχ. 5.4β) είναι ένα τυπικό όργανο συγκρίσεως μηκών. Συ-



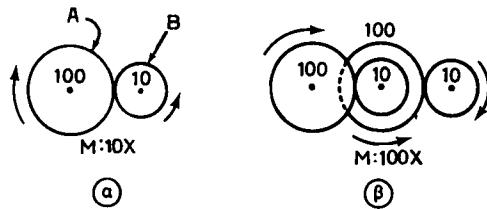
Σχ. 5.4a.

Η αρχή μιας κατ' ευθείαν μετρήσεως (α) και μιας συγκριτικής μετρήσεως (β).



Σχ. 5.4b.

Το μετρητικό ρολόι.

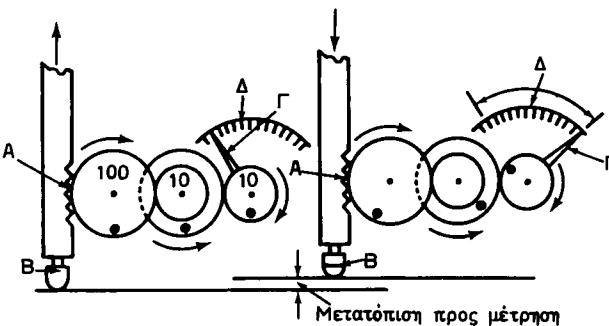


Σχ. 5.4γ.

Μεγέθυνση μιας γωνίας στροφής με τη βοήθεια οδοντοτροχών σε σύμπλεξη.

χνά ενσωματώνεται σε διάφορα μετρητικά όργανα ως το μέσο, που παρέχει τις ενδείξεις.

Η αρχή λειτουργίας του μετρητικού ρολογιού βασίζεται στη μεγέθυνση (ή στον πολλαπλασιασμό) μιας γωνίας στροφής, που μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια οδοντοτροχών σε σύμπλεξη (σχ. 5.4γ). Ας πούμε ότι θεωρούμε τους δύο συμπλεγμένους οδοντοτροχούς του σχήματος 5.4γ(α). Η γωνία στροφής του κινούμενου οδοντωτού τροχού Β είναι ανάλογη προς τη γωνία στροφής του οδοντοτροχού Α που κινεί και προς το λόγο του αριθμού δοντιών του τροχού που κινεί προς τον αριθμό δοντιών του κινούμενου οδοντοτροχού. Έστω π.χ. ότι ο κινητήριος οδοντοτροχός έχει δέκα φορές περισσότερα δόντια από τον κινούμενο, τότε, αν ο πρώτος κάνει μια περιστροφή, ο δεύτερος (ο κινούμενος) θα περιστραφεί κατά δέκα στροφές. Στην περίπτωση αυτή έχομε μεγέθυνση της γωνίας περιστροφής επί 10. Η διάταξη του σχήματος 5.4δ (β) μας δίνει μεγέθυνση της γωνίας περιστροφής επί 100.



Σχ. 5.4δ.

Η αρχή του μετρητικού ρολογιού.

Η αρχή αυτή της μεγεθύνσεως μιας γωνίας στροφής με τη βοήθεια εμπλεκομένων οδοντοτροχών εφαρμόζεται στο μετρητικό ρολόι με την προσθήκη δύο ακόμα στοιχείων: μιας διατάξεως, που να προκαλεί την περιστροφή του κινητήριου οδοντοτροχού ανάλογα με τις μεταβολές της προς έλεγχο διαστάσεως, όπως ακόμα και μιας άλλης διατάξεως, για την ανάγνωση της γωνίας στροφής του τελευταίου κι-

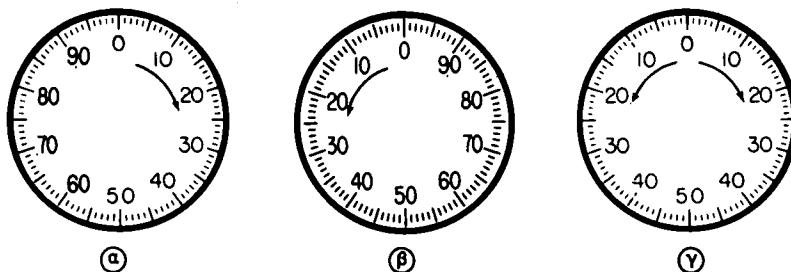
νούμενου οδοντοτροχού. Η πρώτη διάταξη περιλαμβάνει έναν οδοντωτό κανόνα Α (σχ. 5.4δ), που εμπλέκεται με τον πρώτο κινητήριο οδοντωτό τροχό και που φέρει στο άκρο του έναν επαφέα Β, ο οποίος ακουμπά επάνω στο κομμάτι ή στο πρότυπο κατά την εκτέλεση των συγκριτικών μετρήσεων [σχ. 5.4α (β)]. Η δεύτερη διάταξη αποτελείται από ένα δείκτη Γ και μια βαθμονομημένη πλάκα Δ. Εδώ δεν θα πρέπει να λησμονούμε ότι και ο δείκτης συμβάλλει στη συνολική μεγέθυνση, την οποία μας δίνει το όλο σύστημα. Άρα, η συνολική μεγέθυνση, που μπορούμε να επιτύχουμε με ένα μετρητικό ρολόι, είναι ίση με τη μεγέθυνση, την οποία μας δίνουν οι εμπλεκόμενοι οδοντοτροχοί πολλαπλασιασμένη επί τη μεγέθυνση, που μας παρέχει ο δείκτης.

### **Β. Περιγραφή του μετρητικού ρολογιού.**

Έτσι, σύμφωνα με όσα αναφέραμε προηγουμένως, ένα μετρητικό ρολόι [σχ. 5.4β(α)] αποτελείται από το κινητό στέλεχος Α, που απολήγει σε επαφέα Β, από το μηχανισμό μεγεθύνσεως των μετατοπίσεων του στελέχους και από τη ωρολογιακή πλάκα Γ για την ανάγνωση των ενδείξεων. Το στέλεχος Α φέρει κατά προέκταση ένα οδοντωτό κανόνα Δ εμπλεκόμενο με σειρά από οδοντοτροχούς Ε (ο αριθμός των εμπλεκομένων οδοντοτροχών, όπως και ο αριθμός των δοντιών τους, εξαρτάται από την τιμή της μεγεθύνσεως, που επιθυμούμε να επιτύχουμε με το μετρητικό ρολόι). Η συγκράτηση του κινητού στελέχους στην προς τα έξω θέση του επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του ελατηρίου Ζ. Την ένδειξη μας τη δίνει ο δείκτης Η στηγωρολογιακή πλάκα Γ του οργάνου, η οποία προσαρμόζεται σε δυνάμενο να περιστραφεί δακτύλιο Θ, που φέρει περιφερειακά ρίκνωση. Έτσι είναι δυνατή η περιστροφή της ωρολογιακής πλάκας σε σχέση με το δείκτη Η. Η κίνηση αυτή χρειάζεται, για να μπορούμε να φέρομε το δείκτη στο μηδέν της πλάκας. Η ωρολογιακή πλάκα ασφαλίζεται με τον ασφαλιστικό κοχλία Ι.

Σε μετρητικά ρολόγια με μεγάλη περιοχή μετρήσεων υπάρχει και δεύτερη μικρή ωρολογιακή πλάκα με αντίστοιχο δείκτη, για τη μέτρηση του αριθμού των πλήρων περιστροφών του κύριου δείκτη του οργάνου [σχ. 5.4β(β)].

Οι βαθμονομημένες πλάκες των μετρητικών ρολογιών απαντώνται σε τρεις μορφές, όπως εικονίζονται στο σχήμα 5.4ε, δηλαδή ως πλάκες με συνεχή αριθμη-



**Σχ. 5.4ε.**

Είδη βαθμονομημένων πλακών για μετρητικά ρολόγια: (α) Με συνεχή αριθμηση δεξιόστροφη, (β) Με συνεχή αριθμηση αριστερόστροφη, (γ) Με συμμετρική αριθμηση.

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

Θα πρέπει να επισημάνομε εδώ ότι με το μετρητικό ρολόι — εφ' όσον ανήκει στην κατηγορία των συγκριτών μηκών — μετρούμε **αποκλίσεις** από καθορισμένο μήκος (συνήθως από πρότυπο) και όχι μήκη (διαστάσεις). Δεν κάνομε 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 οργάνου στο μηδέν της βαθμονομίας (για το **μηδενισμό του οργάνου**, όπως λέμε).

Κάθε μετρητικό ρολόι παρουσιάζει τη μεγαλύτερή 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 μετατοπίσεως του επαφέα, για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το όργανο.

— Τη μετατόπιση του επαφέα (ή τη μεταβολή στην υπό έλεγχο διάσταση), που αντιστοιχεί σε μία (τη μικρότερη) υποδιαιρέση της ωρολογιακής τους πλάκας. Τυπικές τιμές της μετατοπίσεως αυτής του επαφέα είναι 0,01 mm (ή 10 μμ), 1 μμ και σπάνια 0,5 μμ για τα μετρητικά ρολόγια του μετρητικού συστήματος και 0,001'' ή 0,0001'' ή 0,00005'' για τα μετρητικά ρολόγια του αγγλοσαξονικού συστήματος. **Οι πιές αυτές χαρακτηρίζουν τα μετρητικά ρολόγια** (π.χ. μετρητικό ρολόι 1 μμ ή μετρητικό ρολό 0,001'' κλπ.) και αναγράφονται στη βαθμονομημένη τους πλάκα [σχ. 5.4β(β)].

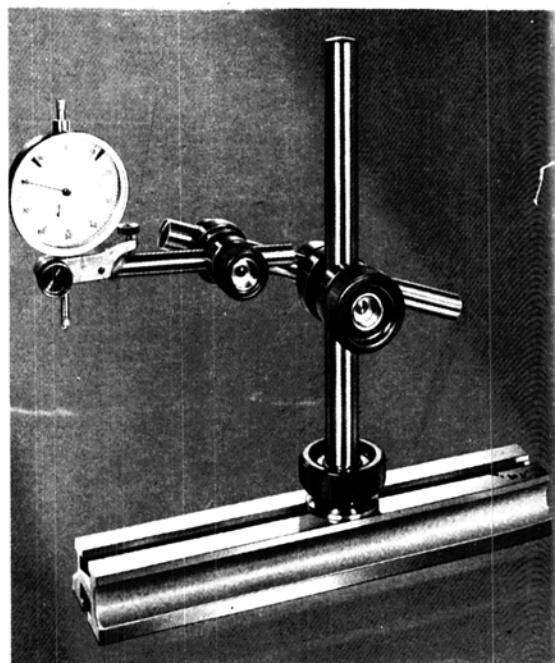
— Την ακρίβεια μετρήσεως.

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

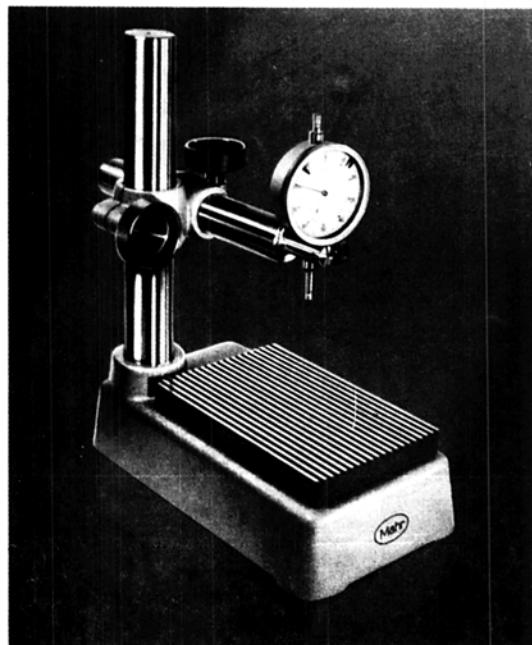
## Γ. Εφαρμογές των μετρητικών ρολογιών.

Το μετρητικό ρολόι χρησιμοποιείται σε συνδυασμό πάντοτε με κάποιο υποστήριγμα ή είναι ενσωματωμένο σε κάποιο μετρητικό όργανο, για να παρέχει τις ενδείξεις. Υπάρχουν δύο ειδών υποστηρίγματα για τα μετρητικά ρολόγια: εκείνο, που χρησιμοποιείται επάνω σε κάποια επιφάνεια αναφοράς (σχ. 5.4στ), όπως π.χ. σε μια πλάκα εφαρμογής ή στην τράπεζα μιας εργαλειομηχανής, και εκείνο στο οποίο η επιφάνεια (ή το επίπεδο) αναφοράς είναι ενσωματωμένη, οπότε το υποστήριγμα μαζί με την επιφάνεια αναφοράς και το μετρητικό ρολόι μας κάνουν έναν επιτραπέζιο συγκριτή μηκών (σχ. 5.4ζ).



Σχ. 5.4στ.

Μετρητικό ρολόι με το υποστήριγμά του.



Σχ. 5.4ζ.

Επιτραπέζιος συγκριτής εξωτερικών διαστάσεων.

Το μετρητικό ρολόι (μαζί πάντοτε με το υποστήριγμά του) βρίσκει ευρύτατες εφαρμογές:

- Στον έλεγχο διαστάσεων ετοίμων μηχανουργικών προϊόντων μαζικής παραγωγής.
- Στον έλεγχο και τη ρύθμιση εργαλειομηχανών.
- Στον έλεγχο και τη ρύθμιση κομματιών, εργαλείων και ιδιοσυσκευών.
- Στον έλεγχο διαστάσεων και επιφανειών κατά τη διάρκεια της κατεργασίας.
- Στον έλεγχο της φθοράς εξαρτημάτων λόγω χρήσεως κλπ.

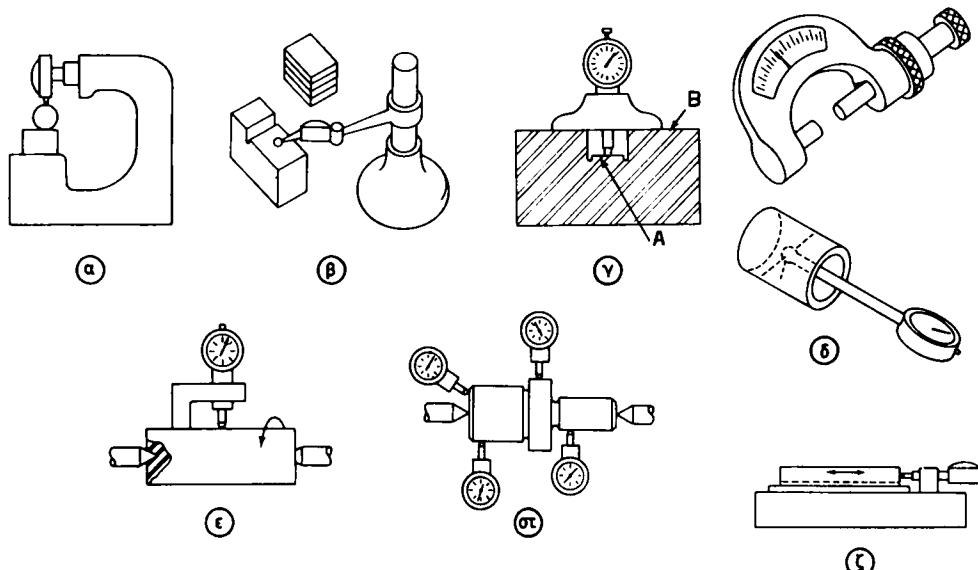
Στο σχήμα 2.4η εικονίζονται σχηματικά οι ακόλουθες τυπικές κατηγορίες εφαρμογών του μετρητικού ρολογιού:

**α) Συγκριτικές μετρήσεις μηκών.** Το μετρητικό ρολόι προσαρμόζεται στον επιτραπέζιο συγκριτή μηκών (σχ. 5.4ζ) για σύγκριση εξωτερικών διαστάσεων. Η επιφάνεια αναφοράς, όπως είπαμε προηγουμένως, είναι ενσωματωμένη στο όργανο. Το ρολόι ρυθμίζεται στην υπό έλεγχο ονομαστική διάσταση με πρότυπα πλακίδια ή κάποιο πρότυπο μήκος.

**β) Σύγκριση με μεταφορά διαστάσεως.** Το μετρητικό όργανο προσαρμόζεται σε κατάλληλο υπόβαθρο, που στηρίζεται στην πλάκα εφαρμογής. Η επιφάνεια της πλάκας αυτής αποτελεί το επίπεδο αναφοράς, ως προς το οποίο μετρούμε την προς μεταφορά διάσταση. Η διάσταση του προτύπου συγκρίνεται με την υπό έλεγχο διάσταση του κομματιού.

**γ) Σύγκριση αποστάσεως από καθορισμένο επίπεδο αναφοράς.** Το μετρητικό ρολόι ενσωματώνεται σε ένα βαθύμετρο. Συγκρίνεται η απόσταση της επιφάνειας Α από την παράλληλή της Β.

**δ) Σύγκριση εξωτερικών και εσωτερικών διαστάσεων, όπου οι μετρήσεις χρειάζεται να γίνονται με φορητό όργανο.** Το μετρητικό ρολόι χρησιμεύει ως ενδεικτικό όργανο των φορητών συγκριτών μηκών.



Σχ. 5.4η.  
Τυπικές έφαρμογές του μετρητικού ρολογιού.

**ε) Έλεγχος της ομοκεντρικότητας περιστρεφομένων κομματιών.** Το μετρητικό ρολόι στηρίζεται σε κατάλληλο υποστήριγμα και ο επαφέας του ρολογιού βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια του κομματιού.

**στ) Σύγχρονος έλεγχος πολλών διαστάσεων.**

**ζ) Μέτρηση διαδρομών στις εργαλειομηχανές** από καθορισμένες θέσεις αναφοράς. Χρησιμοποιούνται μετρητικά ρολόγια με μεγάλη περιοχή μετρήσεως.

**Δ. Συμπληρωματικές οδηγίες για τη χρήση των μετρητικών ρολογιών.**

α) Να διαλέγετε μετρητικό ρολόι με τέτοια τιμή υποδιαιρέσεων της ωρολογιακής τους πλάκας, ώστε η διακύμανση της διαστάσεως, που πρόκειται να ελέγχετε να είναι περίπου ίση προς το  $\frac{1}{3}$  της πλήρους αποκλίσεως του δείκτη του οργάνου ή και μικρότερη. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται το σφάλμα μετρήσεως.

β) Να προσέχετε, ώστε η μέτρηση να μη γίνεται γρήγορα. Με αργή μετατόπιση του κινητού στελέχους του μετρητικού ρολογιού παίρνομε ακριβέστερη μέτρηση.

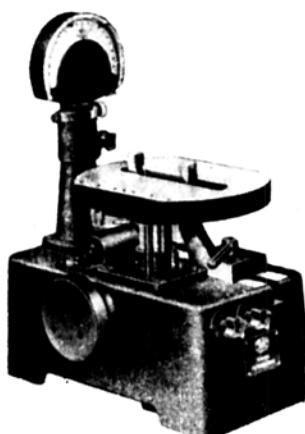
γ) Να στερεώνετε το μετρητικό ρολόι στο βραχίονα, που κατά περίπτωση εφαρμογής το συγκρατεί, πολύ καλά. Να ελέγχεται ακόμα τη στερεότητα και ασφάλεια όλων των συνδέσμων του υποστηρίγματος του ρολογιού. Αποφεύγονται έτσι ανεπιθύμητες νεκρές μετακινήσεις, οι οποίες μειώνουν την ακρίβεια μετρήσεως.

δ) Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της ωρολογιακής πλάκας, τόσο ευκρινέστερα γίνεται η ανάγνωση των ενδείξεων του ρολογιού.

ε) Να διατηρείτε σχολαστικά καθαρό το μετρητικό ρολόι, όπως και ό,τι άλλο συμμετέχει στις μετρήσεις μηκών με τους συγκριτές.

**5.4.3 Ο επιτραπέζιος συγκριτής μηκών.**

Ο συγκριτής αυτός απαντάται ως συγκριτής εξωτερικών διαστάσεων (σχ. 5.4ζ) και ως συγκριτής εσωτερικών διαστάσεων (σχ. 5.4θ). Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο μεγάλου αριθμού ομοίων κομματιών και επιτρέπει το γρήγορο και ακριβή έλεγχο διαστάσεων και από μη ειδικευμένο ακόμα προσωπικό.



**Σχ. 5.4θ.**  
Επιτραπέζιος συγκριτής  
εσωτερικών διαστάσεων.



**Σχ. 5.4ζ.**  
Ηλεκτρικός συγκριτής εξωτερικών διαστάσεων.

Ο επιτραπέζιος συγκριτής μπορεί με τη βοήθεια δύο δεικτών για τα όρια ανοχής [παράγρ. 5.6.1(Δ), σχ. 5.4β(β)] να χρησιμοποιηθεί και ως ελεγκτήρας ορίου.

Για υποβοήθηση των επαναλαμβανομένων με ταχύ ρυθμό μετρήσεων ομοίων κομματιών από τον επιτραπέζιο συγκριτή, διατίθενται βοηθητικά μέσα για τη στήριξη των κομματιών στην τράπεζά του (π.χ. υποστηρίγματα μορφής V, διατάξεις κεντραρίσματος κυλινδρικών κομματιών κ.ά.).

#### **5.4.4 Ο ηλεκτρικός συγκριτής μηκών.**

Αποτελεί παραλλαγή συγκριτών, που έχομε αναφέρει. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι, όταν η ένδειξη Βρίσκεται μέσα στην επιτρεπόμενη περιοχή διακυμάνσεως της διαστάσεως που ελέγχομε, τότε ανάβει ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας καθορισμένου χρώματος. Έτσι ο παρατηρητής, αντί να παρακολουθεί την κίνηση του δείκτη του μετρητικού ρολογιού του συγκριτή, περιορίζεται στο να παρακολουθεί το άναμμα ενός λαμπτήρα. Αυτό σημαίνει ευκολότερο και ταχύτερο έλεγχο.

Το δραγανό διαθέτει συνήθως τρεις ηλεκτρικούς λαμπτήρες (σχ. 5.4i) ένα **κόκκινο**, ένα **πράσινο** και ένα **κίτρινο**. Όταν τα κομμάτια είναι **κανονικά**, δηλαδή παραδεκτά, ανάβει ο πράσινος λαμπτήρας. Όταν είναι **υπερδιάστατα** (μπορούν να κατεργασθούν και να γίνουν παραδεκτά) ανάβει ο κίτρινος λαμπτήρας, ενώ όταν είναι **υποδιάστατα** (δεν επιδέχονται οποιαδήποτε κατεργασία και είναι πραγματικά άχρηστα) ανάβει ο κόκκινος λαμπτήρας.

#### **5.4.5 Ερωτήσεις.**

- Ποιες είναι οι δύο μεγάλες κατηγορίες μετρήσεως μηκών;
- Ποια είναι η αρχή, επάνω στην οποία βασίζονται οι συγκριτικές μετρήσεις;
- Να περιγράψετε σύντομα την αρχή λειτουργίας του μετρητικού ρολογιού.
- Από ποια κύρια μέρη αποτελείται ένα μετρητικό ρολόι;
- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά στοιχεία ενός μετρητικού ρολογιού, που προδιαγράφονται για την προμήθειά του ή για τη χρήση του;
- Τι πρέπει να προσέχουμε κατά τη χρήση του μετρητικού ρολογιού, ώστε αυτό να μας δίνει τη μεγαλύτερη ακρίβεια;
- Το μετρητικό ρολόι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο του; Αν όχι, με τι πρέπει να συνδυασθεί;
- Να αναφέρετε τέσσερις περιπτώσεις εφαρμογής του μετρητικού ρολογιού.
- Πού χρησιμοποιείται ο επιτραπέζιος συγκριτής μηκών;
- Να περιγράψετε συνοπτικά τη λειτουργία του ηλεκτρικού συγκριτή μηκών.

### **5.5 Όργανα για τον έλεγχο και τη μέτρηση γωνιών.**

#### **5.5.1 Μονάδες μετρήσεως γωνιών.**

Για τον έλεγχο και τη μέτρηση των γωνιών δεν χρειάζεται πρωτότυπο, όπως απαιτείται τέτοιο για τον έλεγχο και τη μέτρηση των μηκών (παράγρ. 5.3.2). Και αυτό, γιατί κάθε γωνία μπορεί να παραχθεί οπουδήποτε και οποτεδήποτε με διαίρεση ενός κύκλου.

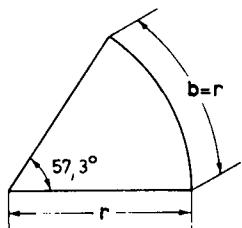
Η ακρίβεια μετρήσεως των γωνιών δεν είναι στην πράξη τόσο μεγάλη, δύσκολη να είναι στη μέτρηση των μηκών [είδαμε στην παράγραφο 5.3.3(Γ) ότι, κατά τις μετρήσεις των γωνιών, δεν είναι στη μέτρηση των μηκών]

σεις με το μήκος κύματος φωτός ως πρωτότυπο, η ακρίβεια μπορεί να φθάσει το 0,001 μμ], αλλά ούτε και απαιτείται για τις εφαρμογές τόση ακρίβεια στις μετρήσεις των γωνιών, όση χρειάζεται στις μετρήσεις μηκών.

Για τη μέτρηση των γωνιών η επικρατέστερη μονάδα μετρήσεως είναι η **μοίρα**<sup>(\*)</sup>, που ισούται με τό  $\frac{1}{360}$  της επίκεντρης γωνίας, η οποία αντιστοιχεί σε ολόκληρη την περιφέρεια του κύκλου ή με το  $\frac{1}{360}$  της **ορθής γωνίας** (L) που, όπως γνωρίζομε, σχηματίζεται από την τομή δύο καθέτων ανάμεσά τους ευθειών. Κάθε μοίρα υποδιαιρείται σε εξήντα (60) πρώτα λεπτά (') και το πρώτο λεπτό σε εξήντα (60) δεύτερα λεπτά (").

Άλλη μονάδα μετρήσεως των γωνιών, που χρησιμοποιείται σπανιότερα, είναι ο βαθμός<sup>(\*)</sup>, ο οποίος αποτελεί το  $\frac{1}{100}$  της ορθής γωνίας (ή το  $\frac{1}{400}$  της γωνίας που αντιστοιχεί σ' ολόκληρη την περιφέρεια του κύκλου). Κάθε βαθμός έχει 100 πρώτα λεπτά (') και το πρώτο λεπτό 100 δεύτερα λεπτά (") .

Τέλος οι γωνίες μετρούνται και σε **ακτίνια** (rad). Το ακτίνιο ορίζεται ως η επίκεντρη γωνία, που βαίνει σε κυκλικό τόξο με ανάπτυγμα ίσο προς την ακτίνα του (σχ. 5.5α). Αν τώρα θεωρήσομε ένα κύκλο με ακτίνα ίση προς τη μονάδα, τότε η επίκεντρη γωνία, που βαίνει στην περιφέρειά του (δηλαδή μία πλήρης γωνία) θα έχει



Σχ. 5.5α.

Το ακτίνιο ορίζεται ως:  $1 \text{ rad} = b/r = 1 = 57,3^\circ$

μέτρο σε ακτίνια ίσο προς  $2\pi$  ( $\pi = 3,14$ ) ή  $360^\circ$  και συνεπώς βρίσκομε ότι ένα ακτίνιο θα ισούται με 57,29578 (ή πρακτικώς 57,3) μοίρες, όπως προκύπτει από τη σχέση:

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

αν  $\mu$ ,  $\alpha$  και  $\beta$  είναι τα μέτρα μιας γωνίας (ή ενός τόξου) σε μοίρες, ακτίνια και βαθμούς αντίστοιχα

Στον Πίνακα 5.5.1 βλέπομε τις σχέσεις, που υφίστανται ανάμεσα στις διάφορες μονάδες μετρήσεως των γωνιών.

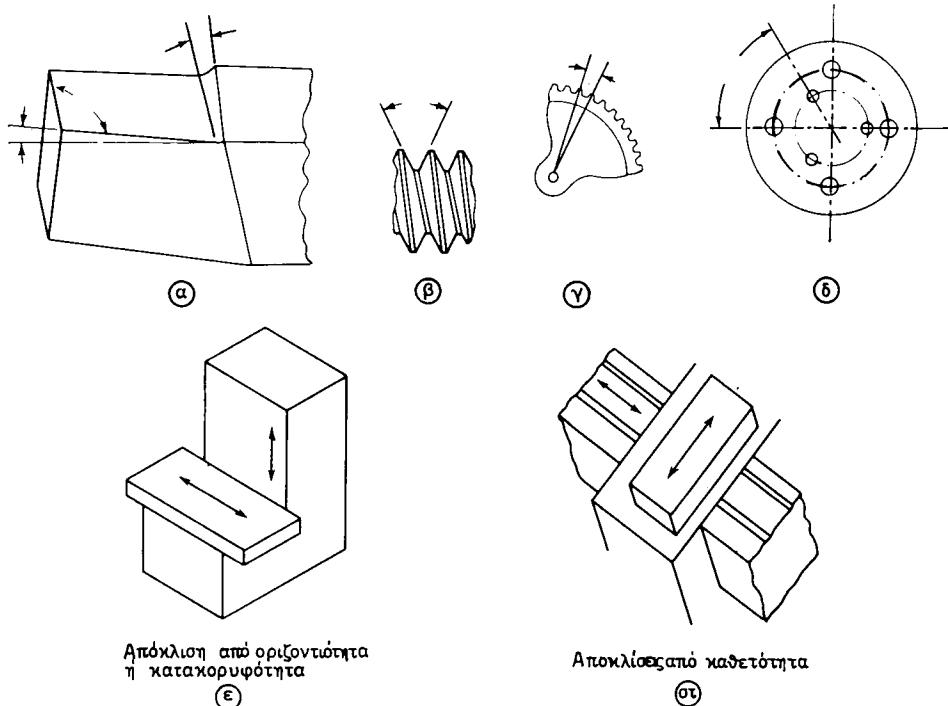
Στη μηχανουργική πράξη συναντούμε πολύ συχνά περιπτώσεις (σχ. 5.5β) όπου παρίσταται ανάγκη να ελέγχομε ή να μετρήσομε γωνίες [π.χ. στα κοπτικά εργαλεία (α), στα σπειρώματα (β), στις οδοντώσεις (γ), στις ιδιοσυσκευές (δ), στις εργαλειομηχανές (ε), στις (αποκλίσεις από οριζοντιότητα, κατακορυφότητα, καθετότητα κλπ.).

Ο έλεγχος και η μέτρηση των γωνιών γίνεται κατά βάση με δύο μεθόδους:

- α) Άμεσα, με χρήση οργάνων και
- β) έμμεσα με εφαρμογή τριγωνομετρικών σχέσεων.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5.1.****Σχέσεις ανάμεσα στις διάφορες μονάδες μετρήσεως γωνιών**

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

**Σκ. 5.5β.**

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

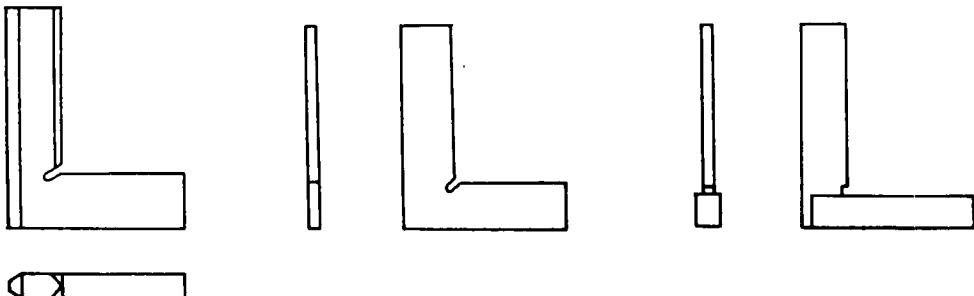
**5.5.2 Έλεγχος γωνιών και συναφή δργανα ελέγχου.****A. Έλεγχος ορθών γωνιών.**

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

πων σταθερών ορθών γωνιών, δημιουργούμε στο σχήμα 5.5γ.

Είναι κατασκευασμένες από κατάλληλο χάλυβα βαμμένο, για να αντέχουν στη φθορά από τη χρήση.

Σύμφωνα με τη γερμανική προτυποποίηση, προδιαγράφονται τέσσερις ποιότητες προτύπων σταθερών ορθών γωνιών, για να καλύψουν τις σχετικές ανάγκες στο εργαστήριο (όπου χρησιμοποιούνται οι δύο ανώτερες ποιότητες) και στην παραγωγή (όπου χρησιμοποιούνται οι δύο κατώτερες ποιότητες). Σε κάθε ποιότητα



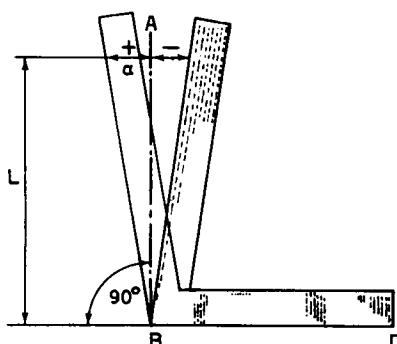
Σχ. 5.5γ.

Πρότυπες σταθερές ελεγκτικές ορθές γωνίες.

γωνίας προβλέπεται μια μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση ( $\pm a$ ) από την κατακόρυφη πλευρά AB της ορθής γωνίας, σε απόσταση L από την κορυφή της γωνίας (σχ. 5.5δ). Γνωρίζοντας την επιτρεπόμενη αυτή μέγιστη απόκλιση και το μήκος L μπορούμε να προσδιορίσουμε εύκολα το αντίστοιχο μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα για την πρότυπη ορθή γωνία σε μονάδες μετρήσεως γωνιών (π.χ. σε δεύτερα λεπτά).

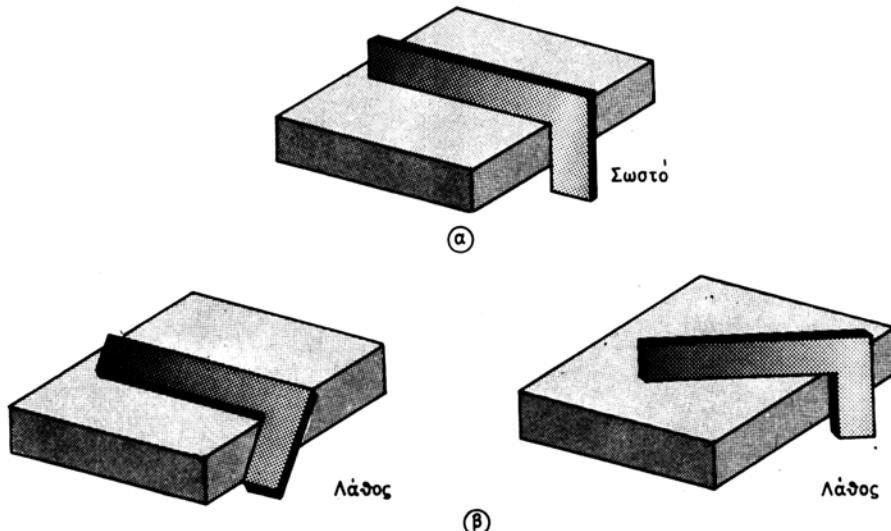
Για να μιλήσουμε με αριθμούς, η καλύτερη ποιότητα ορθών γωνιών για την παραγωγή και για μήκος L = 100 mm παρουσιάζει μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση  $\pm 15$  μμ και μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα γωνίας  $\pm 31''$ .

Ο έλεγχος ορθής γωνίας ενός κομματιού (ή ο έλεγχος της καθετότητας δύο εδρών του καθέτων ανάμεσά τους και τεμνομένων) γίνεται, αφού τοποθετηθεί η ορθή γωνία κατά τον τρόπο, που μας δείχνει το σχήμα 5.5ε(α).



Σχ. 5.5δ.

Μετά την κανονική τοποθέτηση του σκέλους της γωνίας επάνω στην προς έλεγχο επιφάνεια του κομματιού παρατηρούμε τη χαραγή φωτός, που σχηματίζεται ανάμεσα στις επιφάνειες του κομματιού και του σκέλους της ελεγκτικής γωνίας. Αν η χαραγή φωτός είναι ισοπαχής, όπως φυσικά εκτιμούμε με το μάτι, τότε η ελεγχόμενη γωνία είναι ορθή. Αν αντίθετα η χαραγή φωτός είναι ανισοπαχής, τότε συμπεραίνομε ότι η θεωρούμενη γωνία παρουσιάζει απόκλιση από την αληθή



Σχ. 5.5c.

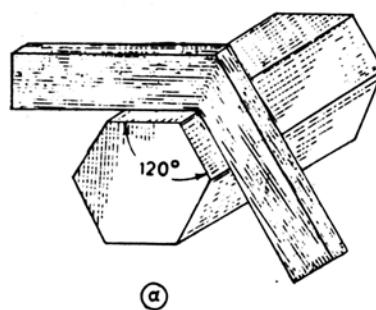
Πως ελέγχομε μιαν ορθή γωνία ενός κομματιού.

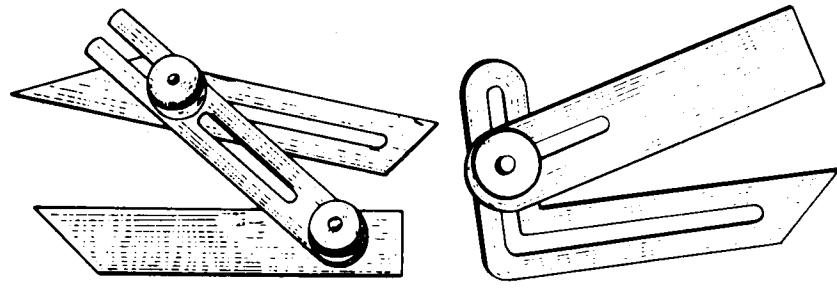
ορθή γωνία, την οποία υλοποιεί η πρότυπη γωνία, που μεταχειρίζομαστε για τον έλεγχο αυτό. Για καλύτερη παρατήρηση μπορούμε να τοποθετήσουμε πίσω από τη χαραγή φωτός, που σχηματίζεται, ένα λευκό χαρτί ή μια πηγή φωτός.

#### B. Έλεγχος οξειών ή αμβλειών γωνιών.

Για τον έλεγχο των γωνιών αυτών μεταχειρίζομαστε ελεγκτικές **μη ορθές γωνίες** (φαλτσογωνιές), τις οποίες συναντούμε ως **σταθερές** [σχ. 5.5στ(α)] και ως **ρυθμιζόμενες** [σχ. 5.5στ(β)].

Στο σχήμα 5.5ζ εικονίζονται διάφορες εφαρμογές ρυθμιζομένων φαλτσογωνιών.

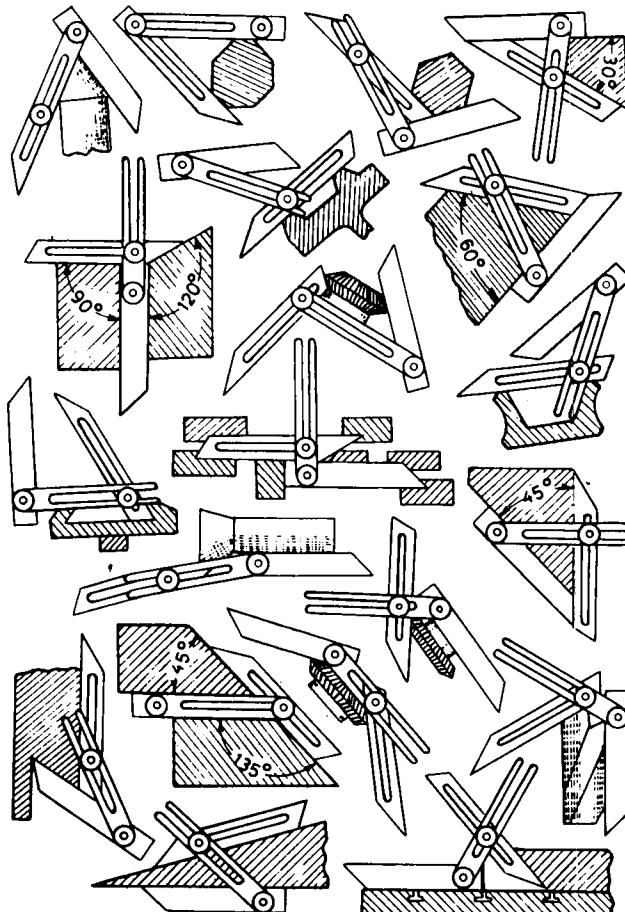




(β)

**Σχ. 5.5στ.**

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

**Σχ. 5.5τ.**

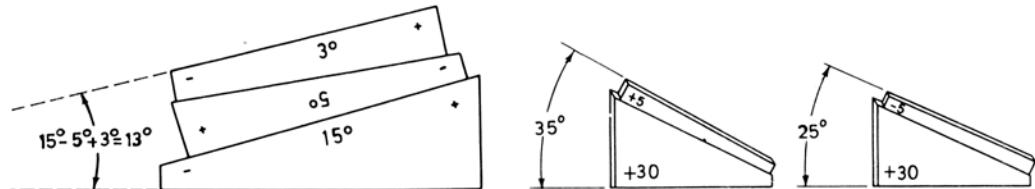
Διάφορες περιπτώσεις χρήσεως ρυθμιζομένων φαλτσογωνιών.

### Γ. Πρότυπα γωνιακά πλακίδια.

Όπως με τα πρότυπα πλακίδια (παράγρ. 5.5.3) είναι δυνατό, με πρόσφυση των πλακιδίων, να συνθέτομε διαστάσεις (μήκη), το ίδιο απαράλλακτα μπορούμε να κάνουμε και με τα **πρότυπα γωνιακά πλακίδια**, δηλαδή να συνθέτομε επιθυμητές γωνίες με μεγάλη ακρίβεια.

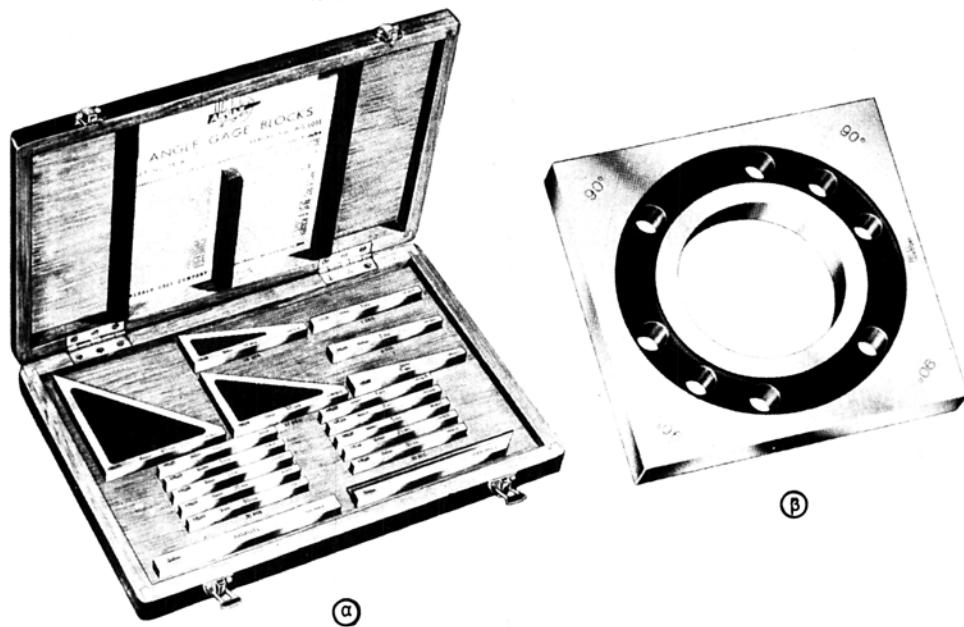
Κάθε πρότυπο πλακίδιο, που συμμετέχει στο σχηματισμό μιας γωνίας, χαρακτηρίζεται από την ονομαστική του γωνία, μέσα βέβαια σε καθορισμένα όρια ανοχών. Η γωνία, την οποία συνθέτει ένας συνδυασμός γωνιακών πλακιδίων, είναι εκείνη που σχηματίζεται ανάμεσα στις ακραίες τους επιφάνειες (σχ. 5.5η).

Τα πρότυπα γωνιακά πλακίδια διατίθενται στο εμπόριο σε συλλογές μέσα σε κατάλληλη θήκη [σχ. 5.5θ(α)]. Ο αριθμός των πλακιδίων κάθε συλλογής εξαρτάται από την περιοχή μετρήσεων γωνιών, την οποία θέλομε να επιτύχουμε, όπως και από το ελάχιστο επιθυμητό βήμα κλιμακώσεως των γωνιών (Πίνακας 5.5.2).



Σχ. 5.5η.

Σύνθεση γωνιών με πρότυπα γωνιακά πλακίδια. Κάθε πλακίδιο μπορεί να συμβάλλει στο σχηματισμό της γωνίας προσθετικά ή αφαιρετικά.



Σχ. 5.5θ.

(α) Συλλογή 16 προτύπων γωνιακών πλακιδίων για μετρήσεις γωνιών από  $0^\circ$  έως  $90^\circ$  με βήμα κλιμακώσεως ενός δευτερολέπτου. (β) Πρότυπο τετράγωνο, που συνήθως συνδεύει κάθε συλλογή προτύπων γωνιακών πλακιδίων. Επεκτείνει την περιοχή μετρήσεως των  $90^\circ$ , που επιτυγχάνεται με τα πλακίδια της συλλογής (Πίνακας 5.5.2).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5.2.****Σύνθεση τυπικών συλλογών προτύπων γυναικών πλακιδίων (0° έως 90°)**

Ελάχιστο βήμα κλιμακώσεως γυνιών	Αριθμός προτύπων γυναικών πλακιδίων	Ονομαστική 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 γυναικών πλακιδίων. Κάθε πλακίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε δύο θέσεις, δηλαδή είτε να προστίθεται η ονομαστική του γωνία στο συνδυασμό των προηγουμένων πλακιδίων, είτε να αφαιρείται, αν αντιστραφούν τα άκρα τους (σχ. 5.5η).

Έστω, για παράδειγμα, ότι θέλουμε να συνθέσουμε τη γωνία 27° 28' 40'' με τη βοήθεια προτύπων γυναικών πλακιδίων της κατάλληλης συλλογής (συλλογή με ελάχιστο βήμα κλιμακώσεως γυνιών 10'', Πίνακας 5.5.2). Ένας συνδυασμός γίνεται με πλακίδια, που θα έχουν ονομαστικές διαστάσεις: 30°, 3°, 25', 3', 1', 20'' γιατί:

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

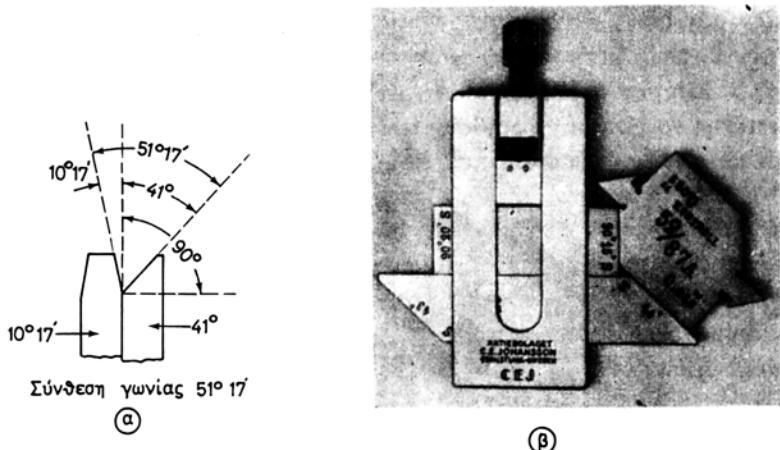
Τα πρότυπα γυναικά πλακίδια κατασκευάζονται συνήθως σε δύο ποιότητες: μία εργαστηριακή ποιότητα με επιτρεπόμενο μέγιστο σφάλμα  $\frac{1}{4}''$  και μία ποιότητα εργαλειοκατασκευαστηρίου με μέγιστο σφάλμα 1'', σύμφωνα με αμερικανούς κατασκευαστές.

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

Η σύνθεση γυνιών γίνεται συνήθως με δύο πλακίδια [σχ. 5.5ι(α)] με τη βοήθεια κατάλληλης ιδιοσυσκευής [σχ. 5.5ι(β)].

### 5.5.3 Μέτρηση γυνιών και συναφή όργανα μετρήσεως.

Με τα όργανα ελέγχου γυνιών, για τα οποία μιλήσαμε στην προηγούμενη τιτάραγραφο, ελέγχομε (κάνομε σύγκριση), αν η υπό έλεγχο γωνία του κομματιού ή



Σχ. 5.5ι.

Σύνθεση γυνιών με πλακίδια που έχουν πολλές πρότυπες γωνίες.

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

Το μέγεθος της μετρούμενης γωνίας μας το δίνουν τα **δργανα μετρήσεως γωνιών**. Το πιο συνηθισμένο μετρητικό όργανο γωνιών στη μηχανουργική πρακτική είναι το μοιρογνωμόνιο, που το συναντάμε συνήθως σε δύο τύπους:

- **στο μοιρογνωμόνιο χωρίς βερνιέρο** (σχ. 5.5ια) και
- **στο μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο** (σχ. 5.5ιβ).

Για τη μέτρηση γωνιών, εκτός από το μοιρογνωμόνιο, υπάρχουν και οπτικά όργανα, που μπορούν να δώσουν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από εκείνη, που επιτυγχάνεται με τα μοιρογνωμόνια. Με τα όργανα όμως αυτά δεν θα ασχοληθούμε εδώ.

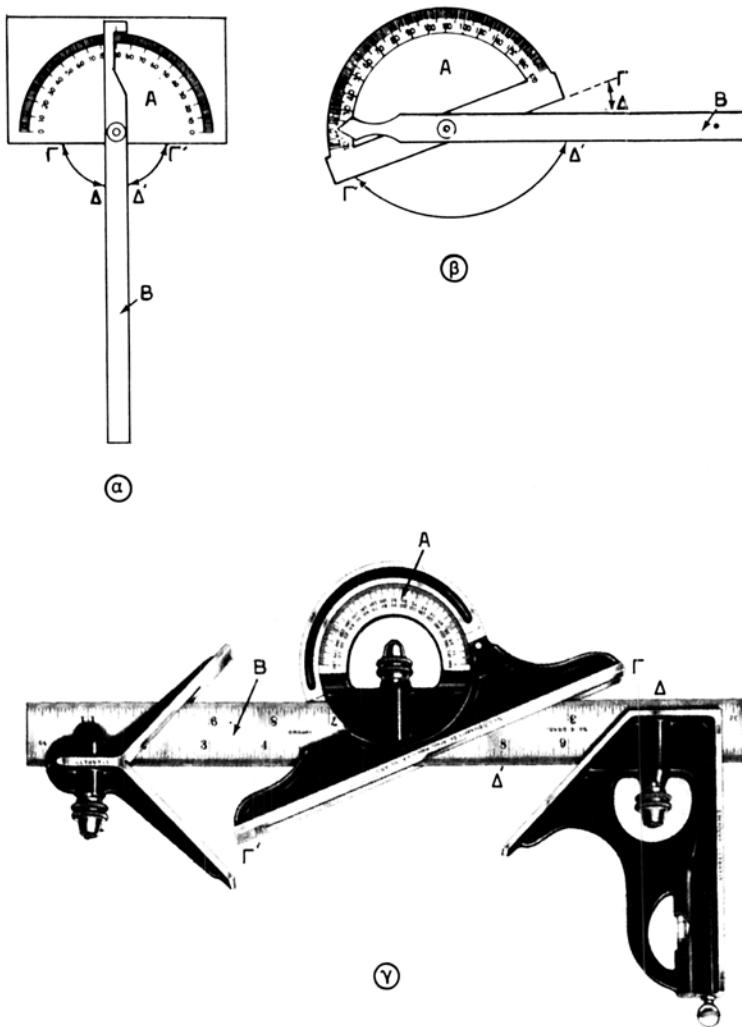
#### A. Το απλό μοιρογνωμόνιο ή μοιρογνωμόνιο χωρίς βερνιέρο.

Μας δίνει μετρήσεις με ακρίβεια αναγνώσεως μιας μοίρας ( $1^\circ$ ). Το συναντούμε σε διάφορες παραλλαγές, όπως μας δείχνει το σχήμα 2.5ια.

Τα μοιρογνωμόνια αυτά φέρουν βαθμονομημένο δίσκο Α με υποδιαιρέσεις σε μοίρες ( $^\circ$ ) και στέλεχος ή κανόνα Β. Ανάλογα με τη χρήση τους έχουν βαθμονομίες από  $0^\circ$  έως  $90^\circ$  και από  $90^\circ$  έως  $0^\circ$  [σχ. 5.5ια(α)] ή από  $0^\circ$  έως  $180^\circ$  [σχ. 5.5ια(β)] ή από  $0^\circ$  έως  $90^\circ$  (ή  $180^\circ$ ) και από  $90^\circ$  (ή  $180^\circ$ ) έως  $0^\circ$  [σχ. 5.5ια(γ)]. Τα σκέλη της προς μέτρηση γωνίας τοποθετούνται στις επίπεδες επιφάνειες Γ ή Γ' του δίσκου και Δ ή Δ' του στελέχους ή του κανόνα Β.

Το όργανο, που εικονίζεται στο σχήμα 5.5ια(γ), είναι ένα σύνθετο μετρητικό όργανο, η **σύνθετη γωνία**.

Απαρτίζεται από απλό μοιρογνωμόνιο, μεταλλικό κανόνα, από ορθή γωνία με αεροστάθμη ή αλφάδι (παράγρ. 5.9.1) και από εξάρτημα για τον προσδιορισμό του κέντρου κυκλικών διατομών και βρίσκεται πληθώρα από εφαρμογές στο μηχανουργείο.



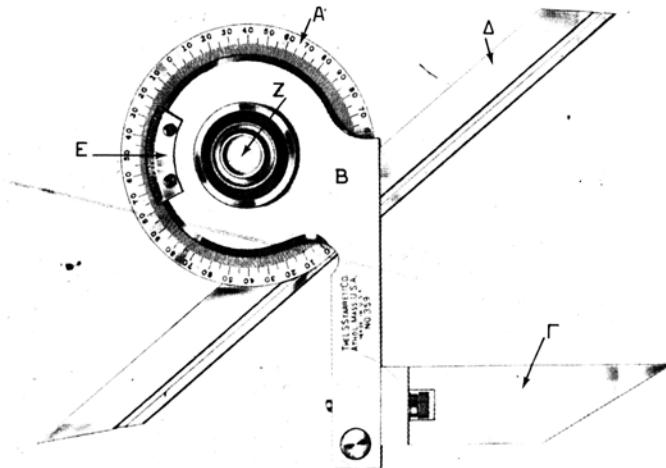
Σχ. 5.5ια.

Μοιρογνωμόνια χωρίς βερνιέρο.

**B. Το μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.**

Δίνει ενδείξεις με ακρίβεια αναγνώσεως πέντε πρώτων λεπτών ( $5'$ ), η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση βερνιέρου, που θα περιγράψουμε παρακάτω.

Το μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο (σχ. 5.5ιβ) αποτελείται από ένα δίσκο Α' βαθμονομημένο σε  $360^\circ$  (τέσσερα τεταρτημόρια με διαδοχική βαθμονόμηση από  $0^\circ$  έως  $90^\circ$ ,  $90^\circ$  έως  $0^\circ$ ,  $0^\circ$  έως  $90^\circ$  και  $90^\circ$  έως  $0^\circ$ ), από το φορέα Β του δίσκου, από το στέλεχος Γ (υποβοηθητικό για τη μέτρηση μικρών οξειών γωνιών), από τον κανόνα Δ και το βερνιέρο Ε, που είναι στερεωμένος στο φορέα Β. Επιπρόσθετα το μοιρογνωμόνιο φέρει κομβίο Ζ για μικρομετρική ρύθμιση και ασφαλιστικούς κοχλίες, για



Σχ. 5.5ιβ.

Μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.

ασφάλιση του κανόνα  $\Delta$  και του στελέχους  $\Gamma$  στη θέση της μετρήσεως.

Ο βερνιέρος  $E$  του μοιρογνωμονίου (σχ. 5.5ιγ) φέρει δεξιά και αριστερά από το μηδέν της κλίμακάς του από 12 ίσες υποδιαιρέσεις, που αντιστοιχούν σε 23 υποδιαιρέσεις ( $23^\circ$ ) του βαθμονομημένου κύκλου. Επομένως κάθε υποδιαιρέση 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 2.4(Γ) της ΜΤ-ΕΙ. Για ευκολία αναγνώσεως των ενδείξεων, ο βερνιέρος φέρει από το ένα και το άλλο μέρος του μηδενός αριθμηση των υποδιαιρέσεών του σε  $0', 15', 30', 45',$  και  $60'$ .

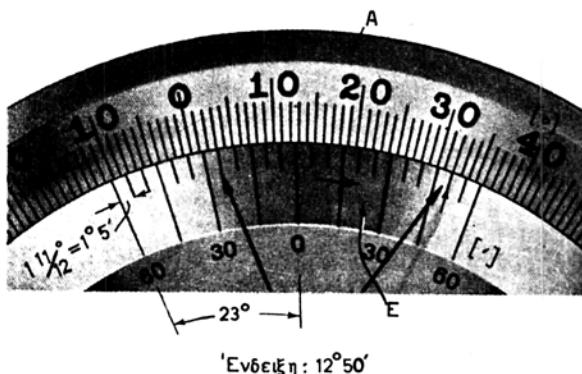
Για να αποφύγουμε σφάλματα στην ανάγνωση του βερνιέρου, ακολουθούμε τον κανόνα αυτό: **Διαβάζομε πάντοτε τις ενδείξεις του βερνιέρου κατά την ίδια φορά από το μηδέν, κατά την οποία διαβάζομε τη βαθμονομία του δίσκου.**

Η ανάγνωση της ενδείξεως του σχήματος 5.5ιγ γίνεται ως εξής:

Από το μηδέν του βερνιέρου έχουν περάσει προς τα δεξιά (φορά αριθμήσεως της βαθμονομίας του δίσκου, για να τηρήσουμε τον κανόνα, που μόλις τώρα διατυπώθηκε)  $12^\circ$  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 ενδείξεως θα είναι  $12^\circ 50'$ .

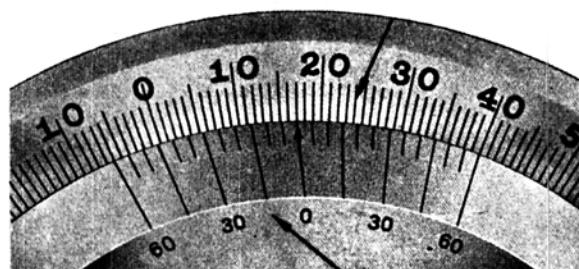
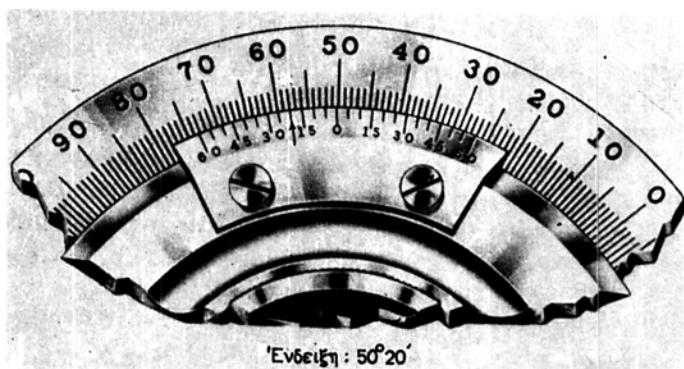
Δύο παραδείγματα αναγνώσεως ενδείξεων σε μοιρογνωμόνιο βερνιέρο δίνομε στο σχήμα 5.5ιδ.

Στο σχήμα 5.5ιε εικονίζονται διάφορες εφαρμογές του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο.



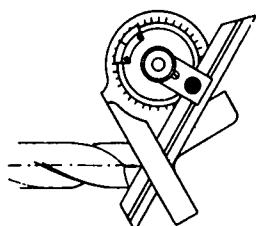
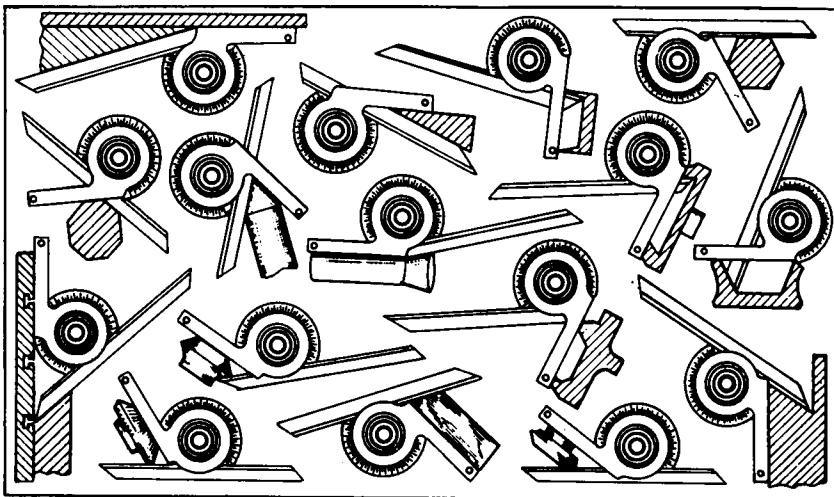
**Σχ. 5.5γ.**

Ο βερνίέρος ενός μοιρογνωμονίου. Ένδειξη:  $12^{\circ} 50'$ .



**Σχ. 5.5δ.**

Ένδειξεις μοιρογνωμονίου με βερνίέρο  $5'$ .

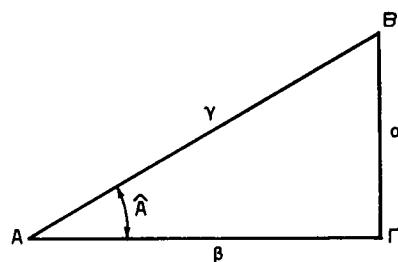


Σχ. 5.5ιε.

Εφαρμογές του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο.

#### 5.5.4 Τριγωνομετρικός έλεγχος και μέτρηση γωνιών.

Η μέθοδος αυτή για τη μέτρηση και τον έλεγχο (σχηματίζομε μία γωνία με ακρίβεια, ως προς την οποία συγκρίνομε άλλη γωνία) γωνιών βασίζεται στο σχηματισμό ενός ορθογώνιου τριγώνου από πρότυπα μήκη. Η ζητούμενη γωνία, ας πούμε η  $\hat{A}$  (σχ. 5.5ιστ), δηλαδή μία από τις οξείες γωνίες του τριγώνου, προσδιορίζεται τριγωνομετρικά είτε από την εφαπτομένη της (εφ $\hat{A}$ ) είτε από το ημίτονό της (ημ $\hat{A}$ ) με τη βοήθεια των γνωστών σχέσεων:



Σχ. 5.5ιστ.

Τα στοιχεία ενός ορθογώνιου τριγώνου.

$$\epsilon\phi \hat{A} = \frac{a}{\beta} \quad (5.1) \quad \eta \hat{A} = \frac{a}{\gamma} \quad (5.2)$$

Η αριθμητική τιμή μιας οξείας γωνίας, της οποίας γνωρίζομε την εφαπτομένη ή το ημίτονο, υπολογίζεται από τους Πίνακες των φυσικών τριγωνομετρικών αριθμών στο Παράρτημα.

Βλέπομε λοιπόν ότι από τη μέτρηση μηκών (δύο πλευρών ενός ορθογώνιου τριγώνου) μπορούμε να αναχθούμε σε μέτρηση γωνιών. Το γεγονός δε ότι είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουμε πρότυπα μήκη (πρότυπα πλακίδια και πρότυπες ράβδους ή κανόνες) μας εξασφαλίζει μεγάλη ακρίβεια, την οποία δεν μπορούμε να επιτύχουμε με τα διατιθέμενα όργανα άμεσης μετρήσεως γωνιών (τα μοιρογνωμόνια).

Δύο μεθόδους μεταχειρίζομαστε για την έμμεση μέτρηση και έλεγχο των γωνιών:

- Τη **μέθοδο του ημιτόνου**, η οποία χρησιμοποιείται συχνά στις μηχανουργικές εργασίες και
- τη **μέθοδο της εφαπτομένης**, που χρησιμοποιείται σπανιότερα.

#### A. Η μέθοδος του ημιτόνου (σχ. 5.5ιζ).

Για να εφαρμόσουμε τη μέθοδο αυτή χρειαζόμαστε μιαν οριζόντια επίπεδη επιφάνεια Α' [π.χ. μια πλάκα εφαρμογής σχ. 5.5ιζ(γ)], πρότυπα πλακίδια Β', με τα οποία συνθέτουμε την κάθετη πλευρά α του ορθογώνιου τριγώνου, έναν ειδικό πρότυπο κανόνα ή ράβδο Γ', τον **κανόνα** (ή ράβδο) **ημιτόνων**, όπως τον ονομάζομε, μαζί με δύο μετρητικούς κυλίνδρους Δ' της ίδιας διαμέτρου και μεγάλης ακρίβειας κατασκευής. Ο κανόνας ημιτόνου αποτελεί την υποτείνουσα του ορθογώνιου τριγώνου. Με την οριζόντια επίπεδη πλάκα και με τη στήλη των προτύπων πλακίδιων υλοποιούμε την ορθή γωνία του τριγώνου.

Πρακτικά το πρόβλημα τίθεται ως εξής:

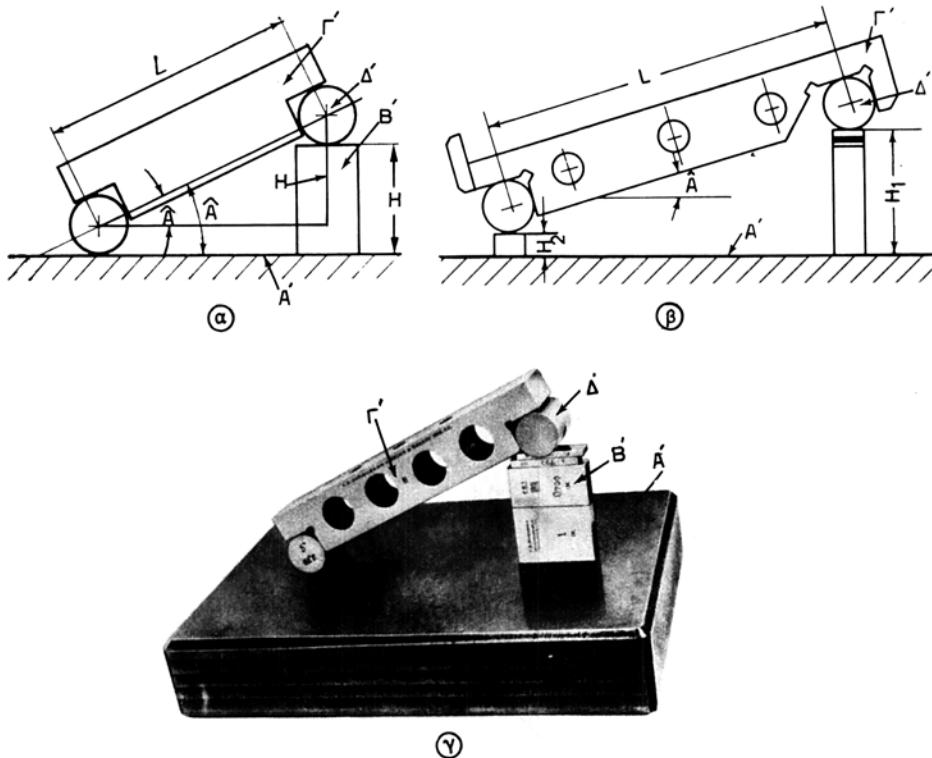
Η γωνία, την οποία θέλομε να κατασκευάσουμε με ακρίβεια είναι δοσμένη. Η διάσταση Λ του κανόνα (είναι η απόσταση μεταξύ των αξόνων των δύο απαραλλάκτων κυλίνδρων Δ') συμπίπτει με την υποτείνουσα AB (σχ. σχ. 5.5ιστ) του ορθογώνιου τριγώνου και είναι γνωστή, συνήθως 100 mm ή 200 mm (ή 5'' ή 10''). Άρα απομένει η σύνθεση της κάθετης πλευράς ΒΓ του τριγώνου με πρότυπα πλακίδια, της οποίας το μέγεθος Η εξαρτάται μόνο από το μέγεθος της δοσμένης γωνίας  $\hat{A}$ .

Τελικά η τριγωνομετρική σχέση, που συνδέει τις διαστάσεις Λ και Η και τη γωνία  $\hat{A}$  θα είναι, αν λάβουμε υπ' όψη μας τη σχέση (5.2):

$$\eta \hat{A} = \frac{H}{L} \quad (5.3)$$

#### Παράδειγμα.

Έστω ότι διαθέτομε πρότυπο κανόνα ημιτόνων με  $L = 100$  mm και επιθυμούμε να κατασκευάσουμε γωνία  $25^\circ$ . Το ύψος της στήλης από πρότυπα πλακίδια που θα απαιτηθούν θα είναι [σχέση (5.3)]:



Σχ. 5.5ζ.

Η μέθοδος του ημιτόνου για το σχηματισμό μιας δοσμένης γωνίας  $\hat{A}$ .

$$H = 100 \text{ ημ } 25^\circ$$

Από τους Πίνακες φυσικών τριγωνομετρικών αριθμών βρίσκομε ότι ημ  $25^\circ = 0,42262$  και συνεπώς η διάσταση που ζητούμε, δηλαδή το ύψος της στήλης πλακίδιων, θα είναι  $H = 42,262$  mm. Ο συνδυασμός των απαιτουμένων προτύπων πλακιδίων, για τη σύνθεση της διαστάσεως αυτής, επιλέγεται κατά τα γνωστά [παράγρ. 5.3.3(Δ) (1)]. Στην περίπτωσή μας μπορούμε να διαλέξουμε πλακίδια με τις εξής ονομαστικές διαστάσεις:

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

Η μέθοδος του ημιτόνου μπορεί να εφαρμοσθεί και με τη διάταξη, που εικονίζεται στο σχήμα 5.5ζ (β), όπου χρησιμοποιούνται δύο στήλες από πρότυπα πλακίδια, η μία με ύψος  $H_1$ , και η άλλη με ύψος  $H_2$ . Το ημίτονο της γωνίας  $\hat{A}$  στην περίπτωση αυτή εκφράζεται ως:

$$\text{ημ } \hat{A} = \frac{H_1 - H_2}{L} \quad (5.4)$$

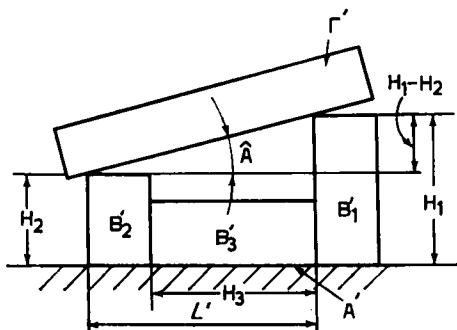
Η τελευταία διάταξη πρέπει να προτιμάται, γιατί δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια, ιδιαίτερα αν η οριζόντια επίπεδη επιφάνεια δεν είναι ικανοποιητικής, για την περίπτωση, ποιότητας.

## B. Η μέθοδος της εφαπτομένης.

Η διάταξη, που μεταχειρίζομαστε, για να κατασκευάσομε γωνίες  $\hat{A}$  με τη μέθοδο αυτή φαίνεται στο σχήμα 5.5η. Και εδώ επάνω σε οριζόντια επίπεδη επιφάνεια  $A'$  τοποθετούμε πρότυπα πλακίδια (ή στήλες από προσφυόμενα πρότυπα πλακίδια)  $B'_1, B'_2, B'_3$  με αντίστοιχες διαστάσεις  $H_1, H_2, H_3$  και ένα κανόνα ακρίβειας  $\Gamma'$ . Η σχέση που μας δίνει την εφαπτομένη της γωνίας  $\hat{A}$  θα είναι:

$$\epsilon \phi \hat{A} = \frac{H_1 - H_2}{L'} \quad (5.5)$$

όπου η διάσταση  $L'$  θα είναι ίση με το άθροισμα της διαστάσεως  $H_3$  και του γνωστού πλάτους των πλακιδίων.



Σχ. 5.5η.

Η μέθοδος της εφαπτομένης για την κατασκευή μιας δοσμένης γωνίας  $\hat{A}$ .

### Παράδειγμα.

Ας πούμε ότι θέλομε να κατασκευάσομε μια γωνία  $\hat{A} = 30^\circ$ . Εκλέγομε για τα πλακίδια  $B'_1$ , και  $B'_3$  ονομαστικές διαστάσεις  $H_1 = 50$  mm και  $H_3 = 25$  mm αντίστοιχως. Δίνομε ακόμα ότι το πλάτος των πλακιδίων είναι 9 mm. Ποια θα είναι η ονομαστική διάσταση  $H_2$  της στήλης  $B'_2$ ;

Από τους Πίνακες φυσικών τριγωνομετρικών αριθμών βρίσκομε ότι  $\epsilon \phi 30^\circ = 0,57735$ . Επίσης προκύπτει ότι  $L' = H_3 + 9 \text{ mm} = 25 + 9 = 34 \text{ mm}$ . Επιλύοντας τη σχέση (5.5) ως προς  $H_2$  βρίσκομε:

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

Αντικαθιστώντας τις τιμές των γνωστών μεγεθών παίρνομε:

$$H_2 = 50 - 34 \times 0,57735 = 30,37 \text{ mm}$$

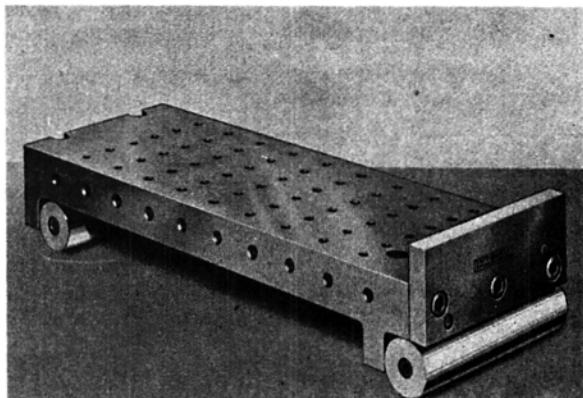
Το μήκος των 30,37 mm μπορούμε να το συνθέσουμε με κατάλληλο συνδυασμό πλακιδίων, όπως έχουμε μάθει. Επιλέγομε τα πλακίδια με τις ακόλουθες ονομαστικές διαστάσεις:

$$1,07 \text{ mm}, \quad 1,30 \text{ mm}, \quad 3,00 \text{ mm}, \quad 25 \text{ mm}.$$

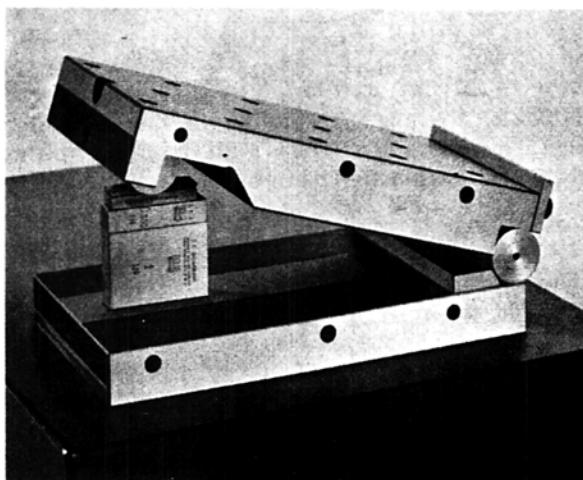
**Γ. Εφαρμογές του τριγωνομετρικού έλεγχου και μετρήσεως γωνιών.**

Όπως φαίνεται, αν συγκρίνομε τα σχήματα 5.5ιζ και 5.5ιη, η μέθοδος του ημιτόνου για τον έλεγχο και μέτρηση γωνιών πλεονεκτεί απέναντι στη μέθοδο της εφαπτομένης κατά τούτο. Η πρώτη είναι πιο απλή, γιατί απαιτεί τη σύνθεση μιας μόνο διαστάσεως (ή δύο το πολύ), αντί για τις τρεις, που χρειάζονται στη δεύτερη. Επί πλέον διατίθεται στο εμπόριο ο κανόνας ημιτόνου, ο οποίος διευκολύνει κατά πολύ την κατασκευή της επιθυμητής γωνίας χωρίς να χάνεται η ακρίβεια.

Για ευκολότερους και ακριβέστερους έλεγχους και μετρήσεις γωνιών, εκτός από τους κανόνες ημιτόνου, βρίσκεται κανένας στο εμπόριο και **πλάκες ημιτόνου** [σχ. 5.5ιθ(α)] ή **τράπεζες ημιτόνου** [σχ. 5.5ιθ(β)].



Ⓐ

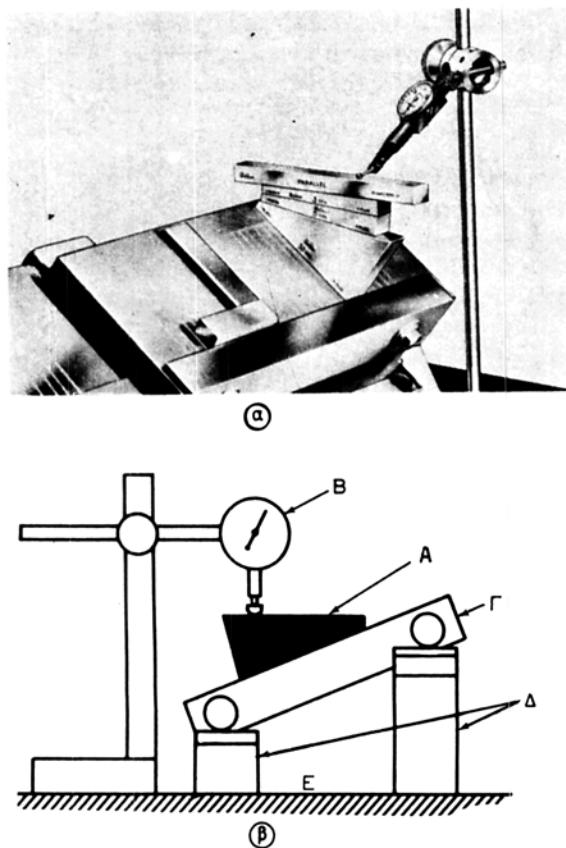


Ⓑ

**Σχ. 5.5ιθ.**

(α) Πλάκα ημιτόνου. (β) Τράπεζα ημιτόνου.

Ο τριγωνομετρικός έλεγχος των γωνιών εφαρμόζεται γενικά στη ρύθμιση εργαλειομηχανών [σχ. 5.5κ(α)], στο συγκριτικό έλεγχο γωνιών [σχ. 5.5κ(β)] και αλλού.



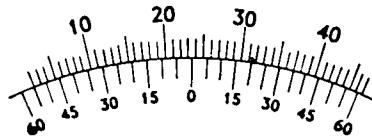
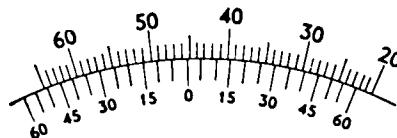
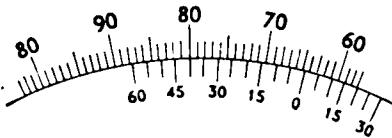
Σχ. 5.5κ.

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

### 5.5.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Γιατί δεν χρειάζεται πρωτότυπο για τη μέτρηση των γωνιών;
2. Ποιες είναι οι βασικές μονάδες μετρήσεως γωνιών;
3. Πώς ορίζομε το ακτίνιο;
4. Με τη βοήθεια ενός σκίτσου να δείξετε το σωστό τρόπο χρήσεως μιας ελεγκτικής ορθής γωνίας.
5. Πώς γίνεται ο έλεγχος μιας ορθής γωνίας ενός κομματιού με τη βοήθεια μιας ελεγκτικής ορθής 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 κάνομε την ανάγνωση μιας ενδείξεως σε ένα μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.
9. Να αναφέρετε εργασίες που μπορούμε να κάνομε με τη σύνθετη γωνία.
10. Ποιαν αρχή εφαρμόζομε για τον τριγωνομετρικό έλεγχο ή μέτρηση γωνιών;

11. Πώς εφαρμόζομε τη μέθοδο του ημιτόνου για την κατασκευή μιας δοσμένης γωνίας;
12. Κατά τι πλεονεκτεί η μέθοδος του ημιτόνου απέναντι στη μέθοδο της εφαπτομένης κατά το σχηματισμό μιας γωνίας;
13. Να 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. Να 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. Να κατατάξετε κατά μέγεθος τις γωνίες:  $42^{\circ}20'35''$ ,  $50^{\circ}62'32''$  και  $0,85\text{ rad}$ .
16. Να συνθέσετε τις ακόλουθες γωνίες επιλέγοντας την κατάλληλη για κάθε περίπτωση συλλογή προτύπων γωνιακών πλακιδίων από τον Πίνακα 2.5.2:  $37^{\circ}$ ,  $42^{\circ}19'$ ,  $15^{\circ}20'40''$ ,  $78^{\circ}35'65''$  και  $83^{\circ}13'59''$ .
17. Να κάμετε τις αναγνώσεις των ακολούθων τριών ενδείξεων μοιρογνωμονίου με βερνιέρο:



18. Να σχεδιάσετε ή να θέσετε σε ένα πραγματικό μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο τις εξής ενδείξεις:  $10^{\circ}15'$ ,  $35^{\circ}40'$  και  $17^{\circ}25'$ .
19. Πρόκειται με τη μέθοδο ημιτόνου να ελέγχετε την ημιγωνία κορυφής ενός κώνου, που κατασκευάζεται σε μαζική παραγωγή. Η προς έλεγχο γωνία είναι  $29^{\circ}30'$ . Αν η απόσταση  $L$  του κάνονα ημιτόνου [παράγρ. 5.5.4 (Α)] είναι 200 mm:
  - Ποιο θα πρέπει να είναι το ύψος της στήλης των προτύπων πλακιδίων;
  - Ποια πλακίδια θα πρέπει να διαλέξετε από μια τυπική συλλογή προτύπων πλακιδίων για να συνθέσετε το ύψος αυτό;
20. Ας πούμε ότι για τον έλεγχο της γωνίας των  $29^{\circ}30'$  της προηγούμενης ασκήσεως (18) δεν διατίθεται κανόνας ημιτόνου, υπάρχει όμως κατάλληλος κανόνας ακρίβειας για να μπορεί να εφαρμοσθεί η μέθοδος της εφαπτομένης. Δίνονται (σχ. 5.5η):  $H_1 = 40$  mm,  $H_2 = 25$  mm και πλάτος πλακιδίων 9 mm.
  - Ποια θα πρέπει να είναι η διάσταση  $H_3$  της σειράς πλακιδίων  $B'_3$ ;
  - Ποιες ονομαστικές διαστάσεις πλακιδίων θα συνδυάσετε για να συνθέσετε τη διάσταση αυτή;

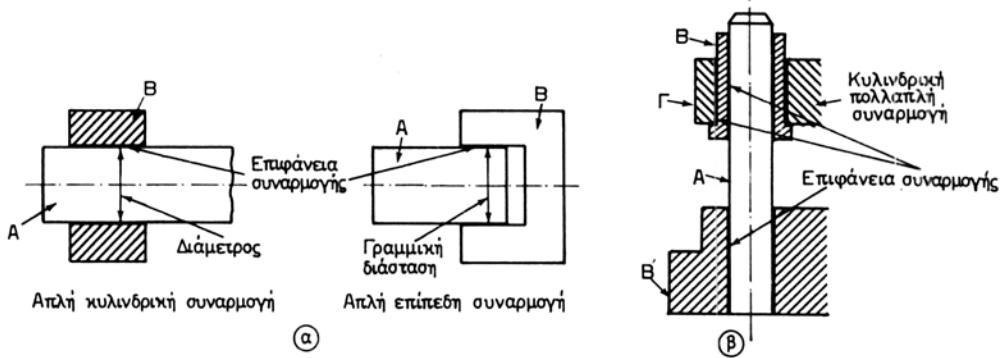
## 5.6 Συναρμογές και ανοχές συναρμογών.

### 5.6.1 Γενικά, βασικές έννοιες και ορισμοί.

#### A. Η συναρμογή.

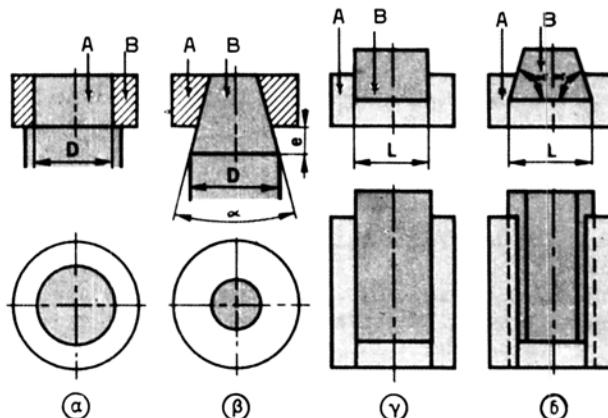
Λέγοντας **συναρμογή** εννοούμε ένα συγκρότημα, που το απαρτίζουν συνήθως δύο κομμάτια (ή μέλη της συναρμογής) το Α και το Β του σχήματος 5.6α (α) ή σπανιότερα και περισσότερα από δύο, [σχ. 5.6α(β)], τα οποία συνεργάζονται. Είναι δυνατόν δηλαδή το ένα κομμάτι να κινείται ελεύθερα μέσα στο άλλο, να ολισθαίνει ως προς το άλλο ή ακόμα και να είναι σφιγμένο στο άλλο.

Τα μέλη μιας συναρμογής μπορούν να έχουν διάφορες μορφές, όπως κυλινδρι-



Σχ. 5.6α.

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



Σχ. 5.6β.

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

κή, κωνική, πρισματική ή άλλη (σχ. 5.6β). Η κυλινδρική μορφή είναι η πιο συνηθισμένη στην πράξη και αντιπροσωπεύεται από τον άξονα με το εδρανό του.

Η επιφάνεια, κατά την οποία εφάπτονται τα δύο μέλη μιας συναρμογής, ονομάζεται **επιφάνεια συναρμογής**. Όπου υφίσταται μία επιφάνεια συναρμογής, οπότε συνεργάζονται δύο κομμάτια, έχουμε **απλή συναρμογή**, ενώ, όπου υπάρχουν περισσότερες από μία επιφάνεια συναρμογής (συναρμόζονται τρία ή περισσότερα κομμάτια), μιλούμε για **πολλαπλή συναρμογή** [σχ. 5.6α(β)].

Οι συναρμογές κυλινδρικών κομματιών, με τις οποίες και θα ασχοληθούμε κατά κύριο λόγο εδώ, περιλαμβάνουν δύο μέλη: ένα που **περιέχεται** και που είναι ο **άξονας** (Α) ή το **αρσενικό**, και ένα άλλο που **περιέχει**, δηλαδή το τρύμα (Β) ή το **θηλυκό**. Καλό θα είναι, όταν μιλάμε για συναρμογές μη κυλινδρικών κομματιών, να χρησιμοποιούμε τους όρους αρσενικό (Α) και θηλυκό (Β). Και τα δύο μέλη μιας συναρ-

μογής θα πρέπει απαραίτητα να έχουν την ίδια **ονομαστική διάσταση** [παράγρ. 5.6.1(Δ)].

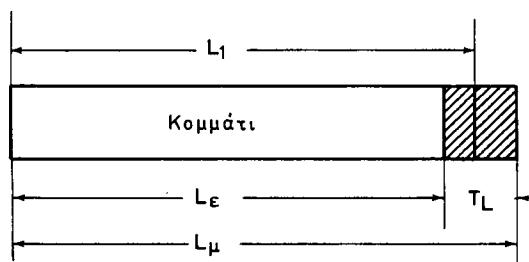
### B. Η ανάγκη για τον καθορισμό ανοχών.

Στη σύγχρονη μηχανουργική βιομηχανία πολλά προϊόντα κατασκευάζονται με μαζική παραγωγή [παράγρ. 1.1(Δ), ΜΤ-ΕΙ], γεγονός που εξασφαλίζει χαμηλό κόστος τους. Τα διάφορα κομμάτια, που απαρτίζουν ένα συγκεκριμένο προϊόν, κατασκευάζονται, αφού βέβαια καθορισθούν οι φάσεις κατεργασίας τους και εκτελεσθούν και οι λοιπές εργασίες, που περιγράψαμε στην παράγραφο 1.1(Δ), ΜΤ-ΕΙ από διαφορετικούς τεχνίτες σε ξεχωριστές εργαλειομηχανές ή σε άλλα μέσα μορφοποιήσεως. Η συναρμολόγηση των κομματιών γίνεται σε ιδιαίτερη φάση (ή φάσεις).

Για να καλυφθούν όμως οι ανάγκες συναρμολογήσεως των διαφόρων κομματιών στο τελικό προϊόν (μπορεί να είναι αυτό ένα κιβώτιο ταχυτήτων, μια βενζινομηχανή, μία φυγοκεντρική αντλία ή ένα αυτοκίνητο κ.ά.) θα πρέπει: Κομμάτι Α, κατασκευασμένα σε διάφορες εργαλειομηχανές από διάφορους τεχνίτες σε διάφορους τόπους και χρόνους, να μπορούν να **συναρμοσθούν** με τα αντίστοιχά τους κομμάτια Β, (κατασκευασμένα και αυτά όπως και τα κομμάτια Α) με εξασφαλισμένη επιτυχία λειτουργίας των ποικίλων συναρμογών τους, χωρίς να απαιτείται οποιαδήποτε επιπρόσθετη κατεργασία των κομματιών. Αυτό αποτελεί ό,τι ονομάζομε **εναλλαξιμότητα**.

Η εναλλαξιμότητα όμως θα ήταν εξασφαλισμένη και δεν θα υπήρχε ανάγκη οποιουδήποτε ελέγχου, αν όλα τα κομμάτια κατασκευάζονταν χωρίς σφάλματα. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό να το πετύχομε πρακτικά γιατί, όπως είναι γνωστό από τή μηχανουργική πρακτική, είναι αδύνατο όλα τα κομμάτια να κατασκευασθούν απαράλλακτα στις διαστάσεις, στη μορφή, στην τραχύτητα επιφάνειας κ.ά., που επιβάλλει το κατασκευαστικό σχέδιο. Τα κατασκευασμένα κομμάτια παρουσιάζουν πάντοτε **κάποιο σφάλμα** ως προς το ιδανικό κομμάτι του μηχανολογικού σχεδίου.

Επειδή στα επόμενα θα ασχοληθούμε με τις ανοχές των συναρμογών, μας ενδιαφέρουν μόνο διαστάσεις. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι μια πραγματική διάσταση ενός κομματιού  $L_1$  (σχ. 5.6γ), αν συγκριθεί με την αντίστοιχη ονομαστική διάσταση  $L$  του μηχανολογικού σχεδίου, θα παρουσιάζει κάποιο σφάλμα  $L - L_1$ . Το



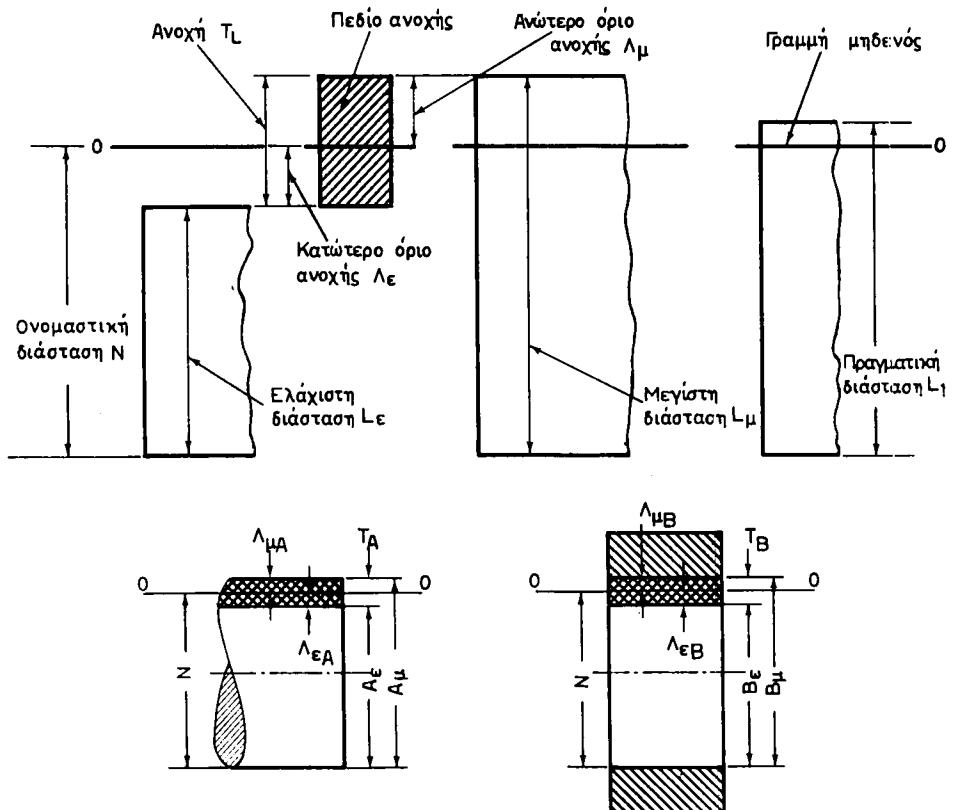
Σχ. 5.6γ.

Στοιχεία για τον ορισμό της ανοχής μιας διαστάσεως  $L_1$ .

σφάλμα αυτό, για να μη χαρακτηρισθεί το κομμάτι **σκάρτο**, θα πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα σε καθορισμένα παραδεκτά όρια. Άρα και η πραγματική διάσταση

του κομματιού θα κείται μεταξύ δύο ακραίων τιμών, μιας μέγιστης  $L_\mu$  και μιας ελάχιστης  $L_\epsilon$ . Η διαφορά μεταξύ των οριακών αυτών διαστάσεων, ανάμεσα στις οποίες οφείλει να κείται η παραδεκτή διάσταση του κομματιού, ονομάζεται **ανοχή**  $T_L$  (σχ. 5.6γ), δηλαδή:

$$T_L = L_\mu - L_\epsilon \quad (5.6)$$



Σχ. 5.6δ.

Χαρακτηριστικά στοιχεία για τις συναρμογές και τις ανοχές.

### Γ. Σύντομο ιστορικό των συστημάτων συναρμογών και ανοχών.

**α) Το βρετανικό σύστημα.** Αρχικά ως σύστημα Newall (1902) και αργότερα ως σύστημα ανοχών και συναρμογών BSI (British Standards Institution) με τις προδιαγραφές BS 27(1906) και BS 164(1924) κατέληξε στην προδιαγραφή BS 1916 του 1953, η οποία βασίζεται στο σύστημα ISO (International Organisation for Standardization). Εξέλιξη της προδιαγραφής αυτής είναι η BS 4500 του 1969.

**β) Το γερμανικό σύστημα DIN.** Το σύστημα αυτό, πριν να εμφανισθεί το διεθνές σύστημα ανοχών ISO, βρισκόταν σε χρήση στην Ευρώπη. Σήμερα χρησιμοποιείται σε πολύ περιορισμένη έκταση, γιατί παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα συγκρινόμενο με το σύστημα ISO.

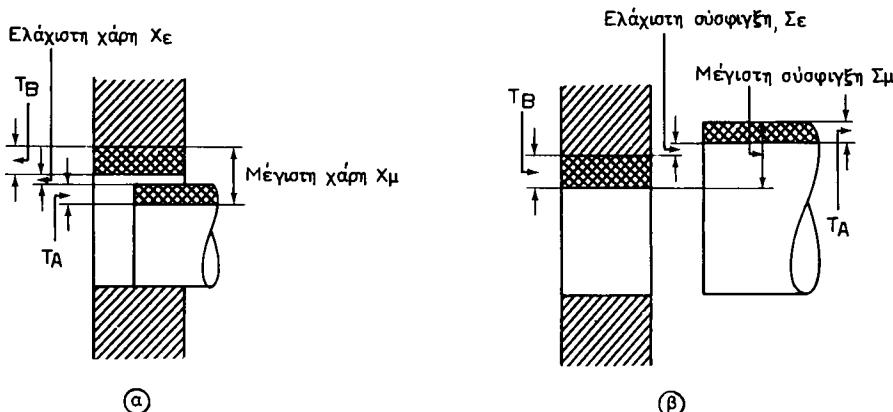
γ) **To διεθνές σύστημα συναρμογών και ανοχών ISO** (προδιαγραφή R-286). Το σύστημα αυτό είναι το πιο σύγχρονο, το πληρέστερο και το πιο εύκολα χρησιμοποιούμενο, από όλα τα συστήματα ανοχών και συναρμογών. Γι' αυτό χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες όλου του κόσμου. Αποτελεί συμπλήρωση του προπολεμικού συστήματος ανοχών και συναρμογών ISA (International Federation of the National Standardizing Associations) του 1932.

#### **Δ. Μερικές έννοιες και ορισμοί (σχ. 5.6δ, 5.6ε).**

α) **Ονομαστική διάσταση.** Είναι η διάσταση της συναρμογής ή και οποιαδήποτε άλλη διάσταση ενός μεμονωμένου (ξεχωριστού) κομματιού, που αναγράφεται στο μηχανολογικό σχέδιο. Την παίρνουμε ως αφετηρία για τη μέτρηση των ανοχών και τη συμβολίζομε με το γράμμα N.

β) **Πραγματική διάσταση.** Είναι η διάσταση L<sub>1</sub> του κομματιού, την οποία επιτυγχάνουμε με την κατεργασία.

γ) **Οριακές τιμές της διαστάσεως ή οριακές διαστάσεις** ονομάζομε τη μέγιστη A<sub>μ</sub> και την ελάχιστη A<sub>ε</sub> του άξονα ή τη μέγιστη B<sub>μ</sub> και την ελάχιστη B<sub>ε</sub> του τρύματος. Οι πραγματικές διαστάσεις των κομμάτων (των αξόνων ή των τρυμάτων) θα πρέπει να κυμαίνονται ανάμεσα στις δύο αυτές οριακές τιμές, για να καλύπτονται έτσι οι τιθέμενες ανοχές κατασκευής και συνεπώς τα κομμάτια να είναι εναλλάξιμα και μη σκάρτα. Παρόμοιες οριακές τιμές διαστάσεων θα έχομε και στις περιπτώσεις μη κυλινδρικών συναρμογών και μεμονωμένων κομμάτων.



**Σχ. 5.6ε.**

Η χάρη και η σύσφιγξη στις συναρμογές.

δ) **Ανοχή** [παράγρ. 5.6.1(β), σχέση (5.5)] **άξονα T<sub>A</sub>** ή **ανοχή τρύματος T<sub>B</sub>** είναι το μέγιστο ανεκτό σφάλμα στη διάσταση του άξονα ή του τρύματος και σύμφωνα με τη σχέση (5.6) Θα είναι:

$$T_A = A_{\mu} - A_{\epsilon} \quad \text{και} \quad T_B = B_{\mu} - B_{\epsilon} \quad (5.7)$$

ε) **Ανοχή συναρμογής Τ** ονομάζομε το άθροισμα των ανοχών άξονα και τρύματος, δηλαδή:

$$T = T_A + T_B$$

στ) **Πεδίο ανοχής** ονομάζομε τη σχηματική παράσταση, που εικονίζει το μέγεθος και τη θέση της ανοχής ως προς την ονομαστική διάσταση N. Το πεδίο ανοχής περιορίζεται από το **κατώτερο όριο ανοχής**  $\Lambda_\epsilon$  και από το **ανώτερο όριο ανοχής**  $\Lambda_\mu$ . Για ευκολία μας, στη γραφική παράσταση των ανοχών ταυτίζομε την ονομαστική διάσταση N με το μηδέν (γραμμή μηδενός 0-0), οπότε αντί το πεδίο ανοχής να περιορίζεται από τις οριακές διαστάσεις  $L_\mu$  και  $L_\epsilon$  περιορίζεται από τα όρια  $\Lambda_\epsilon$  και  $\Lambda_\mu$ . Με την εισαγωγή των ορίων ανοχής  $\Lambda_\epsilon$  και  $\Lambda_\mu$ , οι ανοχές του άξονα  $T_A$  και του τρύματος  $T_B$  [σχέση 5.7)] μπορούν να προσδιορισθούν και από τις σχέσεις:

$$T_A = \Lambda_{\mu A} - \Lambda_{\epsilon A} \quad \text{και} \quad T_B = \Lambda_{\mu B} - \Lambda_{\epsilon B} \quad (5.8)$$

όπου οι δείκτες A και B αναφέρονται στον άξονα και στο τρύμα αντιστοίχως.

ζ) **Βασική απόκλιση** είναι το κατώτερο όριο ανοχής, όταν το πεδίο ανοχής βρίσκεται επάνω από τη γραμμή μηδενός και το ανώτερο όριο ανοχής, όταν το πεδίο ανοχής βρίσκεται κάτω από τη γραμμή μηδενός.

η) **Χάρη X** [σχ. 5.6ε(α)] ονομάζομε τη διαφορά των πραγματικών διαστάσεων του άξονα από το τρύμα, εφ' όσον βέβαια το τρύμα έχει μεγαλύτερη διάσταση από τον άξονα.

Έτσι η **ελάχιστη χάρη** θα είναι:

$$X_\epsilon = B_\epsilon - A_\mu \quad \text{ή} \quad X_\epsilon = \Lambda_{\epsilon B} - \Lambda_{\mu A} \quad (5.9)$$

Η **μεγίστη χάρη**:

$$X_\mu = B_\mu - A_\epsilon \quad \text{ή} \quad X_\mu = \Lambda_{\mu B} - \Lambda_{\epsilon A} \quad (5.10)$$

Η **μέση χάρη**:

$$X_M = \frac{X_\mu + X_\epsilon}{2} \quad (5.11)$$

Είναι προφανές ότι η ανοχή της συναρμογής θα δοθεί ως η διαφορά της ελάχιστης από τη μεγιστη χάρη, δηλαδή:

$$T = T_A + T_B = X_\mu - X_\epsilon \quad (5.12)$$

θ) **Σύσφιγξη Σ**[σχ. 5.6ε(β)] καλούμε τη διαφορά των πραγματικών διαστάσεων του τρύματος από τον άξονα προφανώς θα υπάρχει σύσφιγξη, όταν η διάσταση του άξονα είναι μεγαλύτερη από εκείνη του τρύματος. Η σύσφιγξη είναι αρνητική χάρη, όπως και η χάρη είναι αρνητική σύσφιγξη.

Όπως και για τη χάρη, έτσι και για τη σύσφιγξη, μπορούμε να ορίσομε τις ακόλουθες χαρακτηριστικές τιμές:

**Ελάχιστη σύσφιγξη:**

$$\Sigma_\epsilon = A_\epsilon - B_\mu \quad \text{· ή} \quad \Sigma_\epsilon = \Lambda_{\epsilon A} - \Lambda_{\mu B}, \quad \Sigma_\epsilon = -X_\mu \quad (5.13)$$

### Μέγιστη σύσφιγξη:

$$\Sigma_{\mu} = A_{\mu} - B_{\epsilon} \quad \text{ή} \quad \Sigma_{\mu} = \Lambda_{\mu A} - \Lambda_{\epsilon B}, \quad \Sigma_{\mu} = -X_{\epsilon} \quad (5.14)$$

### Μέση σύσφιγξη:

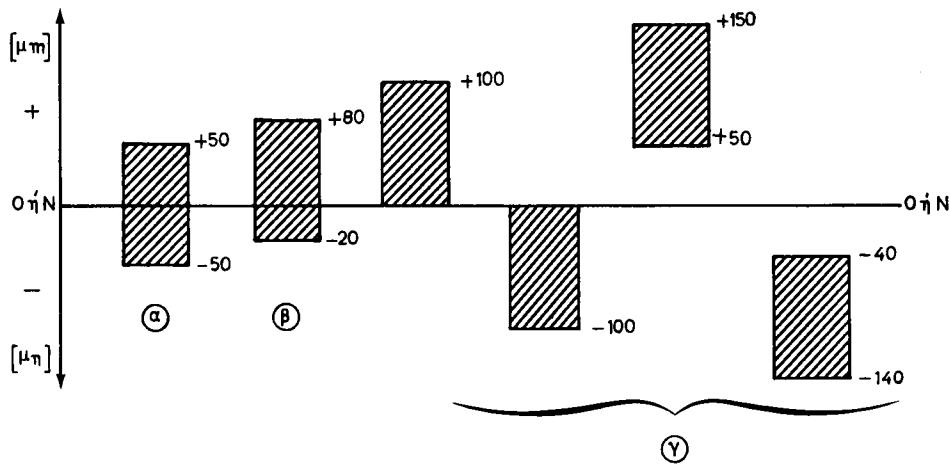
$$\Sigma_M = \frac{\Sigma_{\mu} + \Sigma_{\epsilon}}{2}$$

Η ανοχή της συναρμογής προσδιορίζεται ως:

$$T = T_A + T_B = \Sigma_{\mu} - \Sigma_{\epsilon} \quad (5.15)$$

Συμπληρώνοντας τους βασικούς ορισμούς για τις συναρμογές και τις ανοχές τους προσθέτομε και τα ακόλουθα:

Ανάλογα με τη θέση του πεδίου ανοχής ως προς την ονομαστική διάσταση (ή τη γραμμή μηδενός) διακρίνομε το **συμμετρικό σύστημα ανοχών** [σχ. 5.6στ(α)], το **ασυμμετρικό** [σχ. 5.6στ(β)] και το **μονόπλευρο** [σχ. 5.6στ(γ)].



Σχ. 5.6στ.

Διάφορες θέσεις, που μπορεί να πάρει το πεδίο ανοχής ως προς τη γραμμή μηδενός 0 - 0 (ή την ονομαστική διάσταση).

Ως **διάσταση κατεργασίας**, δηλαδή διάσταση στην οποία σκοπεύομε κατά την κατεργασία και ρυθμίζομε ανάλογα την εργαλειομηχανή, παίρνομε εκείνη, που αντιστοιχεί στο μέσο του πεδίου ανοχών. Για το παράδειγμα, που δώσαμε στο σχήμα 5.6στ, θα έχομε τις ακόλουθες διαστάσεις κατεργασίας για τα εικονιζόμενα συστήματα ανοχών:

Για το συμμετρικό σύστημα ανοχών  $40^{+50}_{-50}$  η διάσταση κατεργασίας θα είναι

(\*) Ονομαστική διάσταση  $40^{+50}_{-50}$  Ανώτερο όριο ανοχής  
Κατώτερο όριο ανοχής

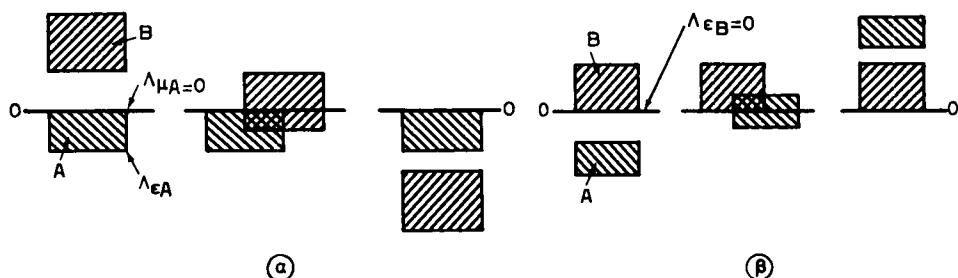
40,000 mm, για το ασυμμετρικό σύστημα  $40^{+80}_{-20}$  προκύπτει διάσταση κατεργασίας 40,030 mm και για τα παραδείγματα του μονόπλευρου συστήματος  $40^{+100}_0$ ,  $40^{-90}_0$  και  $40^{-40}_{-140}$  η διάσταση κατεργασίας θα λάβει αντίστοιχα τις τιμές 40,050 mm, 39,950 mm και 39,910 mm.

Ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας, που παρουσιάζει μία συναρμογή, (ο βαθμός ελευθερίας της εξαρτάται από τη θέση, την οποία παίρνει το πεδίο ανοχής του κάθε μέλους της συναρμογής σε σχέση με την ονομαστική διάσταση) διακρίνομε τις συναρμογές: σε **ελεύθερες** (σχ. 5.6η), σε **συναρμογές ολισθήσεως** (σχ. 5.6θ), σε **συναρμογές αμφίβολης συσφίγξεως** (σχ. 5.6ι) και σε **συναρμογές συσφίγξεως ή σφικτές συναρμογές** (σχ. 5.6ια). Σε κάθε σύστημα συναρμογών προβλέπονται ορισμένες **κατηγορίες** [στην παράγραφο 5.6.3 (B) δίνομε τις κατηγορίες κατά το σύστημα συναρμογών ISO]. Περισσότερες πληροφορίες για τις ελεύθερες και λοιπές συναρμογές θα δώσουμε στην αμέσως επόμενη παράγραφο.

Η **ποιότητα** του κάθε μέλους (άξονα ή τρύματος) της συναρμογής καθορίζει το εύρος του πεδίου της ανοχής, μέσα στο οποίο θα πρέπει, με την ενδεδειγμένη κάθε φορά κατεργασία, να πέφτουν οι πραγματικές του διαστάσεις. Στα διάφορα συστήματα συναρμογών και ανοχών προτυποποιούνται ορισμένες ποιότητες [στην παράγραφο 5.6.3 (A) δίνομε τις ποιότητες ανοχών κατά ISO].

**Συναρμογή βασικού άξονα** [σχ. 5.6ζ(α)] έχομε, όταν το μέγιστο του άξονα  $A_\mu$  συμπίπτει με την ονομαστική διάσταση ( $A_\mu = N$ ) ή, πράγμα που είναι το ίδιο, το ανώτερο όριο ανοχής του άξονα ταυτίζεται με τη γραμμή μηδενός ( $\Lambda_{\mu A} = 0$ ), ενώ το ελάχιστο του άξονα  $A_\epsilon$  (ή το κατώτερο όριο ανοχής του  $\Lambda_{\epsilon A}$ ) μεταβάλλεται με την ποιότητα του άξονα και με την ονομαστική του διάμετρο. Ο χαρακτήρας, δηλαδή ο βαθμός ελευθερίας της συναρμογής, προσδιορίζεται από την εκλογή της κατηγορίας του τρύματος.

Στη **συναρμογή βασικού τρύματος** [σχ. 5.6ζ(β)], το ελάχιστο του τρύπατος παραμένει σταθερό και ίσο με την ονομαστική διάσταση ( $B_\epsilon = N$ ) ή το κατώτερο όριο ανοχής του συμπίπτει με τη γραμμή μηδενός ( $\Lambda_{\epsilon B} = 0$ ), ενώ ο χαρακτήρας της συναρμογής καθορίζεται από την επιλογή της κατηγορίας του άξονα.



Σχ. 5.6ζ.

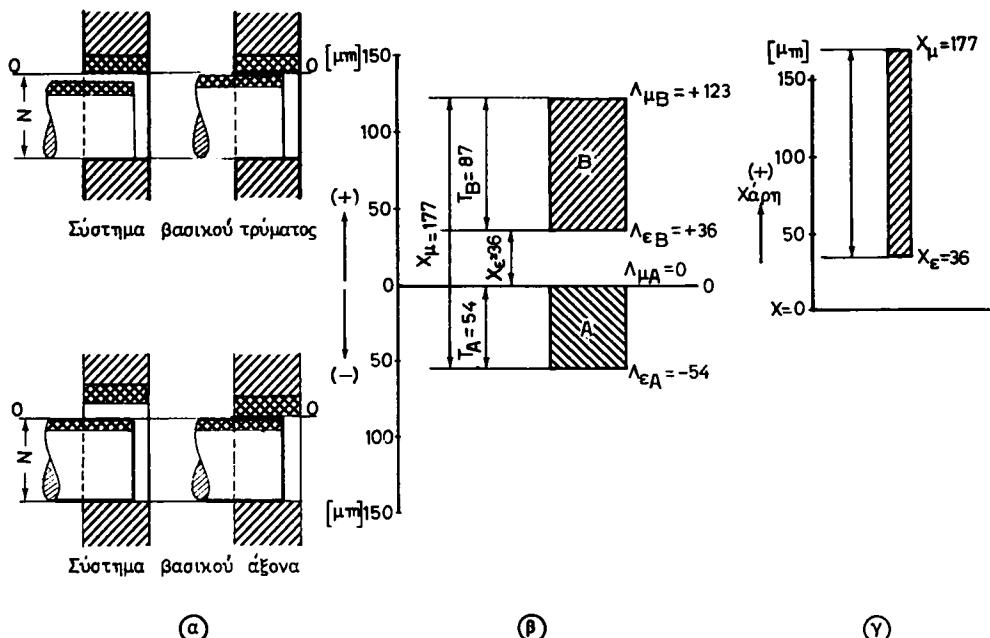
(α) Το σύστημα βασικού άξονα. (β) Το σύστημα βασικού τρύματος.

### 5.6.2 Ομαδοποίηση των συναρμογών με κριτήριο την κατηγορία τους.

#### A. Ελεύθερες συναρμογές.

**Ελεύθερη** ονομάζεται η συναρμογή εκείνη, στην οποία και ο μέγιστος ακόμα παραδεκτός άξονας (ή το μέγιστο αρσενικό κομμάτι για τις συναρμογές μη κυλινδρικών κομματιών) είναι μικρότερος από το ελάχιστο παραδεκτό τρύμα (ή το ελάχιστο θηλυκό κομμάτι της συναρμογής). Και στην πλέον ακραία δηλαδή περίπτωση υπάρχει χάρη, πράγμα που σημαίνει ότι η ελάχιστη χάρη είναι πάντοτε θετική (σχ. 5.6η).

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



Για το σκοπό αυτό χαράζομε τη γραμμή μηδενός 0-0 και σε ένα κάθετο προσαυτή άξονα σημειώνουμε υπό κατάλληλη κλίμακα τις ανοχές σε μμ. Οι ανοχές λαμβάνονται θετικές (+) επάνω από τη γραμμή μηδενός και αρνητικές (-) κάτω από τη γραμμή μηδενός. Η γραφική αυτή παράσταση της συναρμογής συμπληρώνεται με αναγραφή των ορίων των ανοχών για τον άξονα ( $\Lambda_{\mu A}$ ,  $\Lambda_{e A}$ ) και για το τρύμα ( $\Lambda_{\mu B}$ ,  $\Lambda_{e B}$ ) ή για το αρσενικό και θηλυκό κομμάτι για συναρμογή μη κυλινδρικών κομματιών· επί πλέον και της ελάχιστης, μέγιστης και μέσης χάρης ή συσφίγξεως.

Χρήσιμο είναι επίσης και το διάγραμμα διακυμάνσεως της χάρης [σχ. 5.6η(γ)] ή

της συσφίγξεως [σχ. 5.6ια(γ)]. Και εδώ ο οριζόντιος άξονας είναι η γραμμή μηδενός, ενώ στον κατακόρυφο άξονα αναγράφονται με κατάλληλη κλίμακα οι τιμές της χάρης και της συσφίγξεως σε μμ. Οι τιμές της χάρης σημειώνονται επάνω από τη γραμμή μηδενός (θετική φορά του κατακόρυφου άξονα, +), ενώ οι τιμές της συσφίγξεως αναγράφονται κάτω από τη γραμμή 0-0 (αρνητική φορά του κατακόρυφου άξονα, -). Τα διαγράμματα αυτά μας δίνουν άμεση εποπτεία του βαθμού ελευθερίας της συναρμογής (να συγκρίνετε τα διαγράμματα διακυμάνσεως χάρης και συσφίγξεως των σχημάτων 5.6η, 5.6ι, 5.6ια), όπως και τα όρια, ανάμεσα στα οποία μεταβάλλεται η χάρη ή σύσφιγξη στη συναρμογή.

### Παράδειγμα.

Άς πάρομε ως παράδειγμα την ελεύθερη συναρμογή (είναι συναρμογή βασικού άξονα, γιατί  $\Lambda_{\mu A} = 0$ ):

Άξονας  $\Phi 100 \frac{+0}{-54}$  με τρύμα  $\Phi 100 \frac{+123}{-36}$  (Η ονομαστική διάσταση της συναρμογής είναι  $N = 100 \text{ mm}$ ).

Από τα δοσμένα αυτά στοιχεία της συναρμογής μπορούμε, με βάση τους ορισμούς και σχέσεις που έχομε δώσει, να προσδιορίσουμε διάφορα μεγέθη χρήσιμα για τη γραφική της παράσταση ή την εκτέλεσή της στο μηχανουργείο.

— Όρια ανοχών άξονα και τρύματος:

$$\begin{aligned}\Lambda_{\mu A} &= 0 & \Lambda_{\epsilon A} &= -54 \mu\text{m} \\ \Lambda_{\mu B} &= +123 \mu\text{m} & \Lambda_{\epsilon B} &= +36 \mu\text{m}\end{aligned}$$

— Ανοχές άξονα, τρύματος και συναρμογής:

$$\begin{aligned}T_A &= 0 - (-54) = 54 \mu\text{m} \\ T_B &= 123 - 36 = 87 \mu\text{m} \quad [\text{σχέση (5.8)}] \\ T &= 54 + 78 = 141 \mu\text{m}\end{aligned}$$

— Οριακές διαστάσεις άξονα και τρύματος:

$$\begin{aligned}A_{\mu} &= 100,000 \text{ mm} \\ A_{\epsilon} &= 100,000 - 0,054 = 99,946 \text{ mm} \\ B_{\epsilon} &= 100,000 + 0,036 = 100,036 \text{ mm} \\ B_{\mu} &= 100,036 + 0,087 = 100,123 \text{ mm}\end{aligned}$$

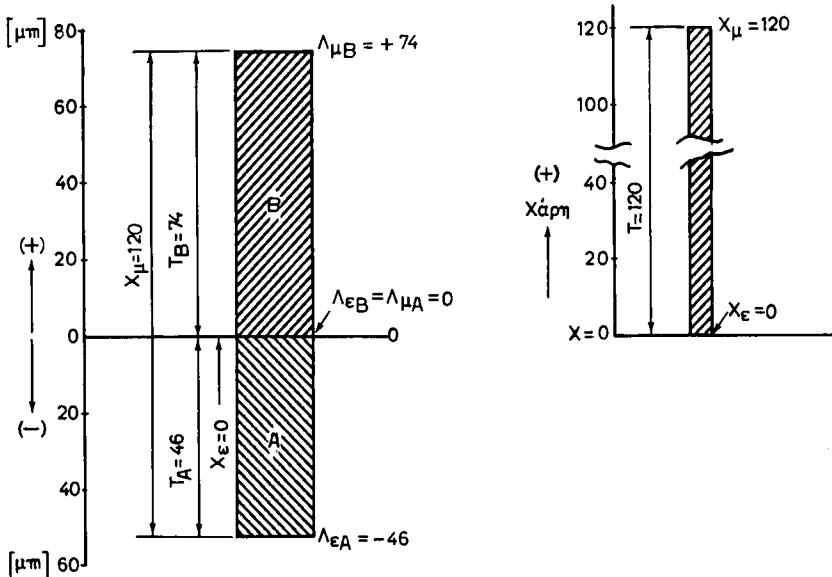
— Ελάχιστη, μέγιστη και μέση χάρη:

$$\begin{aligned}X_{\epsilon} &= 36 - 0 = 36 \mu\text{m} \quad [\text{σχέση (5.9)}] \\ X_{\mu} &= 123 - (-54) = 177 \mu\text{m} \quad [\text{σχέση (5.10)}] \\ X_M &= (36 + 177)/2 \approx 107 \mu\text{m} \quad [\text{σχέση (5.11)}]\end{aligned}$$

Η γραφική παράσταση και το διάγραμμα διακυμάνσεως χάρης της συναρμογής αυτής εικονίζονται στο σχήμα 5.6η.

### B. Συναρμογές ολισθήσεως (σχ. 5.6θ).

Συναρμογή ολισθήσεως έχομε στην περίπτωση, όπου το τρύμα μπορεί να ολισθαίνει στον άξονα ελεύθερα, χωρίς όμως να περιστρέφεται. Εδώ η ελάχιστη χάρη θα πρέπει να είναι μηδενική ( $X_{\epsilon} = 0$ ). Κάτω από τον περιορισμό αυτό το ελάχιστο τρύμα και ο μέγιστος άξονας θα συμπίπουν με την ονομαστική διάσταση ( $B_{\epsilon} = A_{\mu} = N$ ) ή το κατώτερο όριο ανοχών του τρύματος και το ανώτερο του άξονα μηδενίζονται ( $\Lambda_{\mu A} = \Lambda_{\epsilon B} = 0$ ).



Σχ. 5.60.

Γραφική παράσταση μιας συναρμογής ολισθήσεως με  $N = 70 \text{ mm}$ .

Η συναρμογή: άξονας  $\Phi 70_{-46}^0$  με τρύμα  $\Phi 70^{+74}_0$  είναι συναρμογή ολισθήσεως με ονομαστική διάσταση  $N = 70 \text{ mm}$ .

Τα χαρακτηριστικά της στοιχεία θα είναι τα ακόλουθα:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

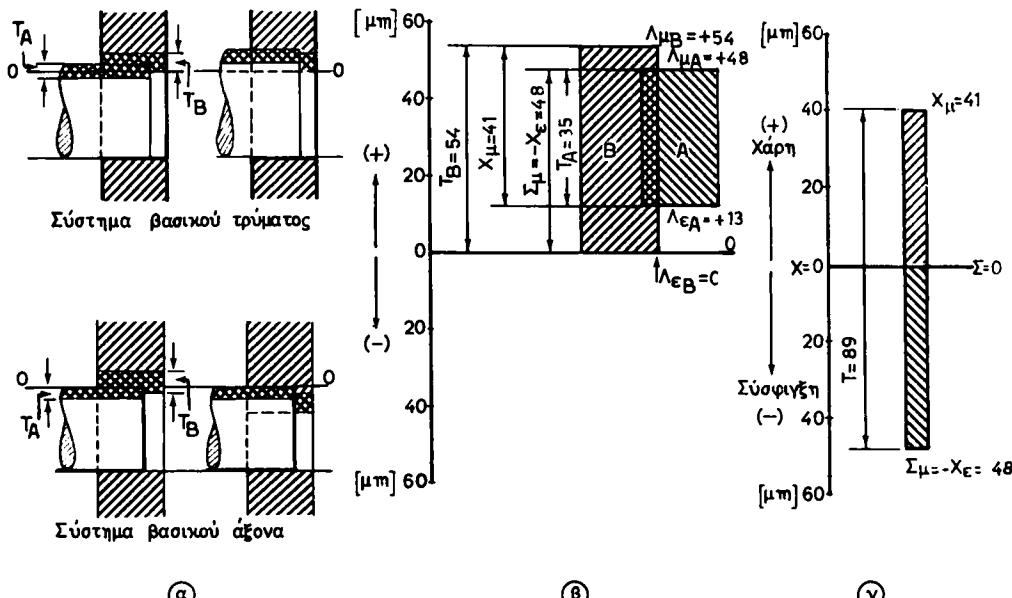
Η γραφική παράσταση και το διάγραμμα διακυμάνσεως της χάρης δίνονται στο σχήμα 5.60.

#### Γ. Συναρμογές αμφίβολης συσφίγξεως.

Είναι οι συναρμογές εκείνες, όπου η ελάχιστη χάρη προκύπτει αρνητική (αυτό σημαίνει ότι έχομε σύσφιγξη), ενώ η μέγιστη χάρη παραμένει θετική. Δηλαδή εδώ

υπάρχουν ορισμένα ζεύγη αξόνων-τρυμάτων, που δίνουν ελεύθερη συναρμογή, ενώ άλλα δίνουν συναρμογή συσφίγξεως (σχ. 5.6i).

Η συναρμογή: άξονας  $\Gamma 90^{+48}_{-13}$  μέ τρύμα  $\Phi 90^{\text{ό}}_{\text{ό}}$  είναι συναρμογή, αμφίβολης συσφίγξεως (βασικού τρύματος με ονομαστική διάσταση  $N = 90 \text{ mm}$ , όπως θα το διαπιστώσομε στη γραφική της παράσταση και στο διάγραμμα της διακυμάνσεως της χάρης και συσφίγξεως στο σχήμα 5.6i.



Σχ. 5.6i.

Συναρμογές αμφίβολης συσφίγξεως και γραφική παράσταση μιας συναρμογής αμφίβολης συσφίγξεως με  $N = 90 \text{ mm}$ .

Για τη συναρμογή αυτή βρίσκομε:

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

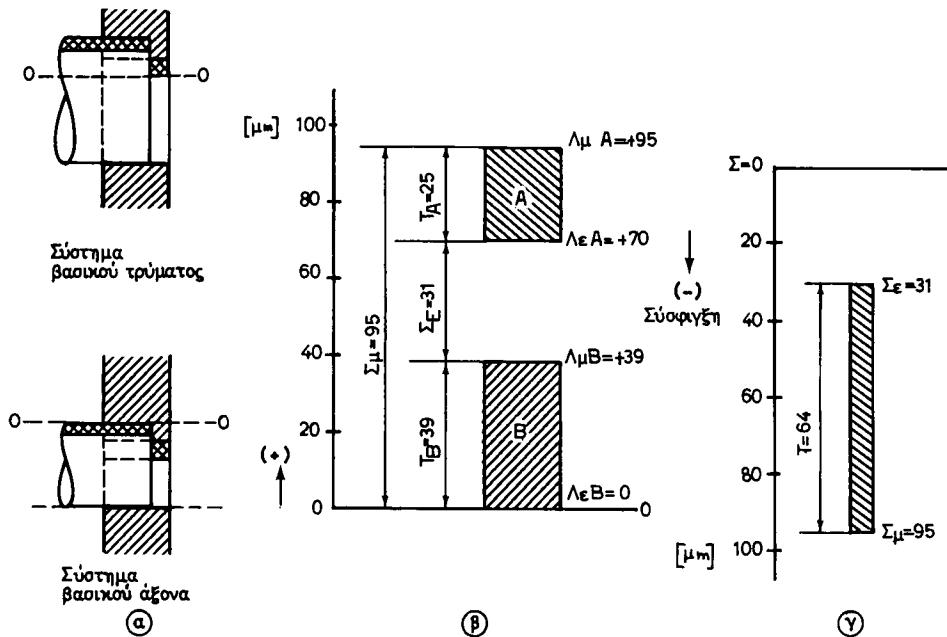
$$X_M = \frac{-48 + 41}{2} \approx -4 \mu\text{m}$$

Ζεύγη αξόνων-τρυμάτων με πραγματικές διαστάσεις (ή αντίστοιχες αποκλίσεις από τη γραμμή μηδενός), που να βρίσκονται μέσα στην επικαλυπτόμενη περιοχή

των πεδίων ανοχής άξονα και τρύματος [σχ. 5.6(a), (β)], μπορούν να δώσουν ελεύθερες ή σφικτές συναρμογές ανάλογα με τη σχετική τους θέση. Για πραγματικές διαστάσεις τρύματος μεγαλύτερες από το ανώτερο όριο ανοχής του άξονα ( $\Lambda_{\mu A} = +48 \mu m$ ) έχουμε ελεύθερες συναρμογές, ενώ για μικρότερες από το κατώτερο όριο ανοχής του άξονα ( $\Lambda_{\epsilon A} = +13 \mu m$ ) προκύπτουν σφικτές συναρμογές.

#### Δ. Συναρμογές συσφίγξεως (σχ. 5.6α).

Είναι οι συναρμογές εκείνες, όπου ακόμα και ο ελάχιστος παραδεκτός άξονας είναι μεγαλύτερος από το μέγιστο τρύμα. Εδώ η ελάχιστη σύσφιγξη είναι θετική.



Σχ. 5.6α.

Συναρμογές συσφίγξεως και γραφική παράσταση μιας συναρμογής συσφίγξεως με  $N = 50$  mm.

#### Παράδειγμα.

Ως παράδειγμα τέτοιας συναρμογής δίνομε το ακόλουθο:

Άξονας  $\Phi 50^{+95}_{+70}$  με τρύμα  $\Phi 50^{+39}_0$ . Η συναρμογή έχει ονομαστική διάσταση  $N = 50$  mm και είναι βασικού τρύματος.

Μπορούμε πολύ εύκολα με τις γνωστές μας πλέον σχέσεις να υπολογίσουμε τα διάφορα χαρακτηριστικά της στοιχεία. Βρίσκομε έτσι:

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

$$\begin{aligned}
 T_A &= 95 - 70 = 25 \mu m \\
 T_B &= 39 \mu m \\
 T &= 25 + 39 = 64 \mu m \\
 A_{\epsilon} &= 50,000 + 0,070 = 50,070 \text{ mm} \\
 A_{\mu} &= 50,070 + 0,025 = 50,095 \text{ mm} \\
 B_{\epsilon} &= 50,000 \text{ mm} \\
 B_{\mu} &= 50,000 + 0,039 = 50,039 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

Η γραφική παράσταση και το διάγραμμα διακυμάνσεως συσφίγξεως της συναρμογής αυτής εμφαίνονται στο σχήμα 5.6ια.

### 5.6.3 Το διεθνές σύστημα συναρμογών και ανοχών ISO.

#### A. Ποιότητες ανοχής.

Ειδαμε στην παράγραφο 5.6.1 (Δ) ότι το πλάτος του πεδίου ανοχής χαρακτηρίζεται ως **ποιότητα**.

Το σύστημα συναρμογών και ανοχών ISO, για το οποίο μιλούμε, προβλέπει δέκα οκτώ (18) ποιότητες ανοχής, τις IT01\*, IT0, IT1, IT2,..., IT16 ή απλούστερα τις ποιότητες 01, 0, 1, 2,..., 16. Με τις ποιότητες αυτές, που έχουν θεσπισθεί από την προδιαγραφή, καλύπτονται όλες οι απαιτήσεις σε ακρίβεια των μηχανουργικών κατασκευών από τις πιο χονδροειδείς μέχρι τις κατασκευές ύψιστης ακρίβειας, όπως είναι τα πρότυπα πλακίδια.

Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός που εκφράζει την ποιότητα (από το 16 προς το 01), τόσο μικρότερο είναι και το εύρος του πεδίου ανοχής, άρα τόσο μεγαλύτερη και η ακρίβεια κατασκευής.

Η ποιότητα ανοχής εξαρτάται από την ονομαστική διάσταση (Πίνακας 5.6.1) και μάλιστα έτσι, ώστε, για την ίδια ποιότητα, αύξηση της ονομαστικής διαστάσεως να έχει ως συνέπεια αύξηση και του πλάτους της ανοχής. Επί παραδείγματι, ενώ για την ποιότητα 8 και για ονομαστική διάσταση 100mm η ανοχή είναι 54μμ, για την ίδια ποιότητα και για ονομαστική διάσταση 200mm η ανοχή που αντιστοιχεί θα είναι 72μμ.

Οι ονομαστικές διαστάσεις ομαδοποιούνται στις περιοχές, που βλέπομε στις αριστερές δύο στήλες του Πίνακα 5.6.1.

#### B. Κατηγορίες των μελών της συναρμογής.

Η θέση του πεδίου ανοχής των μελών μιας συναρμογής (του άξονα και του τρύματος ή του αρσενικού και του θηλυκού) ως προς την ονομαστική διάσταση (ή τη γραμμή μηδενός) χαρακτηρίζει την **κατηγορία** τους.

Σύμφωνα με το σύστημα ISO προτυποποιούνται είκοσι οκτώ κατηγορίες, οι ο-

---

\* IT: είναι τα αρχικά των λέξεων International Tolerance, που σημαίνουν «διεθνής ανοχή».

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.1.**  
Ποσότητες συνοχών κατά ISO

Ονομαστική διάσταση (mm)	Έως	Ανοχές συναρμογών																	
		Για πρότυπα μήκη και όργανα μετρήσεως													Μεγάλες ανοχές όχι για συναρμογές				
		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

ποίες για μεν τα τρύματα (ή εσωτερικές εν γένει διαστάσεις) συμβολίζονται με κεφαλαία γράμματα του λατινικού αλφαριθμητικού ως εξής:

A,B,C, (CD), D, E, (EF), F, (FG), G, H, J (J<sub>s</sub>)

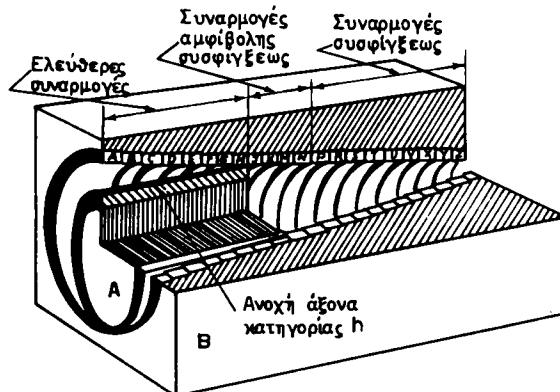
K,M, N, P,R, S, T,U, (V), X, (Y), Z, ZA, ZB και ZC

για δε τους άξονες (ή εξωτερικές γενικώς διαστάσεις) με τα αντίστοιχα μικρά γράμματα του λατινικού αλφαριθμητικού, δηλαδή: a, b, c, (cd),..., z, za, zb και zc.

Στο σχήμα 5.6ιβ βλέπομε παραστατικά τις θέσεις, που πάρνει το πεδίο ανοχής των τρυμάτων σε σύστημα βασικού άξονα [παράγρ. 5.6.1 (Δ), σχ. 5.6ζ(α)] (όλοι οι άξονες είναι κατηγορίας h) και στο σχήμα 5.6ιγ παρατηρούμε τις θέσεις που καταλαμβάνει το πεδίο ανοχής των αξόνων σε σύστημα όμως βασικού τρύματος [παράγρ. 5.6.1(Δ), σχ. 5.6ζ(β)] (όλα τα τρύματα είναι κατηγορίας H). Και τα δύο σχήματα έχουν για την ίδια ποιότητα ανοχής και περιοχή ονομαστικών διαστάσεων.

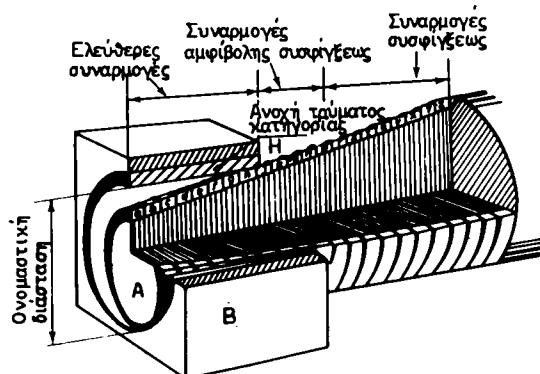
Στα σχήματα 5.6ιβ και 5.6ιγ βλέπομε πώς κατανέμονται τα γράμματα, που συμβολίζουν τις διάφορες κατηγορίες τρυμάτων (κεφαλαία) και αξόνων (μικρά) στις ελεύθερες συναρμογές, στις συναρμογές αμφίβολης συσφίγξεως και στις συναρμογές συσφίγξεως. Έτσι, από το γράμμα A (ή a) μέχρι και το H(h) περιλαμβάνονται οι ελεύθερες συναρμογές, από το J (ή j) μέχρι και το N (ή n) οι συναρμογές αμφίβολης συσφίγξεως και από το P (ή p) έως και τα γράμματα ZC (ή zc) οι σφικτές συναρμογές. Η συναρμογή με τρύμα κατηγορίας H και άξονα κατηγορίας h χαρακτηρίζεται ως συναρμογή ολισθήσεως [παράγρ. 5.6.2(6)].

Στους Πίνακες 5.6.2 και 5.6.3 καταγράφονται οι τιμές των ορίων ανοχής ( $\Lambda_{\mu A}$ ,



Σχ. 5.6β.

Η θέση του πεδίου ανοχής των τρυμάτων στο σύστημα συναρμογών βασικού άξονα. Χαρακτηρισμός των συναρμογών ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας τους.



Σχ. 5.6γ.

Η θέση του πεδίου ανοχής των αξόνων στο σύστημα συναρμογών βασικού τρύματος.

$\Lambda_{eA}$  για τους άξονες και  $\Lambda_{eB}$ ,  $\Lambda_{eB}$  για τα τρύματα) αντιστοίχως για τους άξονες και τα τρύματα ανάλογα με την ποιότητα, την κατηγορία και την περιοχή ομαδοποιήσεως της ονομαστικής τους διαστάσεως. Η χρήση των πινάκων αυτών είναι εξαιρετικά εύκολη, όπως θα το διαπιστώσετε στα παραδείγματα, που ακολουθούν.

### Γ. Ο συμβολισμός για τις συναρμογές.

Για κάθε μέλος μιας συναρμογής καθορίζονται ξεχωριστά η ποιότητα και η κατηγορία του, που αναγράφονται με τα σύμβολά τους [παράγρ. 5.6.2(A), (B)] μετά από την ονομαστική διάσταση. Ο συμβολισμός π.χ. 75E9 σημαίνει ένα τρύμα με ονομαστική διάμετρο  $N = 75$  mm, κατηγορίας E και ποιότητας 9.

Εξ άλλου ο συμβολισμός Φ100e8 σημαίνει άξονα που έχει ονομαστική διάμετρο  $N = 100$  mm και που είναι κατηγορίας e και ποιότητας 8.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.2.****Απόσπασμα από τους πνάκες ISO. Όρια ανοχής για τους δέοντες.**

Ποιότητα	Κατηγορία	Όρια ανοχής	Άλγεβρικό πρόσδιπτο	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		
5	g5	*μ **ελ	-   -	3 8	4 9	5 11	6 14	7 16	9 20	10 23	12 27	14 32	15 35	17 40	18 46	20 47		
	h5	μ ελ	0   -	0 5	0 5	0 6	0 8	0 9	0 11	0 13	0 15	0 18	0 20	0 23	0 25	0 27		
	j5	μ ελ	+   -	4 1	4 1	4 2	5 3	5 4	5 5	6 6	6 7	7 9	11 13	16 17	7 7	7 7	20 20	
	k5	μ ελ	+   -	1 5	1 5	2 6	3 8	4 9	5 11	13 15	18 21	24 27	27 29	4 5	5 5	32 32		
	m5	μ ελ	+   +	7 2	9 4	12 6	15 7	17 8	20 9	24 11	28 13	33 15	37 17	43 20	46 21	50 23		
	n5	μ ελ	+   +	11 2	13 4	16 6	20 7	24 8	28 9	33 11	38 13	45 15	51 17	57 20	62 21	67 23		
6	f6	μ ελ	-   -	7 14	10 18	13 22	16 27	20 33	25 41	30 49	36 58	43 68	50 79	56 88	62 98	68 108		
	g6	μ ελ	-   -	3 10	4 12	5 14	6 17	7 20	25 25	29 34	39 39	44 44	49 49	54 54	60 60			
	h6	μ ελ	0   -	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	
	j6	μ ελ	+   -	6 7	7 8	7 9	11 13	16 19	22 25	25 29	29 32	36 36	40 40	44 44	48 48	52 52	56 56	60 60
	k6	μ ελ	-   +	1 1	2 1	2 3	4 4	5 5	7 7	9 9	11 11	13 13	16 16	18 18	20 20	22 22	24 24	
	m6	μ ελ	+   +	9 2	12 4	15 6	18 7	9 8	11 9	13 11	15 13	15 15	17 17	20 20	21 21	23 23	25 25	
7	n6	μ ελ	+   +	13 2	16 4	19 6	23 7	28 8	33 9	39 11	45 13	52 15	60 17	66 20	73 21	80 23		
	p6	μ ελ	+   +	6 6	8 12	10 15	12 18	15 22	21 26	25 32	30 37	37 43	40 50	52 56	57 62	63 68		
	e7	μ ελ	-   -	14 23	20 32	25 40	32 50	40 50	50 60	60 72	72 85	85 100	100 110	125 125	135 135			
	f7	μ ελ	-   -	7 16	10 22	13 28	16 34	21 41	25 50	30 60	36 71	43 83	50 96	146 108	162 119	182 131	198 63	
	h7	μ ελ	0   -	0 9	0 12	0 15	18 21	21 25	30 35	40 46	46 52	52 57	56 63					
	j7	μ ελ	+   -	2 7	3 9	5 10	12 13	15 18	20 22	22 25	26 26	29 29	31 31	34 34	37 37	40 40		
	k7	μ ελ	+   +	2 16	3 19	5 23	7 27	10 32	12 38	15 43	18 50	21 56	26 61	28 66	32 68	36 45		

συνεχίζεται

\*μ : Ανώτερο όριο ανοχής δέοντα  $\Lambda_{\mu A}$ \*\*ελ: Κατώτερο όριο ανοχής δέοντα  $\Lambda_{\epsilon A}$

(συνέχεια Πίνακα 5.6.2)

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

\*μ : Ανώτερο όριο ανοχής δίξονα  $\Lambda_{\mu A}$ \*\*ελ: Κατώτερο όριο ανοχής δίξονα  $\Lambda_{\epsilon A}$ 

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

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.3.**

*Απόσπασμα από τους πίνακες ISO. Όρια ανοχής στα τρύματα.*

Ποιότητα	Κατηγορία	'Όρια ανοχής	Αλγεβρικό Πρόσημο	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	+ +	14	18	22	27	33	41	49	58	68	79	88	98	108																										
	G6	**ελ	+ +	7	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68																										
	H6	μ	+ +	10	12	14	17	20	25	29	34	39	44	49	54	60																										
	μ	ελ	+ +	3	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18	20																										
	J6	μ	+ +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
	ελ	-	+ +	3	4	5	6	8	10	13	16	18	22	25	29	32																										
	K6	μ	+ +	4	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7																										
	ελ	-	-	4	4	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7																										
	M6	μ	- -	0	1	3	4	4	4	4	5	6	8	10	13	16																										
	ελ	- -	-	7	9	12	15	17	20	24	28	33	38	45	51	57																										
7	N6	μ	- -	4	5	7	9	11	12	14	16	18	20	22	25	27																										
	P6	μ	- -	11	13	16	20	24	28	33	38	45	52	61	70	79	87																									
	ελ	- -	-	6	9	12	15	18	21	26	31	37	45	52	61	70																										
	E7	μ	+ +	23	32	40	50	61	75	90	107	125	146	162	182	198																										
	ελ	+ +	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135																											
	F7	μ	+ +	16	22	28	34	41	50	60	71	83	96	108	119	131																										
	ελ	+ +	7	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62	68																											
	G7	μ	+ +	12	16	20	24	28	34	40	47	54	61	69	75	83																										
	H7	μ	+ +	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63																										
	J7	μ	+ +	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
7	K7	μ	+ +	3	5	8	10	12	14	18	22	26	30	36	40	46																										
	ελ	- -	6	7	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	20																											
	M7	μ	- -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
	ελ	- -	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63																											
	N7	μ	- -	4	4	4	5	7	8	9	10	12	14	16	17	18																										
	ελ	- -	13	16	19	23	28	33	39	45	52	60	66	73	80																											
	P7	μ	- -	6	8	9	11	14	17	21	24	28	33	36	41	45																										
	ελ	- -	16	20	24	29	35	42	51	59	68	79	88	98	108																											
D8	D8	μ	+ +	34	48	62	77	98	119	146	174	208	242	271	299	327																										
	E8	ελ	+ +	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230																										

συνεχίζεται

(συνέχεια Πίνακα 5.6.3)

Ποιότητα	Καπνορία	'Ορια ανοχής	Αλγεβρικό πρόστιμο	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																		
		ελ	+	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																		
		ελ	+	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																		
		ελ	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																		
		ελ	-	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	25	28	29																	
		ελ	+	-	-	16	19	23	27	32	38	43	50	56	61	68																		
	M8	μ	+	-	-	1	2	4	5	5	6	8	9	9	11	11																		
		ελ	-	-	-	21	25	29	34	41	48	55	63	72	78	86																		
	N8	μ	-	-	1	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6																		
		ελ	-	-	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																		
		ελ	+	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230																		
9	E9	μ	+	39	50	61	75	92	112	134	159	185	215	240	265	290																		
	H9	μ	+	14	20	25	32	40	50	60	72	85	100	110	125	135																		
		ελ	+	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155																		
	J9	μ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																		
		ελ	+	12	15	18	21	26	31	37	43	50	57	65	70	77																		
	D10	μ	+	60	78	98	120	149	180	220	260	305	355	400	440	480																		
	H10	ελ	+	20	30	40	50	65	80	100	120	145	170	190	210	230																		
10	J10	μ	+	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250																		
		ελ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																		
		ελ	+	20	24	29	35	42	50	60	70	80	92	105	115	125																		
11	D11	μ	+	80	105	130	160	195	240	290	340	395	460	510	570	630																		
		ελ	+	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																		
		ελ	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																		
		ελ	-	30	38	45	55	65	80	95	110	125	145	160	180	200																		

\*μ : Ανώτερο όριο ανοχής τρύματος  $\Lambda_{\mu B}$ \*\*ελ: Κατώτερο όριο ανοχής τρύματος  $\Lambda_{eB}$ 

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

Όταν τώρα πρόκειται για το συμβολισμό μιας συναρμογής, τότε τα στοιχεία του τρύματος (κατηγορία και ποιότητα) γράφονται ως αριθμητής και τα στοιχεία του άξονα ως παρονομαστής ενός κλάσματος, που ακολουθεί την ονομαστική διάσταση.

Ως παράδειγμα δίνομε τη συναρμογή  $\Phi 35 \frac{D9}{h8}$  ή  $\Phi 35 D9/h8$ .

Από το συμβολισμό μιας συναρμογής, όπως τώρα μόλις τον δώσαμε, μπορούμε να προσδιορίσουμε με τη βοήθεια των Πινάκων 5.6.2 και 5.6.3 το όρια ανοχών και για τα δύο μέλη της συναρμογής, οπότε η συναρμογή μπορεί να παρασταθεί και κατ' άλλο τρόπο: Με κλάσμα που έχει ως αριθμητή την ονομαστική διάσταση σε χιλιοστόμετρα (mm) και τα όρια ανοχής σε μικρά (μμ) του τρύματος και ως παρονομαστή πάλι την ονομαστική διάσταση με τα όρια ανοχής του άξονα. Έτσι η

προηγούμενη συναρμογή  $\Phi 35 \frac{C9}{h8}$ -που δώσαμε ως παράδειγμα, μπορεί να συμβολισθεί ως:

$$\frac{35 \frac{+142}{+80}}{35 \frac{0}{-39}}$$

Τα όρια της ανοχής τρύματος και άξονα πάρθηκαν από τους Πίνακες 5.6.2 και 5.6.3, αντιστοίχως.

#### **D. Μερικά παραδείγματα.**

Στα παραδείγματα που θα ακολουθήσουν θα δώσομε πρώτα το συμβολισμό κάθε συναρμογής με το γράμμα της κατηγορίας και τον αριθμό της ποιότητας. Με βάση το συμβολισμό αυτό και με τη βοήθεια των Πινάκων 5.6.2 και 5.6.3 θα προσδιορίσουμε τα όρια ανοχής τρύματος και άξονα, κατόπιν θα παραστήσουμε την κάθε συναρμογή με τις αριθμητικές τιμές των ορίων αυτών και στη συνέχεια θα προβούμε στη γραφική της παράσταση. Για όλα αυτά θα πρέπει να έχομε υπ' όψη μας τις διάφορες σχέσεις, τις οποίες δώσαμε στην παράγραφο 5.6.1 (Δ), όπως και τα παραδείγματα που αναπτύξαμε στην παράγραφο 5.6.2.

#### **E. Αναγραφή των διαστάσεων ανοχών στο μηχανολογικό σχέδιο.**

Σχετικά μέ την αναγραφή των διαστάσεων και των ανοχών τους στο μηχανολογικό σχέδιο παραπτούμε τα εξής:

Εάν ο έλεγχος πρόκειται να γίνει με ελεγκτήρες ορίου, τότε θα αναγραφούν μετα την τιμή της ονομαστικής διαστάσεως (μπροστά από την οποία τίθεται το σήμα Φ, αν πρόκειται για διάμετρο) το χαρακτηριστικό γράμμα της κατηγορίας και ο αριθμός της ποιότητας. Αν όμως η διάσταση ελεγχθεί με μετρητικό όργανο ή με ελεγκτήρα ρυθμιζόμενου μήκους, τότε σημειώνονται οι οριακές διαστάσεις.

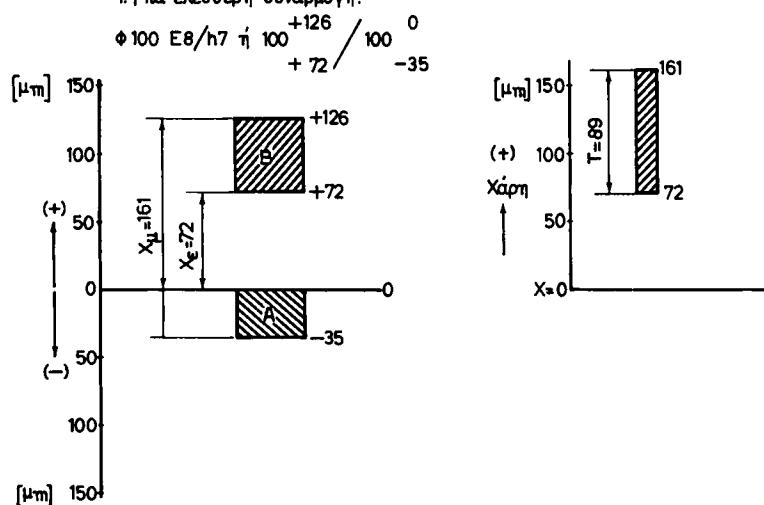
Στο σχήμα 5.6ιδ βλέπομε πώς αναγράφονται οι διαστάσεις και ανοχές σε ένα μηχανολογικό σχέδιο.

#### **5.6.4 Σύνθετες ανοχές.**

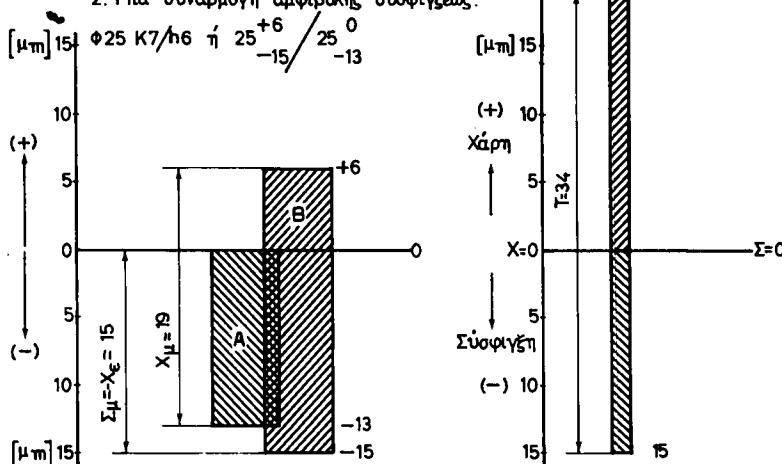
Πολλές φορές στις εφαρμογές συναντούμε περιπτώσεις, όπου χρειάζεται να

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

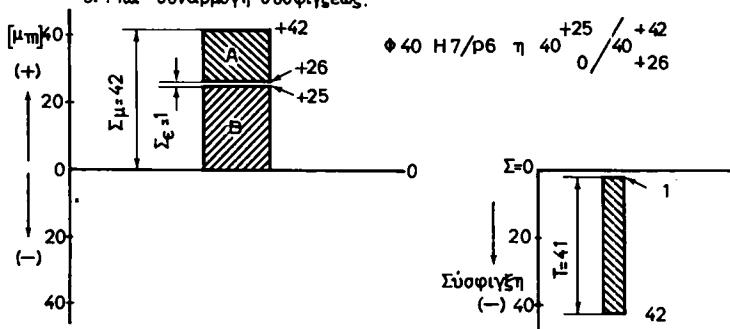
1. Μία ελεύθερη συναρμογή.

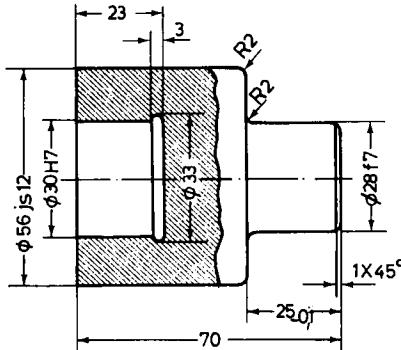


2. Μία συναρμογή αμφίβολης συσφιγέως.



3. Μία συναρμογή συσφιγέως.



**Σχ. 5.8ιδ.**

Αναγραφή διαστάσεων με ανοχές στο μηχανολογικό σχέδιο.

καθορίσομε ανοχές σε διαστάσεις που προκύπτουν ως αλγεβρικό άθροισμα άλλων μερικών διαστάσεων, για τις οποίες δίνονται ανοχές. Παρακάτω θα δώσουμε τους σχετικούς κανόνες και την κατάλληλη τεχνική για το σκοπό αυτό.

#### A. Περίπτωση προστιθεμένων διαστάσεων.

Έστω ότι οι διαστάσεις  $N_1$ ,  $N_2$  και  $N_3$  με ανοχές αντίστοιχα τις  $T_1$ ,  $T_2$  και  $T_3$  (σχ. 5.8ιε) προσθέτονται. Είναι προφανές ότι οι οριακές τιμές  $N_\epsilon$  (ελάχιστη) και  $N_\mu$  (μέγιστη) της συνολικής διαστάσεως θα είναι:

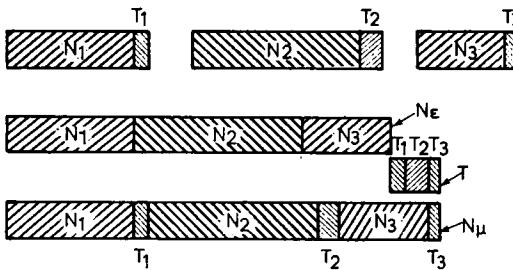
$$N_\epsilon = N_{1\epsilon} + N_{2\epsilon} + N_{3\epsilon} \quad \text{και}$$

$$N_\mu = N_{1\mu} + N_{2\mu} + N_{3\mu} = (N_1 + N_2 + N_3) + (T_1 + T_2 + T_3) \quad (5.16)$$

και η ανοχή της (σύνθετη ανοχή)  $T$  θα ισούται με το άθροισμα των ανοχών των μερικών διαστάσεων, δηλαδή:  $T = T_1 + T_2 + T_3$ .

Ως παράδειγμα ας πούμε ότι:

$N_1 = 30^{+1,0}_0$ ,  $N_2 = 40^{-0,5}_0$  και  $N_3 = 20^{-1,0}_0$  (οι ανοχές δίνονται σε mm). Σύμφωνα με τις σχέσεις που δώσαμε, οι οριακές τιμές της συνολικής διαστάσεως προκύπτουν

**Σχ. 5.8ιε.**

Η σύνθετη ανοχή προστιθεμένων διαστάσεων.

ως:

$N_\epsilon = 30,0 + 39,5 + 19,0 = 88,5 \text{ mm}$  και  $N_\mu = 31,0 + 40,0 + 20,0 = 91,0 \text{ mm}$   
και η ανοχή της συνολικής διαστάσεως:

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

#### B. Περίπτωση αλγεβρικού αθροίσματος διαστάσεων.

Ας υποθέσουμε ότι θέλομε να προσδιορίσουμε τις οριακές τιμές (και από αυτές

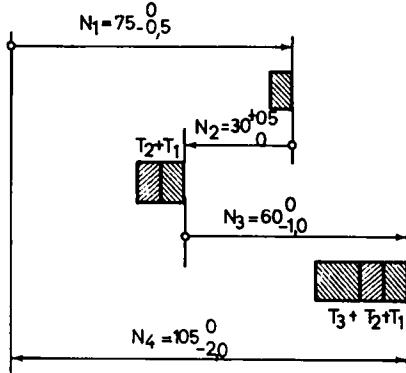
(την ανοχή) της διαστάσεως  $N_4$  στο σχήμα 5.6ιστ. Η διάσταση  $N_4$  μπορεί να εκφρασθεί σε συνάρτηση με τις άλλες ως:

$$N_4 = N_1 - N_2 + N_3 \quad (5.17)$$

Οι οριακές της τιμές θα είναι:  $N_{4\epsilon} = N_{1\epsilon} - N_{2\mu} + N_{3\epsilon}$

$$\text{και} \quad N_{4\mu} = N_{1\mu} - N_{2\epsilon} + N_{3\mu} \quad (5.18)$$

Η ανοχή της  $T$  θα προκύψει:  $T = T_1 + T_2 + T_3$  (5.19)



### Σχ. 5.6ιστ.

Η σύνθετη ανοχή αλγεβρικού άθροισματος διαστάσεων.

Από τις σχέσεις (5.18) και (5.19) συνάγομε τους ακόλουθους δύο χρήσιμους κανόνες γιά τόν προσδιορισμό συνθέτων ανοχών:

α) Για να υπολογίσουμε την ελάχιστη τιμή της σύνθετης διαστάσεως ( $N_{4\epsilon}$  στην περίπτωσή μας), λαμβάνομε υπ' όψη στο αλγεβρικό άθροισμα την ελάχιστη οριακή διάσταση των όρων που προσθέτονται (με πρόσημο +) και τη μέγιστη οριακή διάσταση των αφαιρουμένων όρων (με πρόσημο -). Αντίθετα, για να προσδιορίσουμε τη μέγιστη τιμή της σύνθετης διαστάσεως ( $N_{4\mu}$ ), θεωρούμε στο αλγεβρικό άθροισμα τη μέγιστη οριακή διάσταση των όρων, που προσθέτονται, και την ελάχιστη οριακή διάσταση των όρων, που αφαιρούνται.

β) Η ανοχή της σύνθετης διαστάσεως (σύνθετη ανοχή) είναι ίση με το άθροισμα των ανοχών των μερικών διαστάσεων, ανεξάρτητα αν οι αντίστοιχες μερικές διαστάσεις προσθέτονται η αφαιρούνται στο αλγεβρικό άθροισμα. Αυτό θα επαληθευθεί και στο αριθμητικό παράδειγμά μας αμέσως παρακάτω.

Εφαρμόζοντας τώρα τις σχέσεις (5.17), (5.18) και (5.19) με τα αριθμητικά δεδομένα του σχήματος 5.6ιστ θα έχομε:

$$N_4 = 75 -0,5 - 30 +0,05 + 60 -1,0$$

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

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

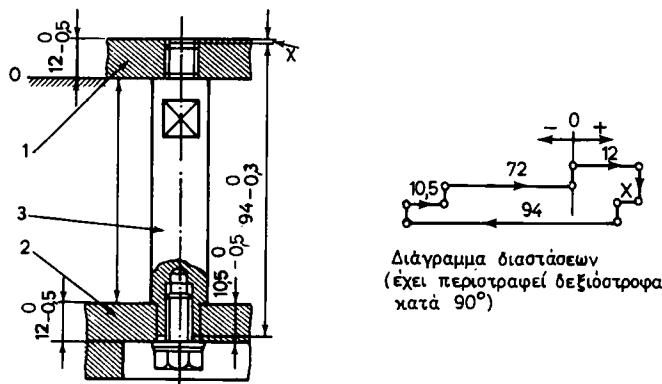
$$T = N_{4\mu} - N_{4\epsilon} = 105,0 - 103,0 = 2,0 \text{ mm}$$

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

**Γ. Προσδιορισμός συνθέτων ανοχών με τη βοήθεια του διαγράμματος διαστάσεων.**

Σε περίπλοκες περιπτώσεις της πράξεως υπολογίζομε την ανοχή μιας σύνθετης διαστάσεως και τις οριακές της τιμές με τη βοήθεια του λεγόμενου **διαγράμματος διαστάσεων**, όπως θα δούμε στο επόμενο παράδειγμα.

Έστω ότι θέλομε να υπολογίσουμε τις οριακές τιμές της διαστάσεως  $X$  στο σχήμα 5.6ι, όπου τα δύο ελάσματα 1 και 2 συναρμολογούνται μεταξύ τους με το βλήτρο 3. Ορίζομε μια επιφάνεια (π.χ. την επιφάνεια 0) ως επιφάνεια αναφοράς και σημειώνουμε θετική και αρνητική φορά, όπως φαίνεται στο σχήμα. Κατόπιν πειρερχόμαστε κυκλικά όλες τις διαστάσεις ( $12_{-0,5}^0$ ,  $X$ ,  $94_{-0,3}^0$  κλπ), ώσπου να επανέλθομε στην επιφάνεια 0 σχηματίζοντας έτσι το αλγεβρικό τους άθροισμα λαμβάνοντας υπ' όψη, για το πρόσημο των όρων του αθροίσματος, τη φορά (θετική ή αρνητική), την οποία έχουμε καθορίσει. Το αλγεβρικό αυτό άθροισμα των διαστάσεων το εξισώνουμε με το μηδέν και επιλύοντας ως προς την άγνωστη διάσταση (ως προς  $X$  στην περίπτωσή μας) προσδιορίζουμε κατά τα γνωστά τις οριακές της τιμές και την ανοχή της.



Σχ. 5.6ι.

Παράδειγμα για τον υπολογισμό μιάς σύνθετης ανοχής με τη βοήθεια του διαγράμματος διαστάσεων. (οι ανοχές δίνονται σε mm).

Εφαρμόζοντας τον κανόνα αυτό στο παράδειγμά μας θα έχουμε:

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

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

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

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

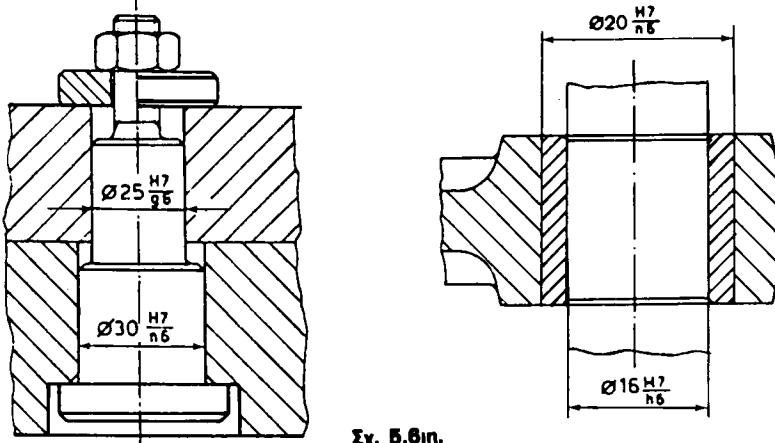
$$T = 1,1 - (-0,2) = 1,3 \text{ mm}$$

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

### 5.6.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

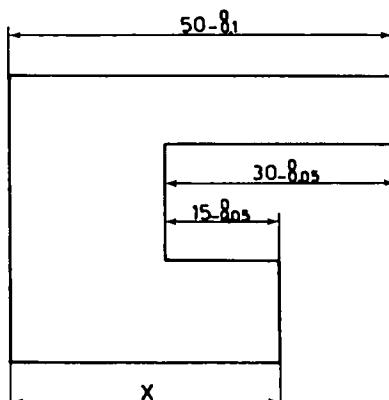
1. Τι ονομάζουμε συναρμογή;
2. Ποια συναρμογή καλούμε απλή και ποια πολλαπλή;
3. Τι εννοούμε με τους παρακάτω όρους: **Εναλλαξιμότητα, ανοχή μιας διαστάσεως, ονομαστική διάσταση, διάσταση κατεργασίας, πέδιο ανοχής, δρια ανοχής, χάρη και σύσφιγξη.**
4. Ποιο είναι το συμμετρικό και ποιο το μονόπλευρο σύστημα ανοχών;
5. Σε τι διακρίνονται ανάμεσά τους οι συναρμογές ως προς το βαθμό ελευθερίας τους;
6. Τι είναι συναρμογή βασικού άξονα και τι βασικού τρύματος;
7. Τι εννοούμε λέγοντας **ποιότητα** και **κατηγορία** ενός μέλους μιας συναρμογής;

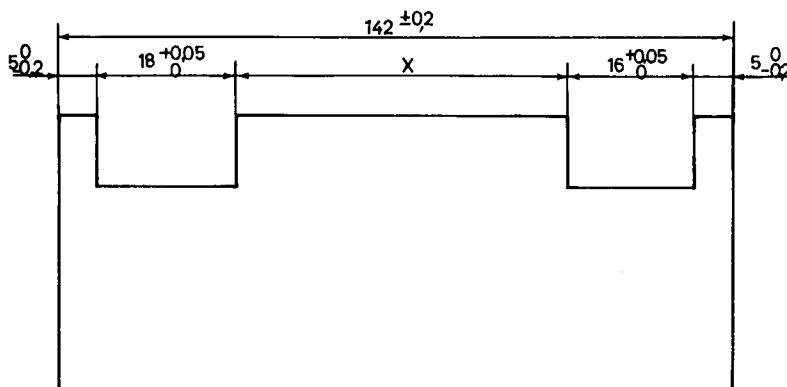
8. Πόσες ποιότητες και πόσες κατηγορίες προβλέπει τό σύστημα συναρμογών ISO και πώς συμβολίζονται αντίστοιχα;
9. Για σύστημα συναρμογών βασικού δέσμου να δώσετε συμβολίζοντάς τες τέσσερις ελεύθερες συναρμογές, δύο συναρμογές αμφιβολής συσφίγξεως και τέσσερις συναρμογές συσφίγξεως.
10. Ποιες είναι οι ανοχές των ποιοτήτων 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  $\Phi 30G7/k6$ .  
Να προσδιορίσετε τις οριακές διαστάσεις δέσμου και τρύματος, τα όρια των ανοχών τους, όπως και τη μέγιστη, μέση και ελάχιστη χάρη.
13. Για τις συναρμογές των κομματιών που εικονίζονται στο παρακάτω σχήμα 5.6η να κάνετε τη γραφική τους παράσταση μαζί με το διάγραμμα διακυμάνσεως της χάρης (και συσφίγξεως) και



Σχ. 5.6η.

- να δώσετε υπό μορφή πινακιδίου τα όρια των ανοχών. Την κλίμακα για την παράσταση των ανοχών και της χάρης (και συσφίγξεως) να τη διαλέξετε κατά την κρίση σας.
14. Με τη βοήθεια σκίτων να δώσετε παραδείγματα αναγραφής διαστάσεων με ανοχές στο μηχανολογικό σχέδιο.
  15. Ποιους βασικούς κανόνες εφαρμόζομε στον προσδιορισμό συνθέτων ανοχών και των όριων τους;
  16. Να υπολογίσετε την ανοχή και τις οριακές τιμές της άγνωστης διαστάσεως για τις περιπτώσεις του παρακάτω σχήματος 5.6θ χαράσσοντας κάθε φορά και το αντίστοιχο διάγραμμα διαστάσεων. (οι ανοχές δίνονται σε mm).



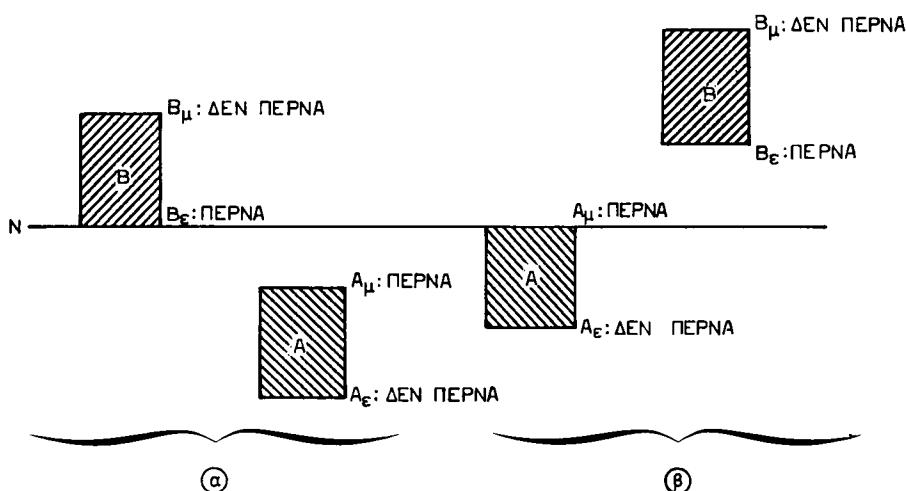


Σχ. 5.6ιθ.

## 5.7 Ελεγκτήρες και εφαρμογές τους.

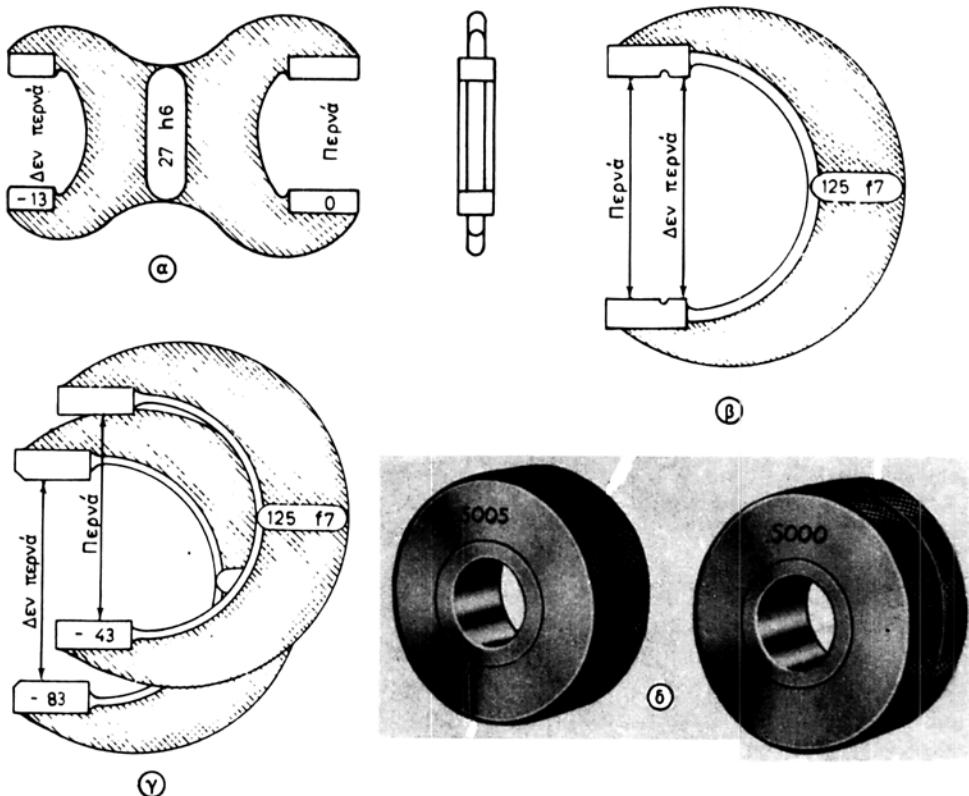
### 5.7.1 Γενικά.

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 ονομάζομε **ελεγκτήρες**. Για τη διεξαγωγή της επιθεωρήσεως μεταχειρίζομαστε βέβαια και άλλα όργανα, ανάλογα με την περίπτωση, για κατ' ευθείαν ή συγκριτικές μετρήσεις από αυτά, που έχομε μέχρι τώρα περιγράψει. Στον ελεγκτήρα ενσωματώνεται αντίστροφα η διάσταση του κομματιού, η οποία πρόκειται να ελεγχθεί.

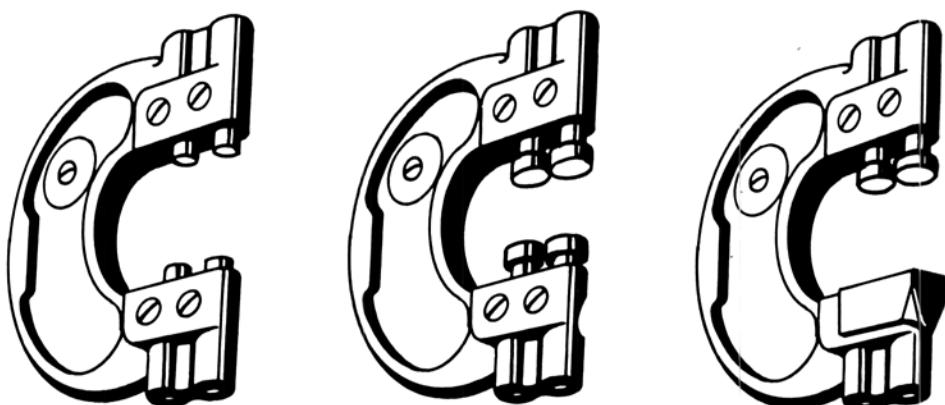


Σχ. 5.7α.

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

**Σχ. 5.7β.**

Σταθεροί ελεγκτήρες μέγιστου-ελάχιστου αξόνων.

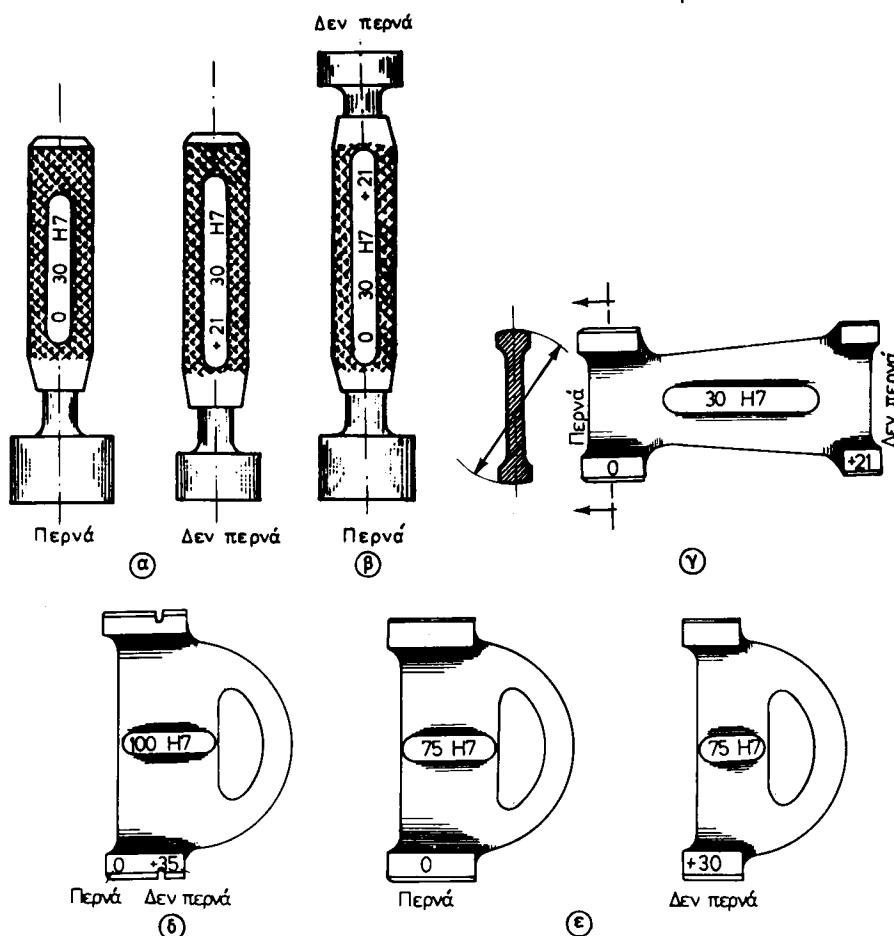
**Σχ. 5.7γ.**

Ρυθμιζόμενοι ελεγκτήρες μέγιστου-ελάχιστου αξόνων.

Οι ελεγκτήρες διακρίνονται σε **ελεγκτήρες ορίου** ή **ελεγκτήρες μέγιστου - ελάχιστου** και σε **ειδικούς ελεγκτήρες**.

Τους ελεγκτήρες ορίου τους συναντούμε συνήθως ως **σταθερούς** (σχ. 5.7α, 5.7δ), 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. 5.7γ). Στους τελευταίους ελεγκτήρες παρέχεται η δυνατότητα για ρύθμιση της ελεγχόμενης διαστάσεως μέσα σε στενά όρια.

Με τους ελεγκτήρες ορίου ελέγχομε αν μία διάσταση ενός κομματιού βρίσκεται μέσα στα καθορισμένα γι' αυτήν όρια. Και συγκεκριμένα με έναν τέτοιον ελεγκτήρα (σχ. 5.7β) μπορούμε να ελέγξουμε π.χ. αν η πραγματική διάμετρος ενός άξονα κείται ανάμεσα στις οριακές της τιμές  $A_e$  και  $A_u$ . Το ίδιο μπορούμε να κάνουμε και για την πραγματική διάμετρο ενός τρύματος. Διαλέγοντας τον κατάλληλο κατά περίπτωση ελεγκτήρα (σχ. 5.7δ), είναι δυνατό να ελέγξουμε, αν η διάμετρός του περιέχεται στο διάστημα μεταξύ των οριακών της τιμών  $B_e$  και  $B_u$ .



Σχ. 5.76.

Ελεγκτήρες ορίου τρυμάτων.

Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι με τους ελεγκτήρες ορίου δεν κάνομε μετρήσεις (δηλαδή δεν μετρούμε την ακριβή τιμή της διαστάσεως), αλλά ελέγχομε απλώς τη διάσταση. Αν η ελεγχόμενη διάσταση του κομματιού πέφτει μέσα στα επιτρεπόμενα γι' αυτή όρια, πράγμα που εξακριβώνεται, όπως θα δούμε παρακάτω, με κάποιον κατάλληλο ελεγκτήρα, τότε το κομμάτι θεωρείται *μη σκάρτο* (δηλαδή κανονικό και εμπορεύσιμο), ενώ αν η διάσταση πέφτει έξω από τα όρια αυτά, τότε το κομμάτι χαρακτηρίζεται ως *σκάρτο* (ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση).

Οι ελεγκτήρες ορίου κατασκευάζονται από χάλυβα αντοχής στη φθορά από την τριβή, γιατί προορίζονται [παράγρ. 5.7.2 (Α)] για τον έλεγχο μεγάλου αριθμού κομματιών, που παράγονται μαζικά. Επίσης πρέπει, όπως και τα πρότυπα πλακίδια, οι ελεγκτήρες να παρουσιάζουν σταθερότητα στις οριακές διαστάσεις, που υλοποιούν. Οι χαρακτηριστικές αυτές ιδιότητες των ελεγκτήρων επιτυγχάνονται με σειρά καταλλήλων θερμικών κατεργασιών του χάλυβα κατασκευής τους.

Η ακρίβεια κατασκευής των ελεγκτήρων λαμβάνεται περίπου δεκαπλάσια από την ακρίβεια κατασκευής των κομματιών, που πρόκειται να ελέγχομε με αυτούς.

Για έντονο και μακροχρόνιο έλεγχο αξόνων, οι επιφάνειες ελέγχου του ελεγκτήρα μποραύν να γίνουν και σε σκληρομέταλλο.

Οι ειδικοί ελεγκτήρες σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για άλλου είδους ελέγχους. Ως ειδικούς ελεγκτήρες μπορούμε να απαριθμήσουμε όλους τους ελεγκτήρες μορφής, τους ελεγκτήρες βάθους, συμμετρίας, επιπεδότητας, αποστάσεως ανάμεσα σε τρύπες κ.α, ακόμα και απλούς ελεγκτήρες, όπως είναι οι διαμετρητήρες τρυπανιών (MT-EI, σχ. 13.2στ), τα σπειρόμετρα (MT-EI, σχ. 16.1στ) και άλλοι, για τους οποίους θα μιλήσουμε στην παράγραφο 5.7.3.

## 5.7.2 Ελεγκτήρες ορίου ή ελεγκτήρες μέγιστου-ελάχιστου.

### A. Η αρχή εφαρμογής τους.

Οι ελεγκτήρες ορίου είναι τα κατ' εξοχήν όργανα ελέγχου των κομματιών της μαζικής παραγωγής και έχουν σημαντικά συνεισφέρει, από την αρχή της αναπτύξεως της, στην επίτευξη της εναλλαξιμότητας. Είναι απλά, γρήγορα και αξιόπιστα μέσα για τον έλεγχο οριακών διαστάσεων, όπως εξ αλλού εξηγήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο.

Βέβαια, σε ορισμένες εφαρμογές, είναι δυνατό οι ελεγκτήρες ορίου να αντικατασταθούν από κατάλληλους συγκριτές μηκών (π.χ. επιτραπέζιος συγκριτής μηκών, παράγρ. 5.4.3). Οι συγκριτές αυτοί παρουσιάζουν απέναντι στους ελεγκτήρες δύο σημαντικά πλεονεκτήματα: Το ένα είναι ότι ο έλεγχος είναι πιο αξιόπιστος, γιατί δεν εξαρτάται τόσο πολύ από τη δεξιότητα του τεχνίτη που εκτελεί τον έλεγχο, όσο κατά τον έλεγχο με ελεγκτήρες· το άλλο είναι η δυνατότητα, που μας παρέχεται από το συγκριτή μηκών, να παίρνουμε αριθμητικές τιμές των αποκλίσεων από την πρότυπη διάσταση, στην οποία τον ρυθμίζουμε.

Για να εξακριβώσουμε τώρα, αν η υπό έλεγχο διάσταση κείται ανάμεσα στις οριακές της τιμές, δηλαδή στη μέγιστη και στην ελάχιστη, χρειάζονται δύο σταθερά μήκη, που να αντιπροσωπεύουν αυτές τις δύο οριακές διαστάσεις. Το ένα από τα μήκη αυτά (η μία οριακή διάσταση) χαρακτηρίζεται ως ΠΕΡΝΑ και το άλλο (η άλλη οριακή διάσταση) ως ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ.

Η διάσταση ΠΕΡΝΑ του ελεγκτήρα είναι για μεν τον άξονα η μέγιστη  $A_{\mu}$ , για δε το τρύμα η ελάχιστη  $B_{\epsilon}$ . Αντίθετα η διάσταση ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ του ελεγκτήρα αντιστοιχεί στο ελάχιστο του άξονα  $A_{\epsilon}$  και στο μέγιστο του τρύματος  $B_{\mu}$  (σχ. 5.7α). Έτσι π.χ., αν ένας ελεγκτήρας αξόνων με οριακή διάσταση  $A_{\mu}$  (ελεγκτήρας ΠΕΡΝΑ) **δεν περάσει** από τον ελεγχόμενο άξονα, αυτό έχει την έννοια ότι ο άξονας έχει διάσταση **μεγαλύτερη** από τη μέγιστη επιτρεπτή και θα πρέπει να χαρακτηρισθεί ως σκάρτος. Αν τώρα ένας ελεγκτήρας ελάχιστου του τρύματος  $B_{\epsilon}$  (ελεγκτήρας ΠΕΡΝΑ) **δεν περάσει** από το προς έλεγχο τρύμα, τότε αυτό σημαίνει ότι το τρύμα έχει διάσταση μικρότερη από την επιτρεπόμενη ελάχιστη οριακή και συνεπώς θα πρέπει να μη γίνει αποδεκτό. Με παρόμοιο τρόπο, αν ελεγκτήρας  $A_{\epsilon}$  (ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ) **περάσει** από τον επιθεωρούμενο άξονα ή άλλος ελεγκτήρας  $B_{\mu}$  (ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ) **περάσει** από το τρύμα, τότε αυτό θα σημαίνει ότι ο άξονας έχει διάσταση μικρότερη από την οριακή  $A_{\epsilon}$  και το τρύμα μεγαλύτερη από τη μέγιστη οριακή  $B_{\mu}$ , άρα και ο άξονας και το τρύμα θα πρέπει να απορριφθούν στις αντίστοιχες περιπτώσεις.

## **B. Είδη ελεγκτήρων ορίου.**

Οι ελεγκτήρες ορίου κατατάσσονται στους **ελεγκτήρες αξόνων** (σχ. 5.7β) και στους **ελεγκτήρες τρυμάτων** (σχ. 5.7δ).

Σε κάθε ελεγκτήρα χαράσσονται **ή εγγράφονται** με κάποιο μέσο τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του στοιχεία: Η ονομαστική διάσταση που ελέγχει σε ππ, η κατηγορία και η ποιότητα κατασκευής του υπό έλεγχο κομματιού [π.χ. 30Η7, σχ. 5.7δ(γ) ή 27Η6, σχ. 5.7β(α)] και το ένα ή και τα δύο, δρια ανοχής σε μμ [π.χ. 0 ή + 21, σχ. 5.7δ(α) ή 0, -13, σχ. 5.7β(α)]. Μπορούν ακόμα να αναγραφούν ενδείξεις ως ΠΕΡΝΑ, ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ, όπως και οι ημερομηνίες των περιοδικών ελέγχων, στους οποίους υποβάλλονται.

### **1. Ελεγκτήρες αξόνων.**

Κατασκευάζονται ως σταθεροί για ονομαστικές διαμέτρους μέχρι 100 ππ είτε σε σχήμα διπλού πετάλου (αμφίπλευροι) [σχ. 5.7β(α)] είτε απλού πετάλου διπλοί (μονόπλευροι), δηλαδή με δυνατότητα ελέγχου και των δύο οριακών διαστάσεων [σχ. 5.7β(β)]. Για ονομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες από 100 ππ χρησιμοποιούνται ζεύγη από μονούς πεταλοειδείς ελεγκτήρες [σχ. 5.7β(γ)], όπου ο κάθε ελεγκτήρας ελέγχει τη μία από τις δύο οριακές διαστάσεις. Υπάρχουν ακόμα και ζεύγη από δακτυλιοειδείς ελεγκτήρες [σχ. 5.7β(δ)] που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μικρών σχετικά διαμέτρων.

Οι διπλοί ελεγκτήρες απλού πετάλου κατασκευάζονται και ως ρυθμιζόμενοι (σχ. 5.7γ) σε τρεις κυρίως μορφές, ανάλογα με το είδος των επαφών. Ρυθμίζονται με τη βοήθεια προτύπων πλακιδών ή άλλων προτύπων μηκών.

### **2. Ελεγκτήρες τρυμάτων.**

Τους απαντούμε είτε ως **κυλινδρικούς** [5.7δ(α), (β)] είτε ως **πεπλατυσμένους** [σχ. 5.7δ(γ), (δ), (ε)]. Οι κυλινδρικοί κατασκευάζονται είτε σε ζεύγη [ο κάθε ελεγκτήρας του ζεύγους ελέγχει τη μία από τις δύο οριακές διαστάσεις, σχ. 5.7δ(α)] εί-

τε ενσωματωμένοι σε ένα κομμάτι [σχ. 5.7δ(β)]. Οι πεπλατυσμένοι έχουν μόνο δύο αντιδιαμετρικά τμήματα κυλινδρικά [σχ. 5.7δ(γ)] και μπορούμε να τους συναντήσουμε ως αμφίπλευρους [σχ. 5.7δ(δ)], για ονομαστικές διαστάσεις μέχρι 100 mm, και ως μονόπλευρους [σχ. 5.7δ(ε)] η ως μονούς [σχ. 5.7δ(ε)] για μεγαλύτερες διαστάσεις.

### **Γ. Χρήση των ελεγκτήρων ορίου.**

Ο έλεγχος των κομματιών με ελεγκτήρες, παρόλο που είναι απλός και σχετικά εύκολος, εν τούτοις πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο και ευσυνείδητο πρωστικό. Ο έλεγχος χρειάζεται λεπτούς και προσεκτικούς χειρισμούς.

Υπογραμμίζομε τα ακόλουθα σημεία, που θεωρούμε χρήσιμα για την επιτυχή διεξαγωγή του ελέγχου κομματιών με ελεγκτήρες ορίου:

α) Προτού αρχίσουμε τον έλεγχο, θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι ελεγκτήρας και κομμάτια είναι απόλυτα καθαρά. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά τον έλεγχο των οπών, που έχουν γίνει με τρυπάνισμα. Πρέπει να αφαιρούμε τις παραμένουσες σκληρές ανωμαλίες μετά την κατεργασία, γιατί μπορούν να προκαλέσουν υπερβολική φθορά στον ελεγκτήρα.

β) Τον ελεγκτήρα πρέπει να τον κρατούμε πάντοτε με το χέρι μας και μάλιστα κατά τον πρέποντα, για κάθε περίπτωση ελέγχου, τρόπο (σχ. 5.7ε). Ποτέ να μην τον στερεώνουμε σε μέγγενη ή να τον κρατούμε με άλλου είδους σφιγκτήρα ή με κλειδί. Για αξιόπιστη διεξαγωγή του ελέγχου είναι αναγκαία η **αίσθηση**, που παίρνει ο τεχνίτης κρατώντας τον ελεγκτήρα με το χέρι του.

γ) Σε κυλινδρικά κομμάτια ο έλεγχος δεν γίνεται κατά μία μόνο διάμετρο, αλλά κατά τρεις τουλάχιστο διαμέτρους σε μία και την αυτή διατομή.

δ) Σε επιμήκη κομμάτια ο έλεγχος πρέπει να γίνεται σε περισσότερες θέσεις κατά μηκος του κομματιού.

ε) Σε μη κυλινδρικά κομμάτια δεν πρέπει να υπάρχει κλίση στον ελεγκτήρα [σχ. 5.7ε(β)].

στ) Σε κυλινδρικά κομμάτια καλό είναι να έρχεται σε επαφή πρώτα η μία πλευρά του ράμφους του ελεγκτήρα και κατόπιν η άλλη [σχ. 5.7ε(γ)].

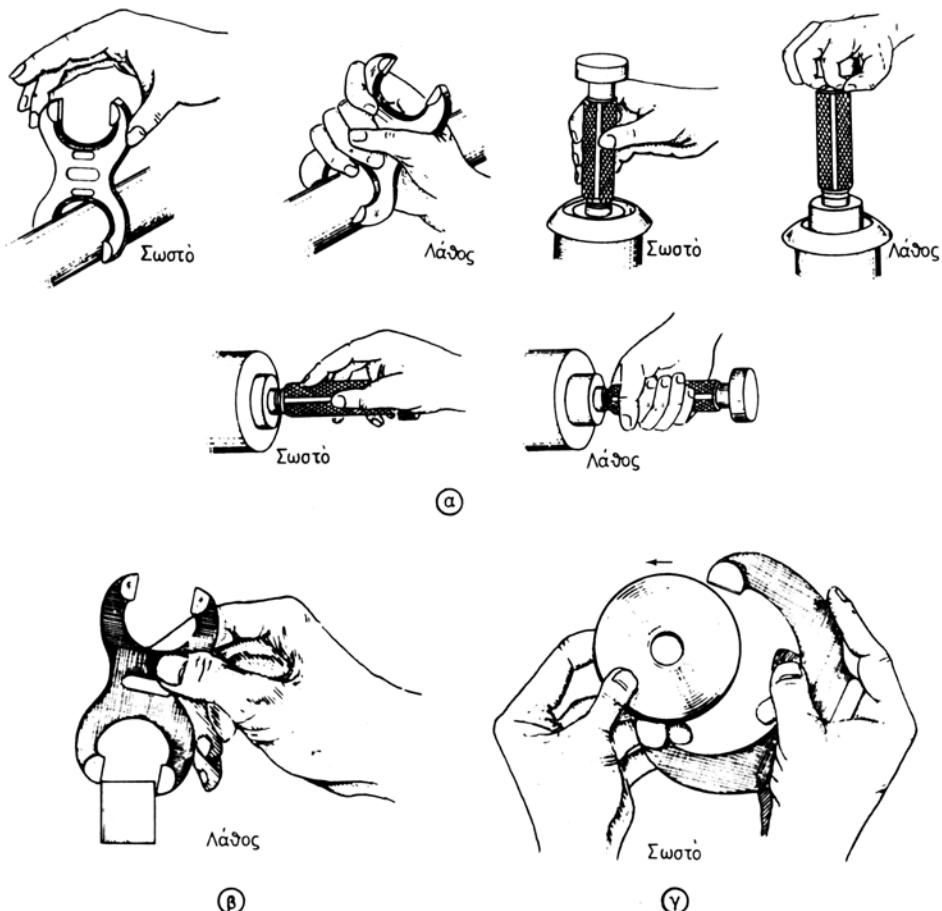
### **Δ. Φροντίδες των ελεγκτήρων.**

α) Για κάθε σειρά από ελεγκτήρες καλό θα είναι να υπάρχει ξύλινο κιβώτιο με κατάλληλες θήκες, στις οποίες να τοποθετούνται οι ελεγκτήρες μετά τη χρήση τους, αφού προηγουμένως καθαρισθούν σχολαστικά και επαλειφθούν με λεπτό στρώμα βαζελίνης χωρίς οξύτητα.

β) Κάθε ελεγκτήρας, έστω και αν δεν χρησιμοποιείται, πρέπει περιοδικά να διακριβώνεται με αντελεγκτήρα ή με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων και κατάλληλου συγκριτή μηκών.

### **5.7.3 Μερικοί χρήσιμοι απλοί ειδικοί ελεγκτήρες.**

Εκτός από τους διαμετρητήρες τρυπανιών και τα σπειρόμετρα (παράγρ. 5.7.1), υπάρχουν και άλλοι χρήσιμοι απλοί ειδικοί ελεγκτήρες, μερικούς από τους οποίους θα αναφέρουμε με συντομία παρακάτω.

**Σχ. 5.7ε.**

Χρήση των ελεγκτήρων μέγιστου-ελάχιστου.

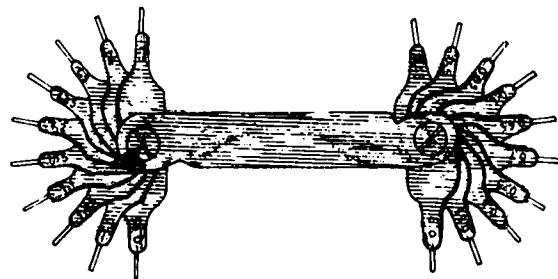
**Σχ. 5.7στ.**

Το οπόμετρο.

α) Το **οπόμετρο** (σχ. 5.7στ.). Είναι κόλουρος κώνος με προτυποποιημένη κλίση. Χρησιμοποιείται κυρίως για τη μέτρηση οπών μικρού μεγέθους. Μας δίνει μικρή ακρίβεια στις μετρήσεις.

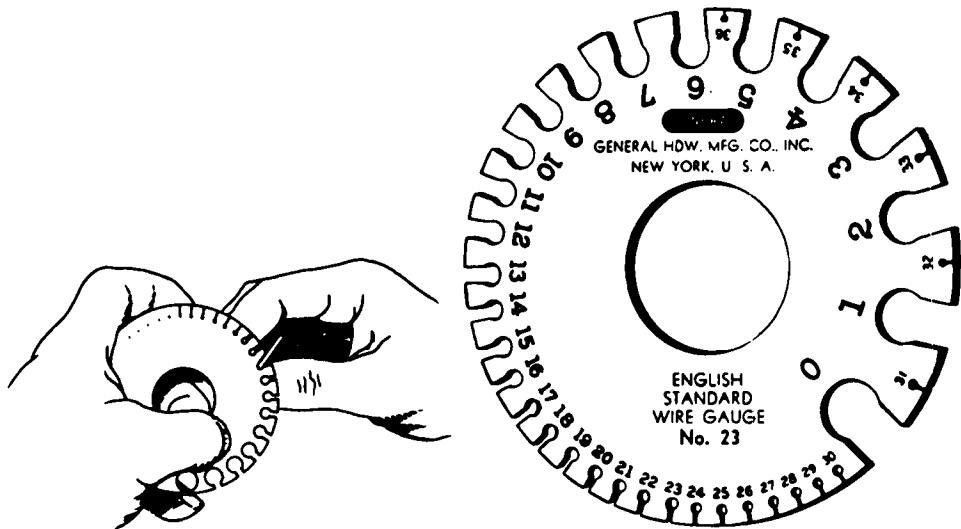
β) Οι **μετρητικές βελόνες** (σχ. 5.7ζ). Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μικρών οπών.

γ) Οι **ελεγκτήρες συρμάτων** (σχ. 5.7η). Εφαρμόζονται στον έλεγχο της διαμέτρου συρμάτων. Οι αριθμοί (από 1 έως 36) αναφέρονται στα προτυποποιημένα



Σχ. 5.7ζ.

Οι μετρητικές βελόνες.



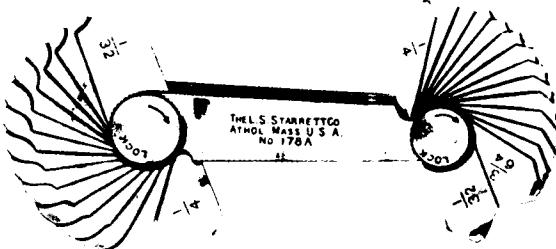
Σχ. 5.7η.

Ο ελεγκτήρας συρμάτων και ο τρόπος χρήσεώς του.

μεγέθη συρμάτων κατά το βρεταννικό σύστημα, όπως εξ άλλου αναγράφεται στον ελεγκτήρα. Υπάρχουν τέτοιοι ελεγκτήρες και για τον έλεγχο συρμάτων σύμφωνα με άλλες προδιαγραφές (π.χ. American Standard Wire κ.ά.).

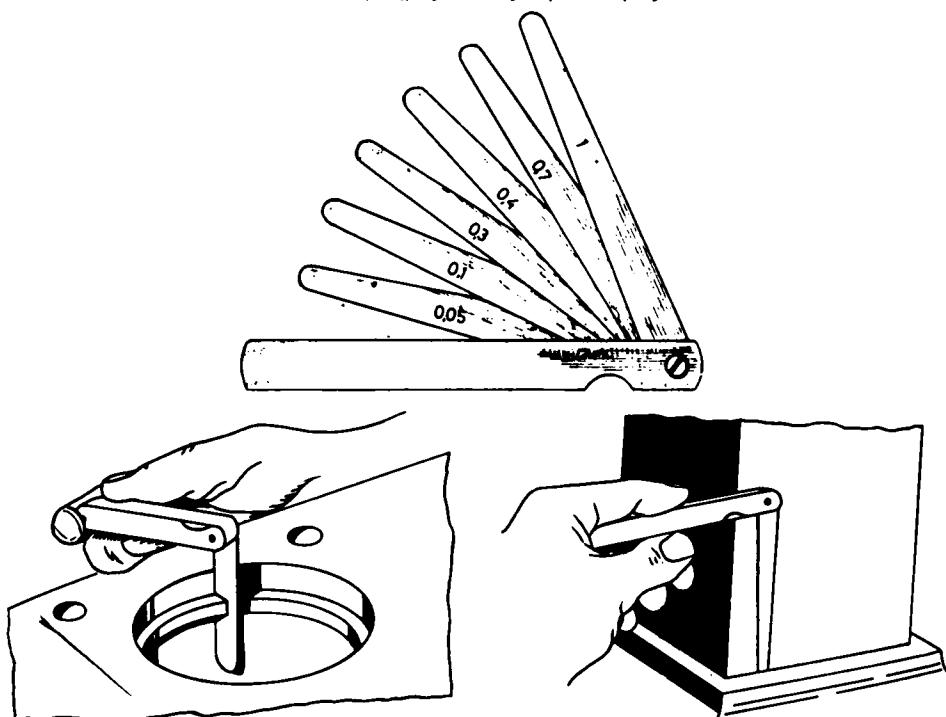
**δ) Οι ελεγκτήρες ακτίνας καμπυλότητας** (σχ. 5.7θ). Με αυτούς ελέγχομε κυρτές και κοίλες επιφάνειες. Τους συναντούμε στο έμπόριο ως μεμονωμένες λεπίδες ή με τη μορφή ριπιδίου, με ορισμένο αριθμό λεπίδων (π.χ. 15) και περιοχή ακτίνων καμπυλότητας [π.χ. από 1/32" έως 1/4", (σχ. 5.7θ)].

**ε) Οι μετρητικές λεπίδες** (φίλερ), (σχ. 5.7ι). Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο λεπτών ανοιγμάτων (π.χ. το διάκενο των ελατηρίων εμβόλων, το διάκενο μεταξύ στελέχους βαλβίδας και ωστηρίου στις μηχανές εσωτερικής καύσεως κλπ.). Διατίθενται στο έμπόριο σε σειρές από λεπτές χαλύβδινες λεπίδες σε μεταβαλλόμενα



Σχ. 5.70.

Ο ελεγκτήρας ακτίνας καμπυλότητας.



Σχ. 5.71.

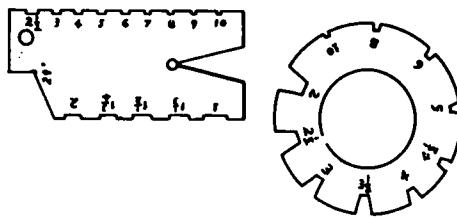
Οι μετρητικές λεπίδες ή λαμάκια (φίλλερ) και ο τρόπος χρήσεώς τους.

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

στ) Οι ελεγκτήρες για εργαλεία σπειροτομήσεως (σχ. 5.71α). Είναι ελεγκτήρες μορφής, με τους οποίους ελέγχομε τα εργαλεία για κατασκευή προτυποποιημένων σπειρωμάτων στον τόρνο.

#### 5.7.4 Ερωτήσεις.

1. Σε τι χρησιμεύουν οι ελεγκτήρες ορίου;
2. Ποια είναι η αρχή εργασίας των ελεγκτήρων ορίου;
3. Ποια είναι η διάσταση ΠΕΡΝΑ και ΔΕΝ ΠΕΡΝΑ ενός ελεγκτήρα για τον άξονα και για το τρύμα;



Σχ. 5.7α.

Ο έλεγκτήρας εργαλείων σπειροτομήσεως. Οι αριθμοί παριστάνουν το βήμα του σπειρώματος σε σπειρώματα ανά ίντσα.

4. Γιατί η διάσταση ΠΕΡΝΑ ενός τρύματος είναι η ελάχιστη οριακή διάσταση του τρύματος  $B_e$ ;
5. Πόσων ειδών έλεγκτήρες ορίου έχουμε και σε ποιες μορφές συναντούμε το κάθε έίδος;
6. Από τι υλικό κατασκευάζονται οι έλεγκτήρες και ποιες θα πρέπει να είναι οι χαρακτηριστικές τους ιδιότητες;
7. Να δώσετε τρεις χρήσιμες συμβουλές για την εκτέλεση του ελέγχου με έλεγκτήρες ορίου.
8. Να αναφέρετε τρεις, όποιους θέλετε, από τους απλούς ειδικούς έλεγκτήρες και να δώσετε στοιχεία για τις εφαρμογές τους.

## 5.8 Έλεγχος και μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας.

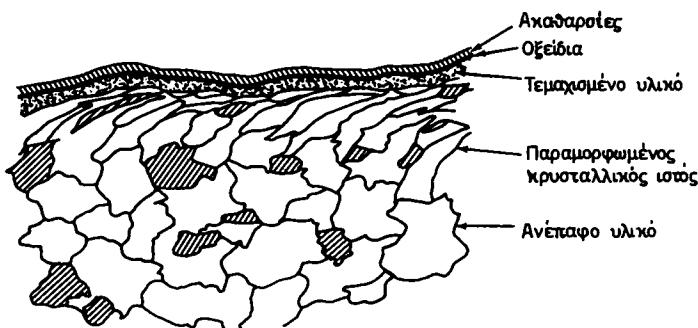
### 5.8.1 Γενικά.

Στις ποικίλες μηχανουργικές κατασκευές συναντάμε συχνά μεταλλικές επιφάνειες (τις ονομάζομε **τεχνικές επιφάνειες**) που συνεργάζονται, όπως π.χ. σε μία άτρακτο με τα έδρανά της, στο εργαλειοφορείο με τους ολισθητήρες μιας εργαλειο-μηχανής, στα ελατήρια του εμβόλου με τον κύλινδρο σε μία μηχανή εσωτερικής κινύσεως κ.ά. Η **ποιότητα** των επιφανειών αυτών συντείνει αποφασιστικά στην αποδοτική λειτουργία και στην ασφάλεια εργασίας των συναφών κομματιών.

Λέγοντας ποιότητα επιφάνειας εννοούμε στο σύνολό τους, τόσο τα γεωμετρικά όσο και τα φυσικά, χημικά και κρυσταλλογραφικά χαρακτηριστικά μιας οποιασδήποτε **κατεργασμένης επιφάνειας**. Κατεργασμένη επιφάνεια είναι εκείνη, που σχηματίζεται από το κοπτικό εργαλείο με κάποια από τις γνωστές μας κατεργασίες κοπής (παράγρ. 1.1) ή κατεργασίες διαμορφώσεως (σχ. 17.1, παράγρ. 18.1, ΜΤ-ΕΙ).

Η ποιότητα μιας κατεργασμένης επιφάνειας εξαρτάται από την κατεργασία, από την οποία προέρχεται. Η κατεργασία δεν προσδίδει μόνο τη χαρακτηριστική γεωμετρική μορφή στην επιφάνεια, αλλά επιδρά και στην επιφανειακή στοιβάδα τροχεύντας διάφορες αλλαγές στο υλικό, τις οποίες μπορούμε να αποδώσουμε σε μηχανικές επιδράσεις, σε χημικές αντιδράσεις ή σε κρυσταλλογραφικούς μετασχηματισμούς. Στο σχήμα 5.8α εικονίζεται κάθετη τομή μιας κατεργασμένης με κοπή επιφάνειας, όπου η επιρροή της κατεργασίας, πέρα από τη γεωμετρική μορφή της επιφάνειας, παρουσιάζεται εμφανής στο υλικό με τη δημιουργία επαλλήλων κατά βάθος διαφορετικής φύσεως στρωμάτων.

Η **τραχύτητα επιφάνειας**, με την οποία θα ασχοληθούμε εδώ, ανήκει στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τεχνικής επιφάνειας.

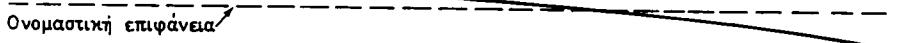


Σχ. 5.8α.

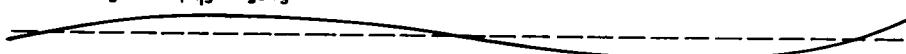
Κάθετη τομή μιας κατεργασμένης με κοπή επιφάνειας.

Μια κατεργασμένη επιφάνεια παρουσιάζει γενικά αποκλίσεις από τη θεωρητική μορφή της (ή από τη λεγόμενη **ονομαστική 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 5.8β. Εδώ ως ονο-

Αποκλίσεις πρώτης τάξεως τή αποκλίσεις μορφής:



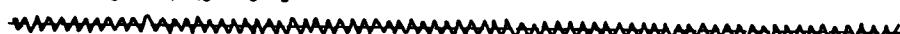
Αποκλίσεις δεύτερης τάξεως:



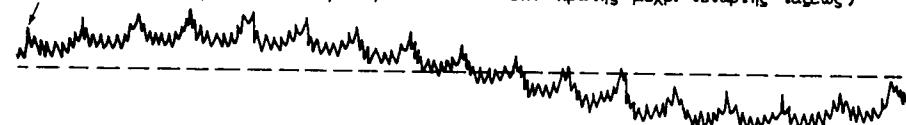
Αποκλίσεις τρίτης τάξεως:



Αποκλίσεις τέταρτης τάξεως:



Κατεργασμένη επιφάνεια (Υπέρθεση των αποκλίσεων πρώτης μέχρι τετάρτης τάξεως)



Σχ. 5.8β.

Κατηγορίες αποκλίσεων μιας κατεργασμένης επιφάνειας από την ονομαστική επιφάνεια.

μαστική επιφάνεια θεωρείται η επίπεδη επιφάνεια, τα ίδια όμως ισχύουν και για άλλες μορφές επιφάνειας από αυτές, που απαντούμε στις μηχανουργικές κατασκευές.

Θα έχομε έτσι:

— **Αποκλίσεις πρώτης τάξεως.** Είναι μακρογεωμετρικές αποκλίσεις από την ονομαστική επιφάνεια (πχ. αποκλίσεις από επιπεδότητα, παραλληλότητα, καθετότητα, κυλινδρικότητα κλπ). Τις ονομάζουμε και **αποκλίσεις μορφής**. Οφείλονται σε αφάλματα στούς ολισθητήρες της εργαλειομηχανής, σε σοβαρές παραμορφώσεις της εργαλειομηχανής, του εργαλείου ή του κομματιού, σε κακή στήριξη του κομματιού ή του εργαλείου κλπ.

— **Αποκλίσεις δεύτερης τάξεως.** Αναφέρονται στις κυματώσεις της επιφάνειας με μεγάλη σχετικά περίοδο, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε εκκεντρότητα του κομματιού ή του εργαλείου, σε ταλαντώσεις κλπ.

— **Αποκλίσεις τρίτης τάξεως.** Είναι ανωμαλίες της επιφάνειας συνήθως υπό μορφή αυλακώσεων, που οφείλονται στη μορφή των εργαλείων και στην κινηματική των κατεργασιών.

— **Αποκλίσεις τέταρτης τάξεως.** Είναι μικρογεωμετρικές ανωμαλίες της επιφάνειας, οι οποίες οφείλονται σε ατέλειες στην τρόχιση του εργαλείου, στη φθορά του εργαλείου, στην ψευδόκοψη κ.ά.

— **Αποκλίσεις πέμπτης και ανώτερης τάξεως.** Είναι ανωμαλίες της επιφάνειας, μικρογεωμετρικής βέβαια μορφής, τις οποίες μπορούμε να αποδώσουμε σε χημικές επιδράσεις, σε μεταβολές στον κρυσταλλικό ιστό του μετάλλου και σε άλλες αιτίες.

**Οι αποκλίσεις τρίτης και ανώτερης τάξεως, αναφερόμενες στη μικρομορφή της επιφάνειας, συνιστούν διπο ονομάζομε «τραχύτητα επιφάνειας».**

Τις απαιτήσεις των συγχρόνων μηχανουργικών κατασκευών σε ό,τι αφορά την τραχύτητα συναρμοζόμενων επιφανειών είναι δυνατό να τις συνοψίσουμε στα παρακάτω τρία σημεία:

α) Στον προσδιορισμό του βαθμού της τραχύτητας επιφάνειας, που απαιτείται για κάθε δοσμένη εφαρμογή.

β) Στη γνώση του βαθμού της τραχύτητας, τον οποίο μπορούν να αποδώσουν, με συμφέρον κόστος, οι χρησιμοποιούμενες στην πράξη κατεργασίες κοπής (ή διαμορφώσεως).

γ) Στην προτοποίηση χαρακτηριστικών μεγεθών της τραχύτητας, όπως και μεθόδων και συναφών οργάνων για τη μέτρηση ή τον έλεγχο των μεγεθών αυτών. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι η μηχανουργική παραγωγή έχει ανάγκη απλών και φθηνών οργάνων μετρήσεως. Αυτό όμως δυστυχώς δεν έχει μέχρι τώρα επιτευχθεί [παράγρ. 5.8.3(A)].

Η τραχύτητα των τεχνικών επιφανειών ασκεί επίδραση:

Στις συνθήκες επαφής ανάμεσα σε συναρμοζόμενες επιφάνειες (συντελεστής τριβής, χαρακτηριστικά λιπάνσεως, φθορά κλπ.).

- Στην αντοχή σε κόπωση των μετάλλων.
- Στην κατάσταση ροής ρευστών κατά μήκος τοιχωμάτων.
- Στους συντελεστές μεταδόσεως θερμότητας.
- Στην αντίσταση σε διάβρωση.
- Στην εμφάνιση κλπ.

## 5.8.2 Προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας.

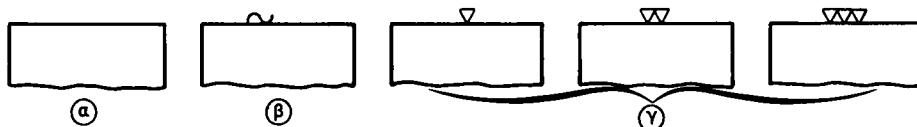
### A. Τα συστήματα προτυποποίησεως.

#### 1. Το απλό σύστημα με αναστραμμένα τρίγωνα (▽).

Είναι το πρώτο σύστημα προτυποποίησεως της τραχύτητας επιφάνειας, που αναπτύχθηκε στην Ευρώπη. Σήμερα χρησιμοποιείται ακόμα σε μερικές χώρες, ανάμεσα στις οποίες συγκαταλέγεται και η Ελλάδα.

Κατά το σύστημα αυτό (DIN 140, φύλλο 2 του έτους 1931) στο κατασκευαστικό σχέδιο, και συγκεκριμένα στις επιφάνειες, για τις οποίες επιθυμούμε χαρακτηρισμό του βαθμού της τραχύτητάς τους, αναγράφομε μόνο το γνωστό μας συμβολισμό με τα αναστραμμένα τρίγωνα (▽, ▷▽, ▷▷▽, σχ. 2.8γ), χωρίς να προβλέπεται οποιοσδήποτε τρόπος μετρήσεως της τραχύτητας.

Με νεώτερη προδιαγραφή (DIN 3141 του έτους 1960) ο συμβολισμός των αναστραμμένων τριγώνων συσχετίζεται με το αντίστοιχο επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος της τραχύτητας, όπως θα δούμε στην παράγραφο 5.8.2 (B) (3).



Σχ. 5.8γ.

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας με τα αναστραμμένα τρίγωνα: (α) Επιφάνεια που δεν έχει κατεργασθεί με κοπή. Παραμένει χωρίς σύμβολο τραχύτητας. (β) Επιφάνεια, όπως η προηγούμενη, αλλά κατεργασμένη πιο επιμελέμενα. (γ) Επιφάνειες κατεργασμένες με κοπή και με τραχύτητα επιφάνειας, που καλυτερεύει καθώς πηγαίνομε από το σύμβολο ▽ στο ▷▷▽.

#### 2. Το σύστημα Κεντρικής Γραμμής ή σύστημα «M».

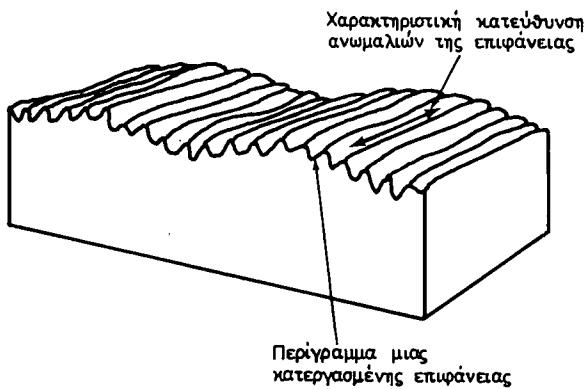
Πριν να μιλήσουμε για το σύστημα αυτό, όπως και για το επόμενο, θεωρούμε σκόπιμο να δώσουμε τους εξής τρεις ορισμούς:

**– Περίγραμμα επιφάνειας.** Είναι η μορφή, την οποία μας παρουσιάζει μια καθορισμένη τομή της θεωρούμενης επιφάνειας με ένα κάθετο προς αυτήν επίπεδο.

**– Ονομαστικό περίγραμμα επιφάνειας.** Είναι το θεωρητικό περίγραμμα της επιφάνειας χωρίς τις διάφορες ανωμαλίες (μακρογεωμετρικές ή μικρογεωμετρικές, παράγρ. 5.8.1).

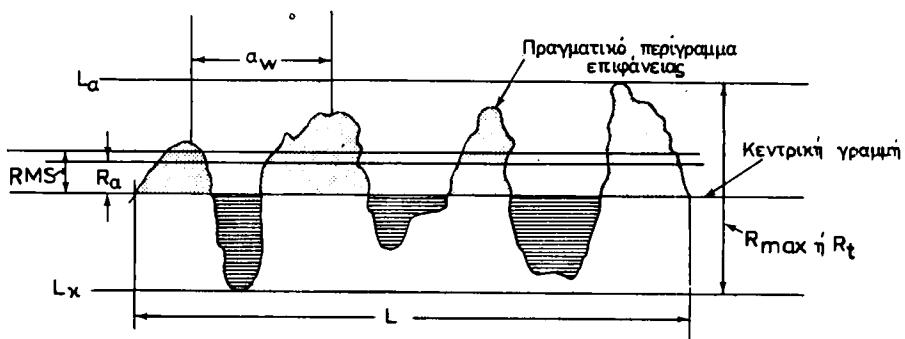
**– Πραγματικό περίγραμμα επιφάνειας** (σχ. 5.8ε). Είναι παράσταση του περιγράμματος της κατεργασμένης επιφάνειας, όπως μας το αποδίδουν διάφορα όργανα [π.χ. το καταγραφικό ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο, παράγρ. 5.8.3(B)]

Και τα δύο, δηλαδή το πραγματικό και το ονομαστικό περίγραμμα, τα παίρνομε σε επίπεδο κάθετο προς την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών της επιφάνειας (σχ. 5.8δ). Οι ανωμαλίες αυτές, για τις κατεργασίες κοπής, είναι τα ίχνη του κοπτικού εργαλείου επάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια. Το πραγματικό (και το ονομαστικό) π.χ. περίγραμμα μιας κυλινδρικής επιφάνειας κατεργασμένης με



Σχ. 5.8δ.

Η υφή μιας επιφάνειας κατεργασμένης με κοπή.



Σχ. 5.8ε.

Χαρακτηριστικά στοιχεία της τραχύτητας επιφάνειας κατά το σύστημα Κεντρικής Γραμμής (M).

τόρνευση λαμβάνεται σε ένα επίπεδο, που να περιέχει τον άξονα του κομματιού.

Παρακάτω θα μιλήσομε για το σύστημα Κεντρικής Γραμμής και θα ορίσομε τα σχετικά βασικά μεγέθη της τραχύτητας επιφάνειας.

Κατά το σύστημα αυτό σύρομε (σχ. 5.8ε) στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας την καλούμενη **κεντρική γραμμή** έτσι, ώστε η γραμμή αυτή να ισομοιράζει τα επάνω και κάτω της εμβαδά (τα περιεχόμενα ανάμεσα στο πραγματικό περίγραμμα και στην κεντρική γραμμή), μέσα όμως σε καθορισμένο μήκος  $L$ , το οποίο καλούμε **δειγματοληπτικό μήκος**. Η κεντρική αυτή γραμμή, στα τραχύμετρα με στυλίσκο, που μετρούν την τραχύτητα σύμφωνα με το σύστημα τούτο, υλοποιείται μηχανικά με ένα ειδικό πέδιλο [σχ. 5.8ιδ(α)].

Παράλληλα τώρα προς την κεντρική γραμμή, φέρονται δύο ευθείες αναφοράς, από τις οποίες η ανώτερη  $L_a$  εφάπτεται στην ψηλότερη μέσα στο δειγματοληπτικό μήκος κορυφή, ενώ η κατώτερη  $L_k$  εφάπτεται στη βαθύτερη εσοχή.

Για να καθορισθεί με πληρότητα η γεωμετρική μορφή μιας επιφάνειας, οπως μας την παρουσιάζει το πραγματικό περίγραμμά της, χρειάζονται πολλά μεγέθη,

που 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 ακόμα 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 αμέσως παρακάτω, τα οποία, συνδυαζόμενα και με το είδος της κατεργασίας από την οποία προέρχεται η επιφάνεια, θεωρούνται ικανοποιητικά στην πράξη για το χαρακτηρισμό της τραχύτητας τεχνικών επιφανειών.

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

**α) Το 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 μιλήσομε για τα ταχύμετρα που μετρούν βάσει του συστήματος αυτού, ότι το μέσο ύψος  $R_a$  δίνεται κατ' ευθείαν από το όργανο σε ενδεικτική πλάκα.

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

**γ) Το ενδεικνύμενο 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, οπότε αντικαταστάθηκε από το μέσο ύψος της  $R_a$ .

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

### 3. Το 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 ευθύς αμέσως.

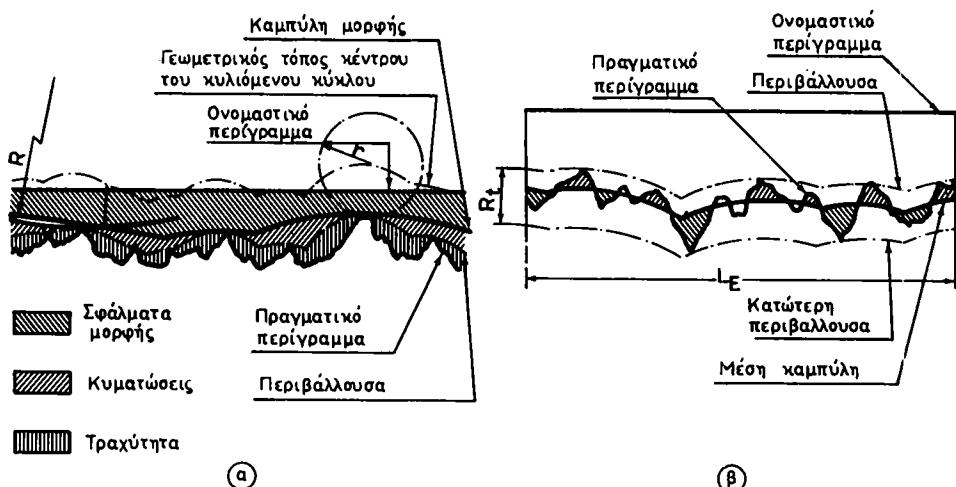
Ένας κύκλος [σχ. 5.8στ(α)] με ακτίνα  $R = 250$  mm κυλίεται επάνω στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας με κατεύθυνση συνήθως κάθετη προς τις χαρακτηριστικές της ανωμαλίες. Ο γεωμετρικός τόπος του κέντρου του κυλιόμενου αυτού κύκλου, αν μεταφερθεί παράλληλα στον εαυτό του στο επίπεδο του πραγματικού 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) κυλίεται και αυτός ε-

πάνω στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας. Ο γεωμετρικός τόπος, τον οποίο διαγράφει το κέντρο του κύκλου αυτού παράλληλα μετατιθέμενος, όπως και προηγουμένως, ώστε να εφάπτεται στα ανώτερα επάρματα του περιγράμματος, μας δίνει ό,τι ονομάζουμε **περιβάλλουσα** της επιφάνειας.

Με το σύστημα αυτό των δύο κυλιομένων κύκλων, με διαφορετικές όμως ακτίνες (η μεγαλύτερη είναι δεκαπλάσιο της μικρότερης), μπορούμε εύκολα να διχωρίσουμε τις διάφορες αποκλίσεις της πραγματικής επιφάνειας από την ονομαστική επιφάνεια (σχ. 5.8α). Έτσι λοιπόν [σχ. 5.8στ(α)] ανάμεσα στο ονομαστικό περίγραμμα και στην καμπύλη μορφής της επιφάνειας διακρίνομε σφάλμα μορφής (αποκλίσεις πρώτης τάξεως) μεταξύ καμπύλης μορφής και περιβάλλουσας κείνται κυματώσεις (αποκλίσεις δεύτερης τάξεως), ενώ ανάμεσα στην περιβάλλουσα καί στο πραγματικό περίγραμμα συναντούμε την τραχύτητα (αποκλίσεις τρίτης και ανώτερης τάξεως).

Εάν τώρα η περιβάλλουσα μετατεθεί παράλληλα προς τον εαυτό της, στο επίπεδο του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας, είναι δυνατό να πάρει τη θέση της **μέσης καμπύλης** [σχ. 5.8στ(β)]. Η θέση αυτή καθορίζεται, όπως και η θέση της κεντρικής γραμμής [παράγρ. 5.8.2(Α)(2)], με βάση την ισότητα των επάνω και κάτω από τη μέση καμπύλη και μέχρι το πραγματικό περίγραμμα εμβαδών, μέσα σε καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος  $L_E$ . Με προς τα κάτω ακόμα παράλληλη μετάθεση της περιβάλλουσας, ώστε αυτή να εφάπτεται στις βαθύτερες εσοχές του περιγράμματος, λαμβάνομε την καλούμενη **κατώτερη περιβάλλουσα**.

Και κατά το σύστημα περιβάλλουσας μπορούμε να ορίσουμε χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας παρόμοια με εκείνα, που ορίσαμε σύμφωνα με το σύστημα Κεντρικής Γραμμής αντιστοιχίζοντας τη μέση καμπύλη, την περιβάλλουσα και την κατώτερη περιβάλλουσα του συστήματος «Ε» με την κεντρική γραμμή, την ανώτερη και την κατώτερη γραμμή αναφοράς [σχ. 5.8στ(β), 5.8ε] του συστήματος «Μ».



**Σχ. 5.8στ.**

Χαρακτηριστικά στοιχεία της τραχύτητας επιφάνειας κατά το σύστημα περιβάλλουσας (Ε).

## B. Βασικές εθνικές προδιαγραφές για την τραχύτητα επιφάνειας.

### 1. Η βρετανική προδιαγραφή BS 1134:1961.

Βασίζεται στο σύστημα «M» και προτυποποιεί ένα μόνο μέγεθος της τραχύτητας, το μέσο της ύψους  $R_a$  [παράγρ. 5.8.2(A)(2)] ή την τιμή CLA (από τα αρχικά των λέξεων Centre Line Average, που σημαίνουν «μέσος κεντρικής γραμμής»), που μετρείται σε μικροίντσες ( $\mu$ ). Είναι μια πολύ απλή και πρακτική προδιαγραφή.

Οι προτυποποιούμενες τιμές του μέσου ύψους της τραχύτητας κυμαίνονται από  $1\mu$ '' έως  $1000\mu$ '' με τις ακόλουθες διαβαθμίσεις:

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

Η μέτρηση της τραχύτητας προβλέπεται να γίνεται με τη βοήθεια τραχυμέτρου με στυλίσκο [παράγρ. 5.8.3(B)] και γι' αυτό η προδιαγραφή αυτή προτυποποιεί τις ακόλουθες τιμές του μήκους κύματος αποκοπής του οργάνου:

0,003 0,01 0,03 0,10 0,30 1,00 [ $\mu$ ]

Η τιμή  $0,03\mu$  του μήκους κύματος αποκοπής συνιστάται για μετρήσεις σε σχετικά λείες επιφάνειες.

Η τραχύτητα επιφάνειας συμβολίζεται στα κατασκευαστικά σχέδια σύμφωνα με την προδιαγραφή BS 1134 ως εξής:



Στο σύμβολο αναγράφονται βασικά το μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο ύψος της τραχύτητας  $R_a$  (π.χ.  $16\mu$ ''), η τιμή του μήκους κύματος αποκοπής που συνιστάται (π.χ.  $0,03\mu$ ) και το αρχικό γράμμα της κατεργασίας (π.χ. G για τη λείανση από το Grinding, T για την τόρνευση από το Turning κλπ), η οποία ενδείκνυται κατά περίπτωσή.

Για το συμβολισμό της τραχύτητας σε άλλες περιπτώσεις, εκτός από το μηχανολογικό σχέδιο (π.χ. στις προδιαγραφές), το πρότυπο αυτό προβλέπει τους παρακάτω τρόπους, που ο καθένας τους παρέχεται με ένα αντίστοιχο παράδειγμα:

a) 16CLA: Η επιφάνεια με μέσο ύψος της τραχύτητας μικρότερο ή ίσο προς  $16\mu$ '' είναι παραδεκτή.

β)  $16\mu$  ή 8- $16\mu$ : Το μέσο ύψος της ταχύτητας θα πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα σε  $8\mu$ '' και  $16\mu$ ''.

γ) 8CLA (0,01): Όπως στο (a), με την ένδειξη όμως ότι ο αριθμός μέσα στην παρένθεση δηλώνει τη συνιστώμενη τιμή του μήκους κύματος αποκοπής του τραχυμέτρου, με το οποίο θα γίνει η μέτρηση, αν είναι διαφορετική από την τιμή  $0,03\mu$ . Στην περίπτωση που η τιμή αυτή είναι  $0,03\mu$  παραλείπεται.

### 2. Το αμερικανικό πρότυπο ASA B46.1-1962. ASA από τα αρχικά των λέξεων American Standards Association.

Προσπάθειες για την προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας στις ΗΠΑ άρχισαν από το 1932 και από τότε δημοσιεύθηκαν σχετικές προδιαγραφές κατά τα έτη 1940, 1947, 1952, 1955 με τελευταία προδιαγραφή την B46.1 του 1962.

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

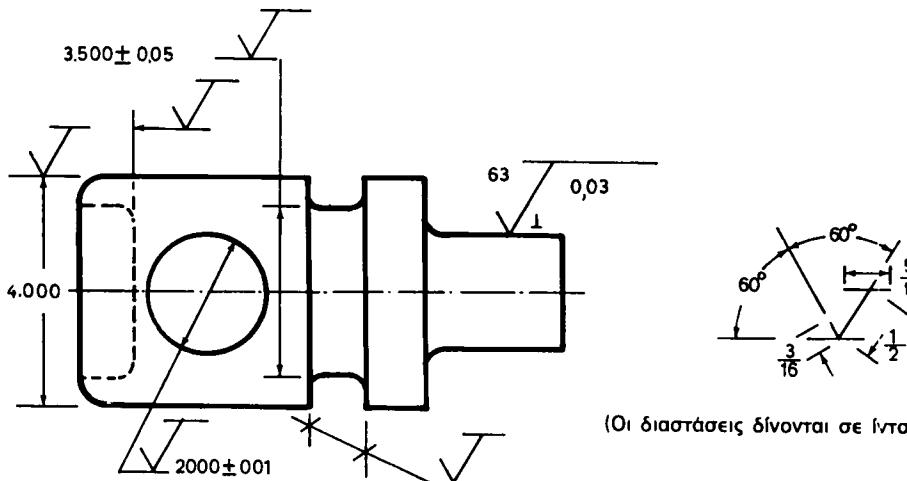
Και το πρότυπο αυτό, όπως και το βρεταννικό, που προηγουμένως αναπτύξαμε, βασίζεται στο σύτημα Κεντρικής Γραμμής. Υιοθετεί το μέσο ύψος της τραχύτητας  $R_a$ , το οποίο συμβολίζει ως AA (από τα αρχικά των λέξεων Arithmetic Average, που σημαίνει «αριθμητικός μέσος»).

Προβλέπει τις ακόλουθες τιμές του μέσου ύψους της τραχύτητας σε μικροίντες ( $\mu$ ):

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

Η παράσταση της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο γίνεται με το σύμβολο  $\sqrt{\phantom{x}}$ , που μπορούμε να το σχεδιάσουμε είτε επάνω στη γραμμή, η οποία παριστάνει τη θεωρούμενη επιφάνεια στο σχέδιο (σχ. 5.8ζ) είτε έξω από τη γραμ-



Σχ. 5.8ζ

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

μη, σε συνδυασμό δύο πάντοτε με κάποιο βέλος που να τη δείχνει.

Στο σχήμα 5.8η παραθέτομε μερικά παραδείγματα σχετικά με το συμβολισμό της τραχύτητας στα μηχανολογικά σχέδια, σύμφωνα με την εξεταζόμενη αμερικανική προδιαγραφή.

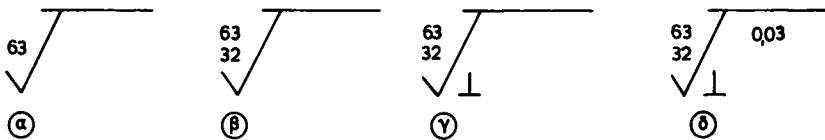
Παρακάτω δίνομε χρήσιμες επεξηγήσεις για τους συμβολισμούς αυτούς της τραχύτητας.

α) Αναγράφομε το τυποποιημένο μέσο ύψος της τραχύτητας. Κάθε τιμή ίση με αυτό ή μικρότερή του είναι παραδεκτή.

β) Το επιθυμητό μέσο ύψος της τραχύτητας είναι δυνατό να κυμαίνεται ανάμεσα στα αναγραφόμενα όρια (ανώτερο και κατώτερο).

γ) Όπως στο (β) με την προσθήκη του συμβόλου  $\perp$  που σημαίνει ότι η μέτρηση πρέπει να γίνει κάθετα προς την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών της κατεργασμένης επιφάνειας (για μέτρηση παράλληλη προς εκείνη των χαρακτηριστικών ανωμαλιών χρησιμοποιείται το σύμβολο II).

δ) Όπως στο (γ) με επιπρόσθετη αναγραφή του μήκους κύματος αποκοπής (0,03").



Σχ. 5.8η.

Μερικά παραδείγματα συμβολισμού της τραχύτητας επιφάνειας κατά το αμερικανικό σύστημα.

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι ο συμβολισμός για την τελευταία περίπτωση, δηλαδή τη (δ), μας λέγει τα εξής:

Το μέσο ύψος της τραχύτητας, που θα πρέπει να μετρηθεί κάθετα προς την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών της επιφάνειας με τη βοήθεια τραχυμέτρου με στυλίσκο (κατά το σύστημα «M») ρυθμισμένου σε μήκος κύματος αποκοπής 0,03", οφείλει να κυμαίνεται μέσα στην περιοχή από 32μ" μέχρι 63μ".

### 3. Οι γερμανικές προδιαγραφές.

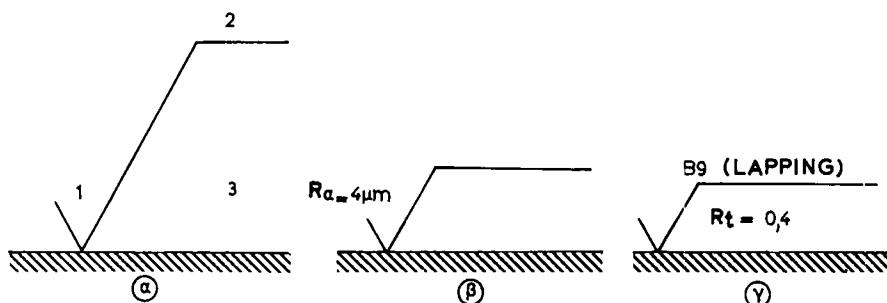
Η προδιαγραφή DIN 4760 (του 1960) αναφέρεται σε θεμελιώδεις ορισμούς σχετικά με τη γεωμετρία της κατεργασμένης επιφάνειας και η προδιαγραφή DIN 4762 (του 1960) εισάγει το σύστημα περιβάλλουσας και δίνει ορισμούς για χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας επιφάνειας.

Το πρότυπο DIN 4763 προτυποποιεί τιμές για το μέγιστο ύψος της τραχύτητας  $R_t$  [σχ. 5.8στ(β)] από 0,04 μμ έως 2500 μμ και για το μέσο της ύψος  $R_a$  από 0,05 μμ μέχρι 250μμ. Οι προβλεπόμενες αυτές τιμές για την  $R_t$  και  $R_a$  ακολουθούν γεωμετρική πρόσοδο με λόγο 1.6.

Σχετικά με την παράσταση της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο, από το ένα μέρος το DIN 3141 χρησιμοποιεί τα γνωστά αναστραμμένα τρίγωνα [παράγρ. 5.8.2Α(1)] συσχετίζοντάς τα δύο με το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος της τραχύτητας  $T_t$  (για τέσσερις σειρές βαθμού τραχύτητας, Πίνακας 5.8.1) και από το άλλο σύμφωνα με το DIN 3142 προβλέπεται το σύμβολο που βλέπομε στο σχήμα 5.8θ.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8.1****Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας σύμφωνα με το DIN 3141**

Συμβολισμός	Επιτρεπόμενη μέγιστη τιμή της τραχύτητας $R_t$ σε μμ			
	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. 5.80.**

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο κατά τη γερμανική προδιαγραφή DIN 3142: (a) 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. (b) Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της τραχύτητας είναι 4 μμ. (γ) Επιφάνεια κατεργασμένη με λάπτη (είναι μία κατεργασία συναφής με τη λείαση, που δίνει όμως μεγαλύτερη ακρίβεια και καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας) με επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος τραχύτητας 0,4 μμ.

**4. Η προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποίησεως, 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:

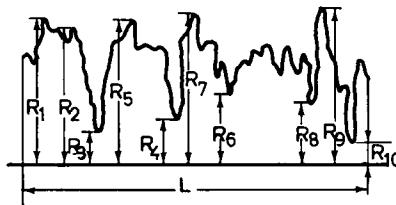
α) Το μέσο ύψος της τραχύτητας  $R_a$  απαράλλακτο με τις τιμές CLA (βρετανική προτυποίση) και AA (αμερικανική προτυποίση).

β) Το μέγιστο ύψος της τραχύτητας  $R_{max}$  [παράγρ. 5.8.1 (A) (2)] και

γ) το με τη βαθύτεια δέκα σημείων υπολογιζόμενο ύψος τραχύτητας  $R_z$  (σχ. 5.8i) σύμφωνα με τη σχέση:

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

Το ύψος δηλαδή αυτό της τραχύτητας δίνεται ως η μέση διαφορά ανάμεσα στις αποστάσεις των πέντε υψηλοτέρων κορυφών και των πέντε βαθυτέρων εσοχών του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας (μέσα πάντοτε στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος) από μια γραμμή αναφοράς παράλληλη προς την κεντρική γραμμή του περιγράμματος.



**Σχ. 5.8i.**

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

Για το  $R_a$  προβλέπονται τιμές στην περιοχή από 0,008μμ μέχρι 100μμ και για το  $R_z$  οι προτυποιούμενες τιμές κυμαίνονται από 0,040μμ έως 400μμ με λόγο γεωμετρικής πρόσδοσης 1,25, ο οποίος είναι δυνατό για εθνικά πρότυπα χωρών μελών του ISO να ληφθεί και ως 1,6.

Το μήκος κύματος αποκοπής του τραχυμέτρου λαμβάνεται ως:

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

## 5. Η ελληνική προδιαγραφή ENO/1065(1973).

Συμπίπτει με την προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποιήσεως ISO/R468.

### 5.8.3 Όργανα για τη μέτρηση και τον έλεγχο της τραχύτητας.

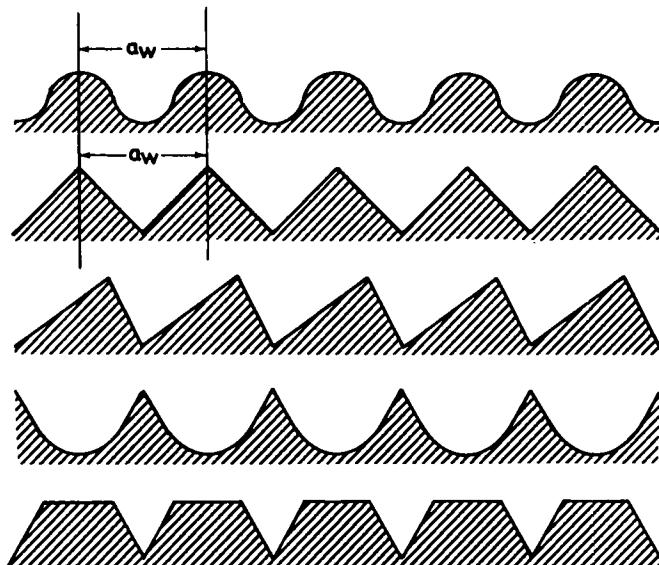
#### A. Γενικά.

Το πρόβλημα της μετρήσεως και του ελέγχου γενικά της τραχύτητας επιφάνειας, όπως το αντιμετωπίζομε σήμερα στο μηχανουργείο, στηρίζεται στις εξής δύο βασικές απαιτήσεις:

α) Στην εκλογή, αν αυτό είναι δυνατό, ενός μόνου μεγέθους της τραχύτητας, που να είναι αντιπροσωπευτικό, να είναι προτυποποιημένο και να μπορεί να μετρηθεί εύκολα και

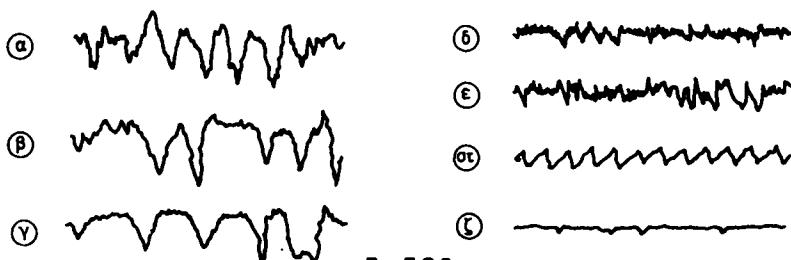
β) στο χαμηλό κόστος κτήσεως του οργάνου ή μέσου για τη μέτρηση ή τον έλεγχο της τραχύτητας και μάλιστα, αν μπορεί αυτό να γίνει, σε ύψος κόστους των συνθησιμένων οργάνων για τη μέτρηση διαστάσεων.

Και ως προς την πρώτη απαίτηση έχει γίνει παραδεκτό και έχει συμφωνηθεί πλέον, τόσο από τους ασχολούμενους με το θέμα της τραχύτητας επιστήμονες και τεχνολόγους, όσο και από Οργανισμούς Προτυποποίησεως [παράγρ. 5.8.2(B)] ότι **το μέσο ύψος της τραχύτητας  $R_a$  είναι το ενδεδειγμένο για εκλογή χαρακτηριστικό μέγεθος, με αναφορά δημιας απαραιτήτως και του είδους της κατεργασίας κοπής, που θα χρησιμοποιηθεί για το σχηματισμό μιας επιφάνειας.** Και αυτό είναι ανάγκη να γίνει, γιατί είναι δυνατό πραγματικά περιγράμματα επιφανειών να έχουν εντελώς διαφορετική μορφή, ενώ παρουσιάζουν το ίδιο μέσο ύψος  $R_a$  και βήμα  $a_w$  τραχύτητας (σχ. 2.8ια) και πρέπει από τώρα να γνωρίσουμε οτι κάθε κατεργασία κοπής αποδίδει χαρακτηριστική μορφή επιφάνειας (σχ. 5.8ιβ).



Σχ. 5.8ια.

Πραγματικά περιγράμματα επιφανειών με το ίδιο μέσο ύψος και βήμα τραχύτητας έχουν διαφορετικό σχήμα.



Σχ. 5.8ιβ.

Μορφές πραγματικού περιγράμματος επιφανειών, που έχουν παραχθεί με διάφορες κατεργασίες κοπής: (α,β) Τελική κατεργασία με τόρνευση. (γ) Τελική κατεργασία με φραιζάρισμα. (δ) Λείανση. (ε) Γλύφανση. (στ) Τόρνευση με εργαλείο από διαμάντι. (ζ) Λάπτιγκ.

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

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

Μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες: Στα 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 πάρομε το πραγματικό περιγράμμα 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 ευρύτατη κλίμακα και με τα οποία θα ασχοληθούμε αμέσως παρακάτω.

Στα όργανα για ποιοτικές συγκρίσεις ανήκουν ορισμένα ειδικά μικροσκόπια ή και απλά μεταλλογραφικά ακόμα μικροσκόπια. Ως μέσο για ποιοτικές συγκρίσεις αναφέρομε τα πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως, για τα οποία θα μιλήσουμε συνοπτικά στην παράγραφο 5.8.3(B).

## B. Το τραχύμετρο με στυλίσκο.

Το πιο αντιπροσωπευτικό και σύγχρονο στατικό τραχύμετρο με στυλίσκο είναι αυτό, που εικονίζεται στο σχήμα 5.8ιγ.

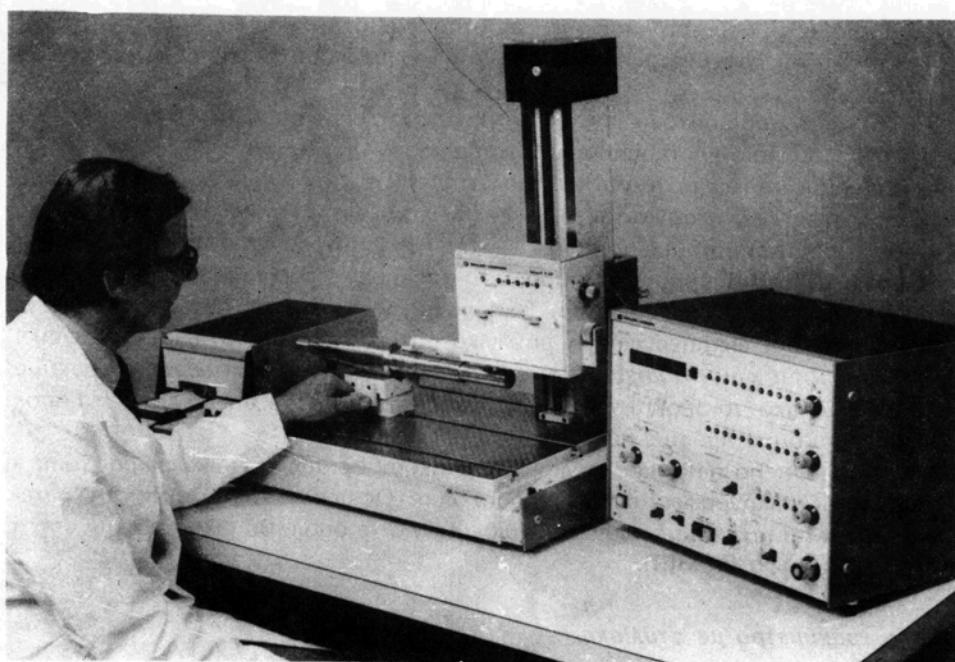
Η αρχή λειτουργίας του τραχυμέτρου αυτού είναι η ακόλουθη:

Ένας στυλίσκος A [σχ. 5.8ιδ(α)] με αδαμάντινη ακή διατρέχει με σταθερή ταχύτητα κατά ορισμένο μήκος την επιφάνεια, της οποίας θέλομε να μετρήσουμε την τραχύτητα. Οι μετακινήσεις του στυλίσκου, που προκαλούνται εξ αιτίας των ανωμαλιών της επιφάνειας, μετατρέπονται κατάλληλα (π.χ. με μετακίνηση του μοχλού του στυλίσκου μέσα στο πηνίο B) σε μεταβολές εντάσεως (ή τάσεως) ρεύματος. Οι μεταβολές αυτές ηλεκτρονικά ενισχυόμενες και καταγραφόμενες παρουσιάζονται ως αποκλίσεις του πραγματικού περιγράμματος από την κεντρική γραμμή.

Η κεντρική γραμμή στα όργανα αυτά δημιουργείται από ένα ειδικό πέδιλο Γ, το οποίο, τοποθετούμενο μπροστά από το στυλίσκο, ολισθαίνει επάνω στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της μετρήσεως.

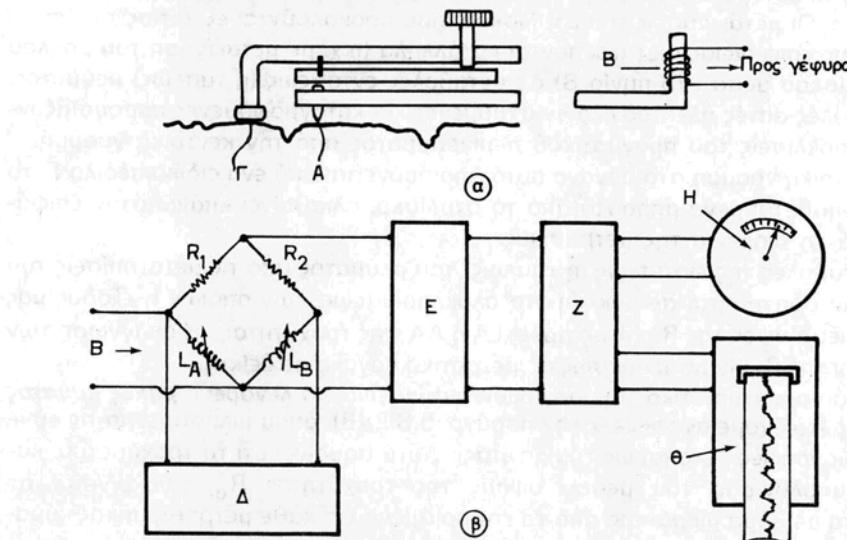
Οι μεταβολές της εντάσεως (ή τάσεως) του ρεύματος από τις μετατοπίσεις του στυλίσκου οδηγούνται σε κυκλώματα ολοκληρώσεως, των οποίων η έξοδος μας δίνει το μέσο ύψος της  $R_a$  (ή τις τιμές) LA ή AA της τραχύτητας. Η ανάγνωση των ενδείξεων της  $R_a$  γίνονται αμέσως σε μετρητικό όργανο με δείκτη.

Βασικό χαρακτηριστικό των οργάνων αυτών είναι το λεγόμενο **μήκος κύματος αποκοπής** [το έχομε αναφέρει στην παράγρ. 5.8.2 (B), όπου μιλήσαμε για τις εθνικές προδιαγραφές μετρήσεως τραχύτητας]. Αυτό σημαίνει ότι το τραχύμετρο, κατά τον υπολογισμό του μέσου ύψους της τραχύτητας  $R_a$ , αποκρίνεται σε τραχύτητα με βήμα μικρότερο από το καθορισμένο για κάθε μέτρηση μήκος κύματος αποκοπής. Για να μπορούμε συνεπώς να συγκρίνομε μεταξύ τους μετρήσεις τραχύτητας, θα πρέπει όλες να γίνονται με το τραχύμετρο ρυθμισμένο στο ίδιο μήκος κύματος αποκοπής.



Σχ. 5.8ιγ.

Το σύγχρονο τραχύμετρο με στυλίσκο TalySurf 5 του Εργοστασίου Taylor-Hobson. Μετρά τα μεγέθη της τραχύτητας  $R_a$ ,  $R_{max}$ ,  $R_z$  και πολλά άλλα. Το καταγραφικό του επιτυγχάνει κατακόρυφες μεγεθύνσεις από  $\times 100$  μέχρι  $\times 200.000$ . Η περιοχή μετρήσεως του  $R_a$  κυμαίνεται από 0,025 μμ μέχρι 50 μμ και του  $R_{max}$  καί  $R_z$  από 0,25 μμ ως 500 μμ.



Σχ. 5.8ιδ.

(a) Η αρχή ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο. (β) Μπλοκ διάγραμμα ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο. Α στυλίσκος, Β πηνίο, Γ πέδιλο, Δ ταλαντωτής, Ε ενισχυτής, Ζ αποδιαμορφωτής, Η όργανο μετρήσεως μέσου ύψους  $R_a$ , Θ καταγραφικό,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L_A$ ,  $L_B$ , γέφυρα.

Στο σχήμα 5.8ιδ(β) βλέπομε το «μπλοκ» διάγραμμα ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο.

Το τραχύμετρο αυτό το συναντούμε και ως φορητό για εύκολη χρήση στην παραγωγή (σχ. 5.8ιε).



**Σχ. 5.8ιε.**

Σύγχρονο φορητό τραχύμετρο.

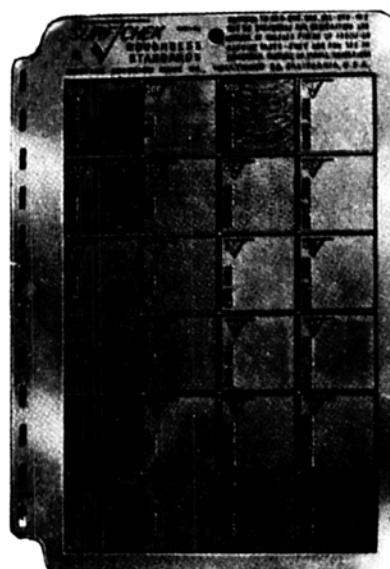
### **Γ. Τα πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως (σχ. 2.8ιστ).**

Τα πρωτότυπα δοκίμια συγκρίσεως είναι πρότυπες επιφάνειες με γνωστό μέσο ύψος τραχύτητας. Τέτοια δοκίμια προβλέπονται από τις διάφορες προδιαγραφές (π.χ. την προδιαγραφή BS 2634 του 1960, ASA 46.1-1962) και τα απαντούμε σε σειρές για ορισμένη κατεργασία (π.χ. για τόρνευση, φραιζάρισμα, λείανση κ.ά.).

Ο έλεγχος της προς επιθεώρηση επιφάνειας γίνεται με την αφή (το άκρο του δακτύλου, του νυχιού ή μιας ακίδας) σε σύγκριση βέβαια με την πρότυπη επιφάνεια, που υλοποιείται στο αντίστοιχο δοκίμιο συγκρίσεως.

#### **5.8.4 Ερωτήσεις.**

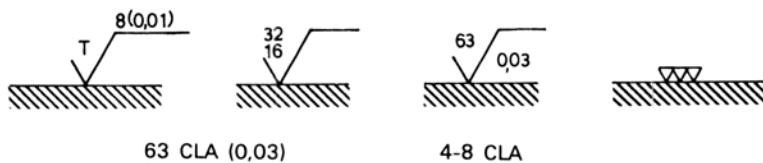
1. Τι ονομάζομε **τεχνικές επιφάνειες** στις διάφορες μηχανουργικές κατασκευές;
2. Τι εννοούμε λέγοντας **ποιότητα επιφάνειας** και τι **τραχύτητα επιφάνειας**;
3. Ποιες είναι οι απαιτήσεις της σύγχρονης μηχανουργικής βιομηχανίας σε ό,τι αφορά την τραχύτητα επιφάνειας;
4. Ποια είναι η σημασία της τραχύτητας επιφάνειας τεχνικών επιφανειών, πού συνεργάζονται;
5. Να περιγράψετε συνοπτικά το σύστημα Κεντρικής γραμμής για τη μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας.
6. Πώς ορίζεται το μέσο ύψος της τραχύτητας  $R_a$  στο σύστημα Κεντρικής γραμμής;
7. Να εξηγήσετε τους ακόλουθους όρους: **ονομαστικό περίγραμμα επιφάνειας, πραγματικό περίγραμμα επιφάνειας, μέγιστο ύψος τραχύτητας  $R_{max}$  ή  $R_t$ .**



**Σχ. 5.8ιστ.**

Πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως τραχύτητας επιφάνειας.

8. Ποιο βασικό μέγεθος της τραχύτητας προτυποποιείται κατά τη βρεταννική και αμερικανική προδιαγραφή και με ποια μονάδα το μετρούμε;
9. Για το χαρακτηρισμό της τραχύτητας επιφάνειας στις πρακτικές εφαρμογές εκτός από το μέσο ύψος της τραχύτητας χρειάζεται και κάποια άλλη πληροφορία. Ποια είναι και γιατί απαιτείται;
10. Από ποια κύρια μέρη αποτελείται ένα τραχύμετρο με στυλίσκο;
11. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο;
12. Τι καλείται **μήκος κύματος αποκοπής** ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο και ποια είναι η σημασία του;
13. Τι είναι τα πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως τραχύτητας και πώς τα μεταχειρίζόμαστε;
14. Να εξηγήσετε τους ακόλουθους συμβολισμούς τραχύτητας:



## 5.9 Έλεγχος οριζοντιότητας, κατακορυφότητας, επιπεδότητας και καθετότητας επιφανειών.

### 5.9.1 Έλεγχος οριζοντιότητας και κατακορυφότητας.

#### A. Γενικά.

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

εγκατάσταση π.χ. μιας εργαλειομηχανής γίνεται έλεγχος ορισμένων επιφανειών της, αν αυτές είναι οριζόντιες (παράλληλες προς το οριζόντιο επίπεδο στον τόπο, όπου γίνεται ο έλεγχος) ή κατακόρυφες (παράλληλες προς το κατακόρυφο επίπεδο) και εφ' όσον διαπιστώνεται η οριζοντιότητα ή παραλληλότητά τους, τότε και μόνο η εργαλειομηχανή αγκυρώνεται στην οριστική της θέση.

Το βασικό όργανο, που χρησιμοποιούμε για το σκοπό αυτό, είναι η **αεροστάθμη**, που στη γλώσσα του τεχνίτη λέγεται **αλφάδι**. Για χονδρικό έλεγχο της κατακορυφότητας επιφανειών μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και το γνωστό μας νήμα της στάθμης (βαρίδι, σχ. 5.9€).

## B. Η αεροστάθμη.

Η αεροστάθμη δεν περιορίζεται μόνο στον έλεγχο της οριζοντιότητας και κατακορυφότητας επιφανειών, όπως θα δούμε παρακάτω, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη μέτρηση μικρών γωνιών με αρκετά καλή ακρίβεια· ακόμα χρησιμοποιείται και ως συγκριτής, με την έννοια ότι, οποιεσδήποτε επιφάνειες, για τις οποίες η αεροστάθμη (με τον άξονά της πάντοτε προς την ίδια κατεύθυνση) δίνει τις ίδιες ενδείξεις, είναι παράλληλες μεταξύ τους.

Την αεροστάθμη τη συναντούμε σε διάφορες παραλλαγές. Την απαντούμε επίσης και σε ορισμένα όργανα ως βοηθητικό μέσο για την οριζοντιώσή τους.

Στις εργασίες μας στο μηχανουργείο μεταχειρίζόμαστε συνήθως την **κοινή αεροστάθμη** και την **πλαισιωτή αεροστάθμη**, για τις οποίες και θα μιλήσομε αμέσως παρακάτω.

### 1. Η κοινή αεροστάθμη (σχ. 5.9α).

Είναι το πιο συνηθισμένο και πιο απλό όργανο, που μεταχειρίζόμαστε για τον έλεγχο της οριζοντιότητας μιας επιφάνειας. Βασικό του στοιχείο είναι η φυσαλίδα από αέρα, η οποία υπάρχει μέσα σε ένα κυρτό σωληνίσκο, γεμάτο από κατάλληλο υγρό. Η φυσαλίδα αυτή μπορεί να μετακινείται μέσα στο σωληνίσκο ανάλογα με την κλίση, που παίρνει η αεροστάθμη. Όταν η φυσαλίδα πάρει ορισμένη θέση [σχ. 5.9β(α)], τη **μηδενική θέση**, όπως μπορούμε να την ονομάσουμε, τότε η ελεγχόμενη επιφάνεια είναι **οριζόντια**.

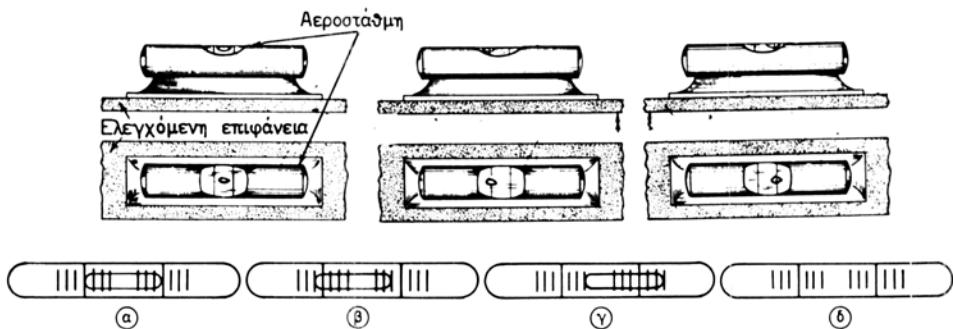
Η αεροστάθμη φέρει κλίμακα με υποδιαιρέσεις. Κάθε υποδιαιρέση της κλίμακας αυτής αντιστοιχεί σε ορισμένη γωνιακή απόκλιση από το οριζόντιο επίπεδο (π.χ. 10'' ή 60'' κλπ.) ή σε ορισμένη μεταβολή της κλίσεως (σε mm ανά τρέχον μέτρο) ανάλογα με την ποιότητα του οργάνου. Αυτό αποτελεί ό,τι ονομάζομε **ευαίσθησία** της αεροστάθμης (είναι κύριο χαρακτηριστικό, με το οποίο την προδιαγράφουμε).

Στο σχήμα 5.9β βλέπουμε διάφορες περιπτώσεις, που είναι δυνατό να μας παρουσιασθούν στην πράξη κατά τον έλεγχο μιας επιφάνειας με την αεροστάθμη. Η επιφάνεια στην περίπτωση (α) είναι οριζόντια προς την κατεύθυνση του άξονα της αεροστάθμης, ενώ οι επιφάνειες στις περιπτώσεις (β) και (γ) δεν είναι οριζόντιες, γιατί η φυσαλίδα της αεροστάθμης δεν είναι στη μηδενική της θέση. Η επιφάνεια στό (δ), όπου η φυσαλίδα έχει εξαφανισθεί, απέχει πολύ από το να είναι οριζόντια.

Για να γίνει οριζόντια η επιφάνεια της περιπτώσεως (β), θα πρέπει ή να κατεβεί



**Σχ. 5.9α.**  
Κοινή αεροστάθμη (αλφάδι).



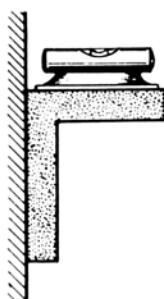
**Σχ. 5.9β.**  
Διάφορες ενδείξεις μιας αεροστάθμης.

το αριστερό της μέρος ή να ανεβεί το δεξιό της, όπως δείχνουν τα βέλη. Στην περίπτωση (γ) πρέπει να γίνει το αντίθετο.

Κατά τον έλεγχο της οριζοντιότητας μιας επιφάνειας, χρειάζεται να τοποθετήσουμε την αεροστάθμη σε δύο κάθετες ανάμεσά τους κατευθύνσεις και αν και στις δύο αυτές θέσεις η φυσαλίδα βρεθεί στη μηδενική της θέση, τότε και μόνο μπορούμε να αποφανθούμε ότι η ελεγχόμενη επιφάνεια είναι οριζόντια.

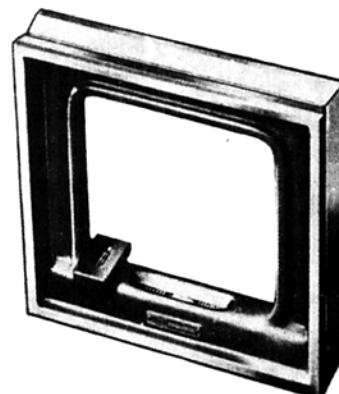
Με την κοινή αεροστάθμη και με τη βοήθεια μιας σταθερής ορθής γωνίας ελέγχομε και κατακόρυφες επιφάνειες, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.9γ.

Η κατακορυφότητα μιας επιφάνειας ελέγχεται με τη βοήθεια μιας ορθής γωνίας ή με έναν από τους τρόπους που χρησιμοποιούμε για τον έλεγχο της καθετότητας



Σχ. 5.9γ.

Πώς ελέγχουμε την κατακορυφότητα  
μιας επιφάνειας με αεροστάθμη.



Σχ. 5.9δ.

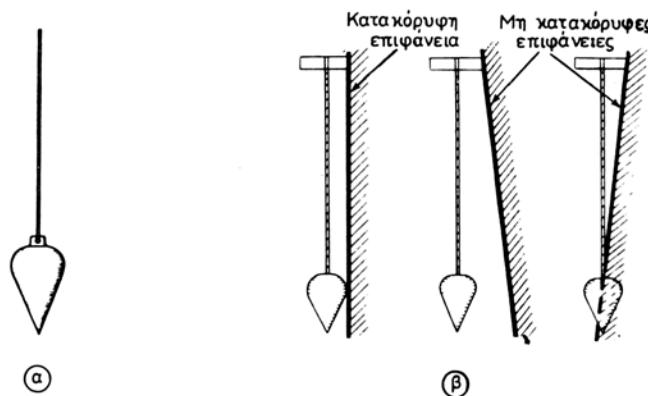
Πλαισιωτή αεροστάθμη.

επιφανειών (σχ. 5.9ζ) με την προϋπόθεση όμως ότι έχει επιτευχθεί το οριζόντιο επίπεδο (υπάρχει π.χ. μια οριζοντιωμένη πλάκα εφαρμογής).

## 2. Η πλαισιωτή αεροστάθμη (σχ. 5.9δ).

Το όργανο αυτό διαφέρει από το προηγούμενο στο ότι η αεροστάθμη τοποθετείται στην κάτω πλευρά ενός ορθογώνιου πλαισίου. Το πλαίσιο πρέπει να έχει μεγάλη ακρίβεια στην καθετότητα των πλευρών του.

Με την πλαισιωτή αεροστάθμη μπορούμε να ελέγχουμε όχι μόνο την οριζοντιότητα, αλλά και την καθετότητα επιφανειών.



Σχ. 5.9ε.

(α) Το νήμα της στάθμης. (β) Έλεγχος κατακορύφων επιφανειών με το νήμα της στάθμης.

## Γ. Το νήμα της στάθμης (σχ. 5.9ε).

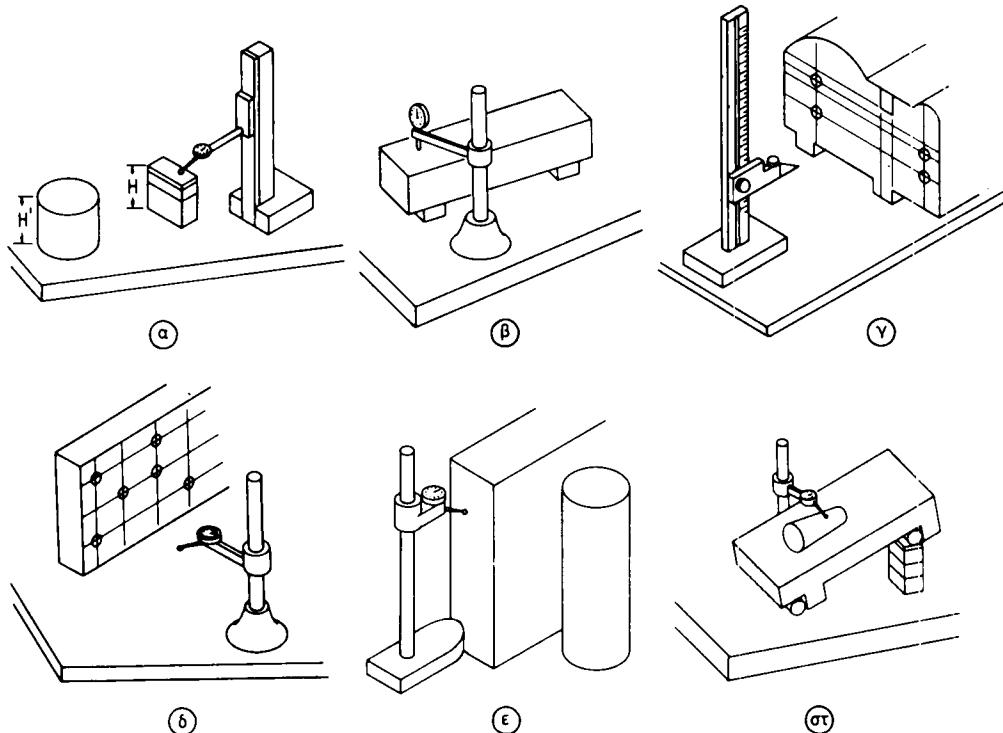
Αποτελείται από ένα κατάλληλο (πρέπει να είναι αρκετά σταθερό) νήμα και ένα βάρος, που κρέμεται στο άκρο του.

Το χρησιμοποιούμε για να ελέγχουμε, αν μια επιφάνεια είναι κατακόρυφη στην εγκατάσταση μηχανημάτων, σιδηρών κατασκευών, κ.ά., όπου ομως η ακρίβεια που απαιτείται είναι πολύ μικρή.

### 5.9.2 Έλεγχος της επιπεδότητας και καθετότητας.

#### A. Γενικά.

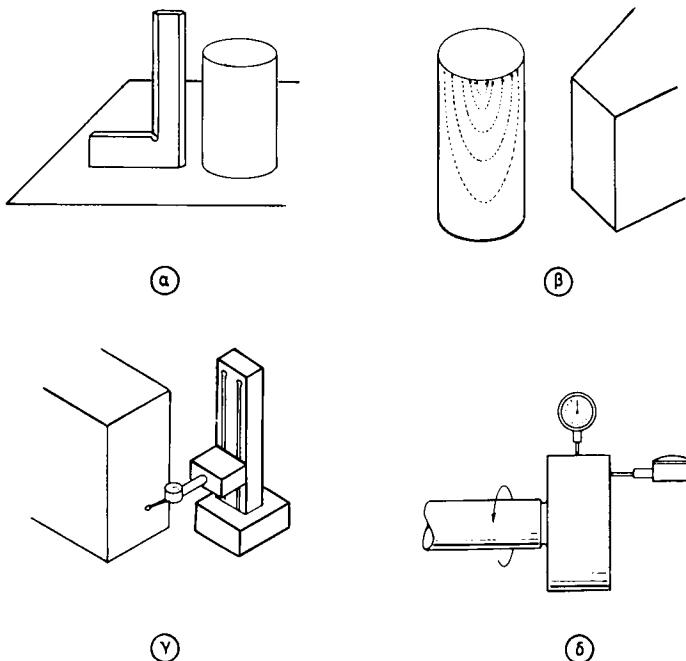
Όταν μιλούμε για **επιπεδότητα** εννοούμε τη διάταξη όλων των σημείων μιας επιφάνειας σε ένα και το αυτό επίπεδο. Η επιπεδότητα δηλαδή ταυτίζεται με το ιδανικό επίπεδο, το οποίο στις εργασίες μας στο μηχανουργείο υλοποιείται στην **πλάκα εφαρμογής**. Η πλάκα εφαρμογής, [την οποία συναντήσαμε στην παράγραφο 4.2(A) της ΜΤ.ΕΙ., όπου μιλήσαμε για τη χάραξη] αποτελεί σταθερό **επίπεδο** η **επίπεδη επιφάνεια αναφοράς** (συνήθως το οριζόντιο επίπεδο), και ως τέτοια τη χρησιμοποιούμε σε ποικίλες εφαρμογές (σχ. 5.9στ.).



**Σχ. 5.9στ.**

Εφαρμογές της πλάκας εφαρμογής ως επιφάνειας (ή επίπεδου) αναφοράς για: (α) Τη μέτρηση μήκους. (β) Τον έλεγχο παραλληλότητας. (γ) Τη χάραξη. (δ) Τη μέτρηση (ή μεταφορά διαστάσεων. (ε) Τον έλεγχο καθετότητας. (στ) Τον έλεγχο και μέτρηση γωνιών [παράγρ. 5.5.4(A)].

Εφόσον είναι διαθέσιμη η πλάκα εφαρμογής, η καθετότητα επιφανειών ελέγχεται με την ορθή γωνία [παράγρ. 5.5.2(A)] ή με τον πρωτότυπο κοίλο κύλινδρο η κατ' άλλον τρόπο, όπως βλέπομε στο σχήμα 5.9ζ.



Σχ. 5.9ζ.

Μέθοδοι για τον έλεγχο της καθετότητας μιας επιφάνειας: (α) Με τη βοήθεια ορθής γωνίας και πλάκας εφαρμογής. (β) Με πρότυπο κύλινδρο και πλάκα εφαρμογής. Ο κύλινδρος παρουσιάζει ορισμένη απόκλιση από την καθετότητα. Περιοτρέφεται, ώστε να αποκατασταθεί η καλύτερη επαφή του με την προς έλεγχο επιφάνεια (να φαίνεται η ελάχιστη χαραγή φωτός). Η απόκλισή της από την καθετότητα δίνεται κατ' ευθείαν από τις υπάρχουσες βαθμονομημένες γραμμές στην επιφάνεια του πρώτου που κυλίνδρου. (γ) Με μετρητικό ρολόι, που έχει δυνατότητα ακριβούς και εύκολης κάθετης μετακίνησεως σε κατάλληλο υποστήριγμα, που τοποθετείται στην πλάκα εφαρμογής. (δ) Με τη βοήθεια δύο μετρητικών ρολογιών κατάλληλα στηριγμένων σε πλάκα εφαρμογής ελέγχεται η καθετότητα δύο επιφανειών, που σχετίζονται με ένα περιστρεφόμενο άξονα.

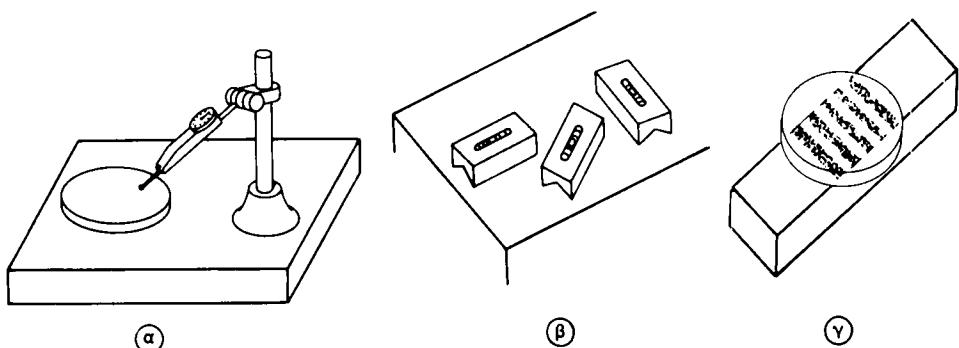
## B. Έλεγχος επιπεδότητας.

Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι για τον έλεγχο της επιπεδότητας τεχνικών επιφανειών είναι οι ακόλουθοι:

α) Με τη βοήθεια της πλάκας εφαρμογής. Ο έλεγχος είναι χονδρικός και γίνεται με ελαφρό τρίψιμο της προς έλεγχο επιφάνειας επάνω στην πλάκα εφαρμογής, που την αλείφομε με κατάλληλη χρωστική ουσία. Τη μέθοδο αυτή έχομε εφαρμόσει στο στρώσιμο (απόξεση) στην παράγραφο 12.3 του ΜΤ-ΕΙ.

β) Με τη βοήθεια κατάλληλου πρότυπου μεταλλικού κανόνα και χαραγής φωτός [παράγρ. 5.5.2(Α)]. Ο κανόνας μπορεί να έχει τριγωνική ή ορθογωνική διατομή ή διατομή I. Ο έλεγχος αυτός γίνεται κατά δύο τουλάχιστο τεμνόμενες ευθείες.

γ) Με μετρητικό ρολόι σε κατάλληλο υποστήριγμα επάνω σε πλάκα εφαρμογής [σχ. 5.9η(α)].



Σχ. 5.9η.

Λοιπές μέθοδοι για τον έλεγχο της επιπεδότητας επιφανειών.

**δ) Με τη βοήθεια αεροστάθμης [σχ. 5.9η(β)].** Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στον έλεγχο επιπεδότητας επιφανειών με μεγάλο εμβαδόν, που βρίσκονται σε οριζόντια ή σε περίπου οριζόντια θέση. Η αεροστάθμη τοποθετείται επάνω στην επιφάνεια με τον άξονά της προς διάφορες τεμνόμενες κατευθύνσεις. Ανάγνωση διαφορετικών ενδείξεων στην αεροστάθμη σημαίνει ανεπιπεδότητα της ελεγχόμενης επιφάνειας.

**ε) Με τη βοήθεια οπτικού πλακιδίου [σχ. 5.9η(γ)].** Η μέθοδος αυτή ελέγχου επιπεδότητας εφαρμόζεται στον έλεγχο πολύ λείων και όχι πολύ ανεπιπέδων επιφανειών. Για να γίνει ο έλεγχος χρειάζεται ένα **οπτικό πλακίδιο**, που τοποθετείται επάνω στην ελεγχόμενη επιφάνεια. Επάνω στο οπτικό πλακίδιο κατευθύνεται κάθετα περίπου μονοχρωματικό φως, που παράγεται από ειδική λυχνία. Λόγω της λεπτής σφήνας από αέρα, η 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. Οποιαδήποτε απόκλιση από τον παραλληλισμό των κροσσών συμβολής δείχνει ανεπιπεδότητα της ελεγχόμενης επιφάνειας.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ απλή και εφαρμόζεται εύκολα. Την εφαρμόσαμε στον περιοδικό έλεγχο των μικρομέτρων [παράγρ. 5.2.1(Γ)(3)].

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

### 5.9.3 Ερωτήσεις.

1. Πότε μία επιφάνεια λέγεται οριζόντια και πότε κατακόρυφη;
2. Να αναφέρετε περιπτώσεις χρησιμοποίησεως της αεροστάθμης.
3. Σε ποια είδη απαντούμε την αεροστάθμη;
4. Τι ονομάζομε ευαισθησία μιας αεροστάθμης;
5. Πώς ελέγχομε την οριζοντιότητα μιας επιφάνειας και πώς την κατακορυφότητα μιας άλλης;

6. Πώς υλοποιούμε το οριζόντιο επίπεδο;
  7. Τι σημαίνει επιπεδότητα μιας επιφάνειας;
  8. Να αναφέρετε τρεις περιπτώσεις χρησιμοποιήσεως της πλάκας εφαρμογής ως επιφάνειας αναφοράς.
  9. Να περιγράψετε σύντομα τρεις από τις χρησιμοποιούμενες πρακτικά μεθόδους ελέγχου της επιπεδότητας τεχνικών επιφανειών.
  10. Να περιγράψετε δύο μεθόδους για τον έλεγχο της καθετότητας μιας επιφάνειας.
-

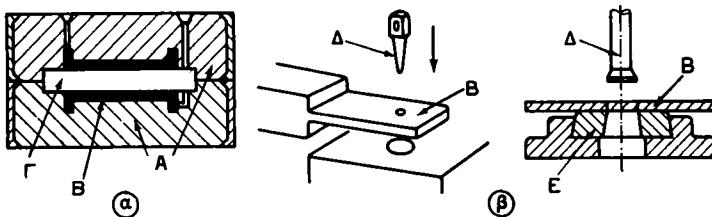
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### ΤΡΥΠΑΝΙΣΜΑ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΡΑΠΑΝΑ

#### 6.1 Γενικά για το άνοιγμα και την αποπεράτωση (τελείωμα) οπών.

Σε πολλά κομμάτια που κατεργαζόμαστε στο μηχανουργείο, για τον ενα ή για τον άλλο λόγο, χρειάζεται να ανοίξουμε από την αρχή τρύπες (στο Κεφάλαιο αυτό μας ενδιαφέρουν κατά κύριο λόγο οι κυλινδρικές τρύπες, δηλαδή οι τρύπες που έχουν σταθερή κυκλική διατομή) και να διευρύνουμε η να αποπερατώσουμε υπάρχουσες. Οι σκοποί που εξυπηρετούν οι τρύπες στις μηχανές και στις μηχανολογικές κατασκευές και εγκαταστάσεις μας είναι γνωστοί. Ενδεικτικά αναφέρομε εδώ τις τρύπες που είναι απαραίτητες στις ηλώσεις και στις κοχλιοσυνδέσεις για το πέρασμα αντιστοίχως των ήλων ή των κοχλιών, στα έδρανα ολισθήσεως (τριβέας) για τη συναρμογή με τον περιστρεφόμενο αξόνα, στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στις εμβολοφόρους αντλίες (κύλινδροι) για τη συναρμογή με τα παλινδρομούντα έμβολα· επίσης και τρύπες για τη ροή υγρών η αερίων.

Για να κατεργαστούμε γενικά τρύπες, έχομε στη διάθεσή μας ποικίλες μεθόδους, που μας δίνουν κυμαινόμενη ακρίβεια και μεταβαλλόμενο βαθμό τραχύτητας επιφάνειας. Έτσι μας είναι δυνατή, σε κάθε περίπτωση που μας απασχολεί, η εκλογή της μεθόδου που ενδείκνυται. Και αναφέρομε εδώ τις πιο βασικές από τις μεθόδους αυτές: Το **τρυπάνισμα (διάτρηση)** [σχ. 1.3β(α)(1)], που είναι κατάλληλο για να ανοίγουμε από την αρχή διαμπερείς ή τυφλές τρύπες, όπως και για να διευρύνουμε ή να αποτελειώνουμε υφιστάμενες τρύπες. Υπάρχουσες τρύπες μπορούμε να τις κατεργασθούμε παραπέρα, για να τις διευρύνουμε σε όλο το μήκος τους ή και να δώσουμε σε αυτές μεγαλύτερη ακρίβεια και βελτιωμένη τραχύτητα επιφάνειας με **γλύφανση** [σχ. 1.3β(α)(2)], με **λείανση** [σχ. 1.3η(ε) (3)], με **χόνιγκ** [σχ. 1.3θ (α)] ή με **εσωτερική τόρνευση** [σχ. 1.3α (α) (2)]. Μπορούμε ακόμα σε τρύπες να κάνουμε μερική διεύρυνση, να ανοίξουμε σπείρωμα ή να διαμορφώσουμε τα άκρα τους. Οι τελευταίες αυτές κατεργασίες σε τρύπες μαζί με τη γλύφανση είναι κατεργασίες **παράδομοις ή συναφείς με το τρυπάνισμα** με την έννοια ότι το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται (πρωτεύουσα κίνηση) ενώ συγχρόνως προωθείται αξονικά (κίνηση προώσεως) και ότι όλες αυτές είναι δυνατό να γίνουν στο δράπανο. Θα πρέπει ακόμα να αναφέρομε ότι τρύπες (χαμηλής όμως ποιότητας) είναι δυνατό να ανοιχθούν σε ελάσματα με **αποκοπή** [MT-EI, παράγρ. 18.2 (E), σχ. 6.1 (β)]· επίσης και με **χύτευση** [σχ. 4.1 (α)] δημιουργούμε τρύπες σε χυτά κομμάτια, οι οποίες όμως έχουν τις περισσότερες φορές ανάγκη αποπερατώσεως. Τέλος, δεν θα πρέπει να παραλείψουμε και μη συμβατικές μεθόδους αφαιρέσεως μετάλλου, οι οποίες προσφέρονται για το άνοιγμα οπών σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. αφαίρεση μετάλλου



Σχ. 6.1.

Άνοιγμα οπών: α) Με χύτευση. β) Με απότμηση.  
Α καλούπι χυτεύσεως, Β κομμάτι, Γ καρδιά, Δ επιβολέας, Ε μήτρα.

με ηλεκτρικό σπινθήρα, παράγρ. 1.4.1, ηλεκτροχημική αφαίρεση μετάλλου, παράγρ. 1.4.2 κ.α.).

Στις επόμενες σελίδες θα ασχοληθούμε κυρίως με το τρυπάνισμα, με τη γλύφανση και με την εσωτερική σπειροτόμηση, γιατί αυτές χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην πράξη. Για τη λείανση και το χόνιγκ οπών, όπως και για την εσωτερική τόρνευση θα μιλήσουμε στο σχετικό με την κάθε μια από τις κατεργασίες αυτές Κεφάλαιο.

## 6.2 Το τρυπάνισμα και το δράπανο.

### 6.2.1 Γενικά για το τρυπάνισμα.

Τον ορισμό και την κινηματική του τρυπανίσματος τα δώσαμε στην παράγραφο 1.3 (β) [σχ. 1.3β (α) (1)], όπου μιλήσαμε συνοπτικά για τις κυριότερες κατεργασίες κοπής.

Με το τρυπάνισμα, που, όπως είπαμε και στην προηγούμενη παράγραφο, ανοίγομε διαμπερείς ή και τυφλές κυλινδρικές τρύπες και διευρύνομε ή αποτελειώνομε υφιστάμενες, έχομε τη δυνατότητα για κατεργασία μετάλλων και κραμάτων των οπίων η σκληρότητα μπορεί να φθάσει και τα 450 Brinell, όπως και μη μεταλλικών υλικών. Οι τρύπες που ανοίγομε έχουν συνήθως διάμετρο που ποικίλλει από 3 mm μέχρι 40 mm ( $1\frac{1}{8}$ " μέχρι  $1\frac{1}{2}$ "'), χωρίς όμως να αποκλείεται και το άνοιγμα οπών με πολύ μικρές διαμέτρους (π.χ. 0,025 mm) ή και με πολύ μεγάλες (π.χ. 150 mm).

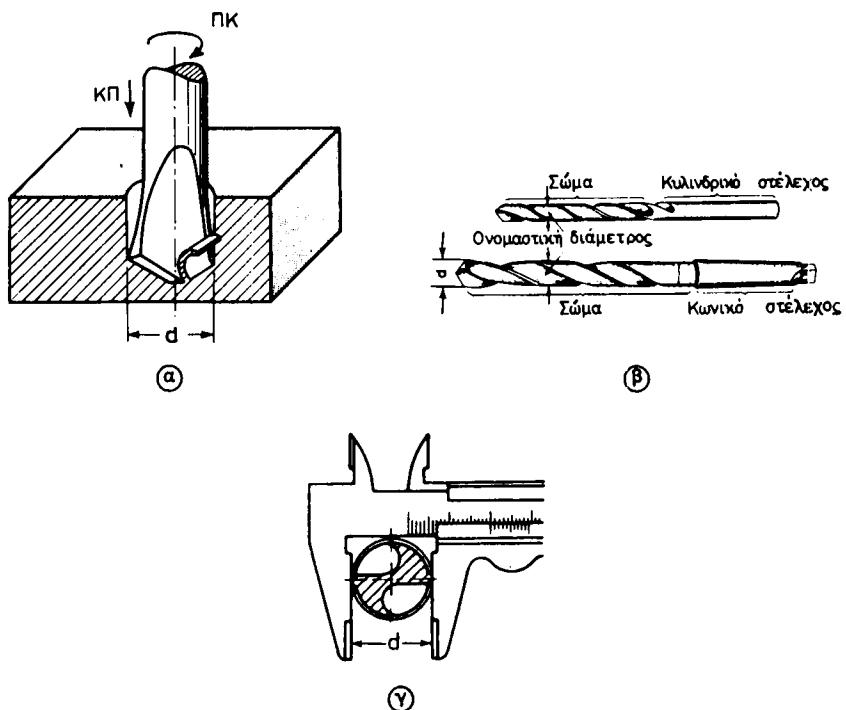
Δύο παράγοντες επιδρούν βασικά στην ακρίβεια ανοίγματος μιας τρύπας: Ο ένας είναι η ακρίβεια, με την οποία καθορίζεται η θέση του κέντρου της τρύπας και ο άλλος η ακρίβεια της διαμέτρου της. Η διάμετρος μιας τρύπας προκύπτει μεγαλύτερη από την ονομαστική διάμετρο του τρυπανίου που μεταχειρίζόμαστε για το άνοιγμά της, γίνεται η τρύπα **υπερδιάστατη** ή **οβερσάιζ** (oversize) όπως λέμε. Επί παραδείγματι μια τρύπα που ανοίγομε με τρυπάνι  $1\frac{1}{2}$ " γίνεται περίπου 0,003" (0,075 mm) υπερδιάστατη (obversaiz). Η ακρίβεια θέσεως του κέντρου της τρύπας επηρεάζεται από το είδος της εργαλειομηχανής που μεταχειρίζόμαστε για να την ανοίξουμε, όπως και από τον τρόπο συγκρατήσεως του κομματιού και του κοπτικού εργαλείου. Η εργαλειομηχανή αυτή μπορεί να είναι δράπανο (με χρησιμοποίηση ή όχι, δακτυλίου για την οδήγηση του τρυπανίου, σχ. 1.2ιστ), δράπανο με ψηφιακό έλεγχο, ειδική εργαλειομηχανή μεγάλης ακρίβειας για τρυπάνισμα και εσωτερική τόρνευση (τζιγκ μπόρερ, jig borer) κ.α. Συγκριτικά, τη μεγαλύτερη ακρίβεια

την επιτυγχάνομε με την εργαλειομηχανή τζιγκ μπόρερ ( $\pm 5 \mu\text{m}$ ), ενώ τη μικρότερη με το συνηθισμένο δράπανο χωρίς οδηγητικό δακτύλιο ( $\pm 250 \mu\text{m}$ ). Η τραχύτητα επιφάνειας που επιτυγχάνεται με το τρυπάνισμα είναι χαμηλής ποιότητας, η οποία όμως μπορεί να βελτιωθεί με γλύφανση, που θα ακολουθήσει το τρυπάνισμα.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι το τρυπάνισμα είναι μια **κατεργασία εκχονδρίσεως**, η οποία μας δίνει μικρή διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια θέσεως της τρύπας, όπως και χαμηλό βαθμό τραχύτητας της.

### 6.2.2 Το ελικοειδές τρυπάνι ως κοπτικό εργαλείο.

Με την περιγραφή, την εργασία, τα είδη, την προτυποποίηση, τη χρήση και τη συντήρηση των ελικοειδών τρυπανιών ασχοληθήκαμε λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 13 της ΜΤ-ΕΙ. Θεωρούμε όμως σκόπιμο, για λόγους αυτοδυναμίας αυτού του βιβλίου, να κάνουμε εδώ μιάν ανακεφαλαίωση των όσων έπαμε και να συμπληρώσουμε με ό,τι θα απαιτηθεί επί πλέον.

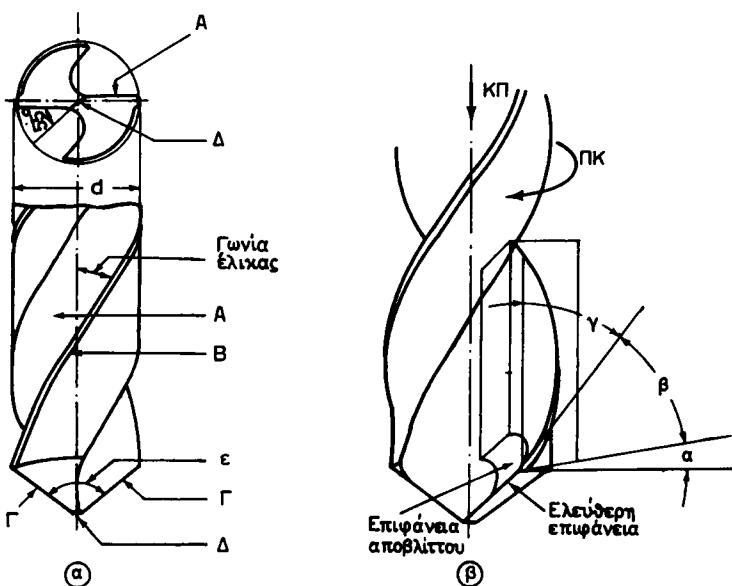


Σχ. 6.2α.

- α) Το λογχοειδές τρυπάνι. β) Το ελικοειδές τρυπάνι. γ) Πως μετράμε την υνομαστική διάμετρο του τρυπανιού. ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως.

Το ελικοειδές τρυπάνι, που κατά βάση μεταχειρίζομαστε στην πράξη [υπάρχει και το λογχοειδές τρυπάνι, το οποίο χρησιμοποιούσαν παλιότερα, σχ. 5.2α (α)], έχει το σχήμα κυλινδρικής ράβδου, που διαμορφώνεται κατάλληλα σε **σώμα, κόψεις** και **στέλεχος** (σχ. 5.2α (β)). Το σώμα του τρυπανιού φέρει τα ελικοειδή αυλάκια Α

[σχ. 6.2β (α)], τις **οδηγητικές λωρίδες** Β και καταλήγει στις **κύριες κόψεις** Γ και την **εγκάρσια κόψη** Δ. Άρα το τρυπάνι είναι ένα κοπτικό εργαλείο με δύο κύριες κόψεις και κάθε τέτοια κόψη αποτελεί πλήρες και κανονικό εργαλείο λοξής κοπής [σχ. 6.2β (β), παράγρ. 2.3.1]. Το στέλεχος είναι το υπόλοιπο μέρος του τρυπανιού που προσαρμόζεται σε κατάλληλη υποδοχή (φωλιά) στην άτρακτο του δραπάνου. Οι κύριες κόψεις Γ σχηματίζουν τη γωνία κορυφής  $\epsilon$  του τρυπανιού, η οποία παίζει σοβαρό ρόλο στο τρυπανισμά. Η εγκάρσια κόψη Δ δεν εργάζεται σαν κόψη κατά την εργασία του τρυπανιού, αλλά κατά κάποιο τρόπο ωθεί το υλικό πρός τις κύριες κόψεις. Η εγκάρσια κόψη σχηματίζει ως προς τις κύριες κόψεις γωνία περίπου  $55^\circ$  για κατεργασία χαλύβων και χυτοσιδήρων.



Σχ. 6.2β.

Το τρυπάνι ως κοπτικό εργαλείο. Ονοματολογία και χαρακτηριστικά στοιχεία του τρυπανιού.  
(ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως).

Τα ελικοειδή αυλάκια του τρυπανιού χρησιμεύουν:

α) Για να σχηματίζονται οι κύριες κόψεις του με την απαιτούμενη κάθε φορά γεωμετρική μορφή.

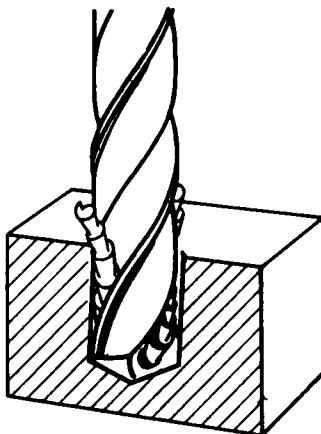
β) Για να κατσαρώνουν τα απόβλιττα, να οδηγούνται εύκολα προς τα έξω και να απορρίπτονται (σχ. 6.2γ) και

γ) για να προσάγεται μέχρι τις κύριες κόψεις του τρυπανιού το υγρό κοπής, που είναι απαραίτητο κατά το τρυπανισμά.

Καλή οδήγηση του τρυπανιού κατά τον άξονα της τρύπας που ανοίγομε, επιτυγχάνεται με τις οδηγητικές λωρίδες.

Η ημιγωνία κορυφής  $\epsilon/2$  αντιστοιχεί στη γωνία θέσεως κ της κύριας κόψης του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως [σχ. 6.2ι (β)]. Η γωνία έλικας σ, η γωνία αποβλίτου γ και η ελεύθερη γωνία α του τρυπανιού μεταβάλλονται κατά μήκος της ακτί-

νας του. Οι πημές των γωνιών αυτών, που συνιστώνται για την εκλογή και το τρόχισμα των τρυπανιών, αναφέρονται πάντοτε στην περιφέρεια του τρυπανιού.



Σχ. 6.2γ.

Πώς σχηματίζεται το απόβλιτο στο τρυπάνισμα.

Το στέλεχος του τρυπανιού έχει συνήθως κολουροκωνικό σχήμα που είναι ευνοϊκό για τη συγκράτησή του και σπανιότερα κυλινδρικό [σχ. 6.2α (β)]. Το κολουροκωνικό στέλεχος των τρυπανιών ακολουθεί την προτυποποίηση κώνων Μορς (Morse) και χαρακτηρίζεται από τους αριθμούς 0, 1, 2, 3, 4, 5 και 6. Το μέγεθος του τρυπανιού καθορίζεται από την **ονομαστική του διάμετρο** D που μετριέται σε χιλιοστόμετρα (mm, μετρικά τρυπάνια) ή σε ίντσες '' αγγλοσαξωνικά τρυπάνια, στις θέσεις των οδηγητικών λωρίδων [σχ. 5.2α (γ)]. Στα μετρικά τρυπάνια η ονομαστική τους διάμετρος μπορεί να μεταβάλλεται κατά βήματα 1 mm ή 0,5 mm ή 0,1 και 0,01 mm. Στα αγγλοσαξωνικά τρυπάνια η ονομαστική τους διάσταση δίνεται σε ακέραιες ίντσες, σε κλάσματα της ίντσας ή σε δεκαδικούς της ίντσας. Τα τρυπάνια με ονομαστική διάμετρο σε δεκαδικούς της ίντσας χαρακτηρίζονται από ένα γράμμα του λατινικού αλφαριθμητικού συνόλου (τρυπάνια γραμμάτων, MT-EI, Πίνακας 13.2.1) ή με ένα αριθμό από 1 ως 80 (τρυπάνια αριθμών, MT-EI, Πίνακας 13.2.2). Για τον έλεγχο της ονομαστικής διαμέτρου μικρών σχετικά τρυπανιών χρησιμοποιούμε τους γνωστούς μας **διαμετρητήρες τρυπανιών** (MT-EI, παράγρ. 13.2, σχ. 13.2στ).

Τα τρυπάνια κατασκευάζονται τόσο από ανθρακούχο χάλυβα εργαλείων (τρυπάνια νερού: κατώτερης ποιότητας, Πίνακας 3.6.2) όσο και από ταχυχάλυβα (τρυπάνια αέρα: ανώτερης ποιότητας, Πίνακας 3.6.5 (MT-EI), όπως π.χ. είναι ο τύπος 18-4-1. Για ψηλό όμως ρυθμό παραγωγής και μακρά ζωή χρησιμοποιούνται και τρυπάνια με κόψεις από σκληρομέταλλο [παράγρ. 1.3.2 (Β)] ή και ολόσωμα ακόμα τρυπάνια από σκληρομέταλλο σε μικρά όμως μεγέθη.

### 6.2.3 Το δράπανο.

#### A. Είδη δραπάνων.

Το τρυπάνισμα μαζί με τις παρόμοιες με αυτό κατεργασίες (παράγρ. 4.3) εκτε-

λούνται κατά κύριο λόγο στην εργαλειομηχανή που ονομάζουμε **δράπανο**, χωρίς βέβαια να αποκλείεται και η πραγματοποίηση τους και σε άλλες εργαλειομηχανές, όπως είναι το φραιζοδράπανο, η φραιζομηχανή, ο τόρνος κ.α. Τη σχηματική παράσταση ενός δραπάνου στήλης με τη σχετική ονοματολογία των κύριων μερών του τα είδαμε στο σχήμα 1.3β (γ).

Το δράπανο φαίνεται ότι είναι η αρχαιότερη εργαλειομηχανή (σχ. 5.2δ), γιατί προέρχεται από προσπάθειες των πρωτόγονων ακόμα ανθρώπων να ανοίξουν τρύπες σε αντικείμενα.



**Σχ. 8.26.**

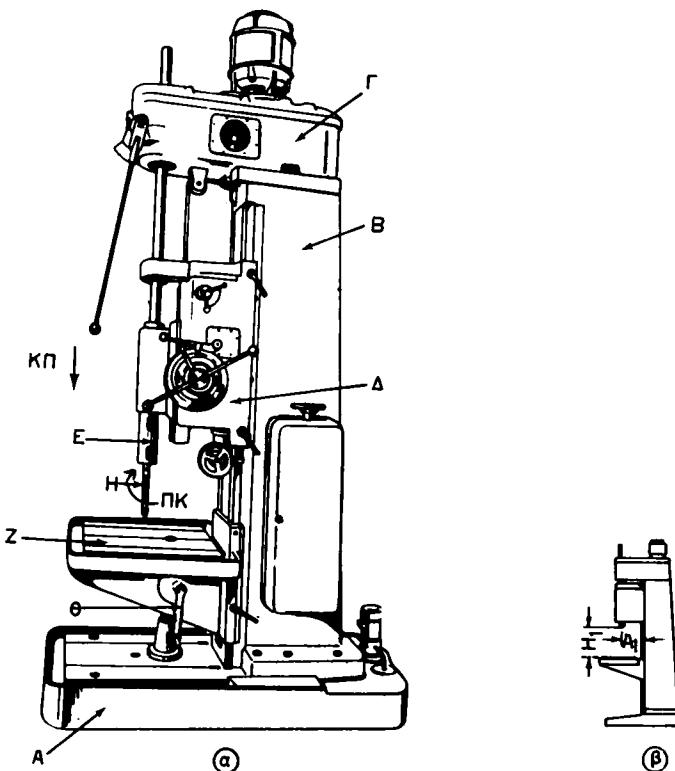
Ο πρωτόγονος άνθρωπος χρησιμοποιεί το τόξο και το βέλος για τρυπάνισμα αντικειμένων.

Η μεγάλη ποικιλία σε μορφή και σε μέγεθος των κομματιών από το ένα μέρος και η απαιτούμενη στάθμη ποιότητας των οπών που ανοίγομε ή αποπερατώνομε στο δράπανο από το άλλο οδήγησαν στην ανάπτυξη και χρησιμοποίηση δραπάνων σε διάφορα είδη, μορφές και μεγέθη. Επι, ανάλογα με το βάρος τους κατατάσσομε τα δραπάνα σε **ελαφρά**, σε δραπάνα **μέσου βάρους** και σε **βαριά**. Με κριτήριο τη διεύθυνση της κύριας ατράκτου τους διακρίνομε τα δραπάνα σε **κατακόρυφα** και σε **οριζόντια**. Το κατακόρυφο δράπανο είναι εκείνο που χρησιμοποιείται πιο πολλά. Ανάλογα πάλι με τον τρόπο με τον οποίο προσδίνομε στα δραπάνα την ισχύ τα συναντούμε ως **χειροκίνητα** (ΜΤ-ΕΙ, σχ. 13.1β) ως **μηχανοκίνητα** ή ως **αεροκίνητα**.

Εδώ θα ασχοληθούμε μόνο με τα μηχανοκίνητα δραπάνα, που είναι στην ουσία βασικές παραγωγικές εργαλειομηχανές του μηχανουργείου. Στα δραπάνα αυτά ανήκουν:

**1. Το επιτραπέζιο δράπανο.** Είναι ένα απλό και ελαφρό δράπανο για ελαφρές εργασίες. Είναι συνήθως πολύστροφο.

**2. Το δράπανο στήλης** [σχ. 6.2ε (α), 1.1ε (α), ΜΤ-ΕΙ]. Είναι το δράπανο πού το χρησιμοποιούμε πιο πολύ στο μηχανουργείο. Το συναντούμε σε διάφορες παραλλαγές και μεγέθη. Είναι κατάλληλο για μέσες και σε ορισμένες περιπτώσεις και για βαριές εργασίες. Τα κομμάτια, στα οποία ανοίγομε τρύπες, προσδένονται συνήθως στην τράπεζα Z του δραπάνου. Μεγάλα κομμάτια όμως μπορούν να στηριχθούν και στη βάση A του δραπάνου. Επειδή το δράπανο στήλης αποτελεί το βασικό και αντιπροσωπευτικό είδος δραπάνου, θα το περιγράψουμε και θα δώσουμε πληροφορίες για τη λειτουργία του στην παράγραφο 6.2.3 (Β) παρακάτω.



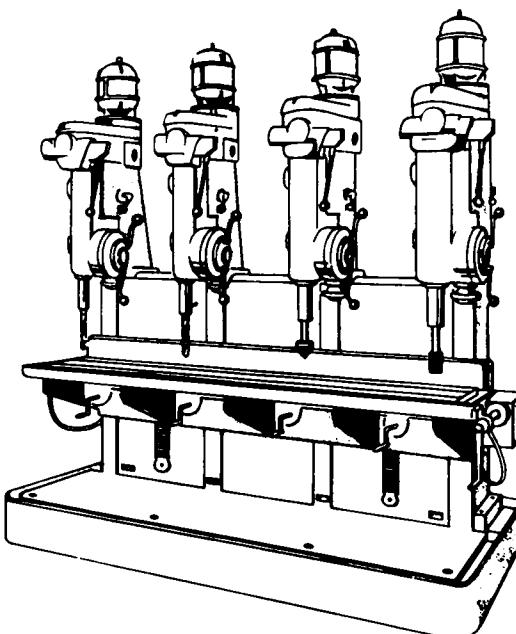
Σχ. 6.2ε.  
Το δράπανο στήλης.

**3. Το ακτινωτό δράπανο (ράνταλ)** [σχ. 1.1ε (γ) ΜΤ-ΕΙ]. Είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο για εργασίες σε μεγάλα και βαριά κομμάτια και για παραγωγή κατά μονάδα (ένα και έξω), όπως και για παραγωγή σε παρτίδες [παράγρ. 1.1(Δ) ΜΤ-ΕΙ]. Στο ακτινωτό δράπανο, λόγω των δυνατοτήτων για μετακίνηση τις οποίες έχει η εργαλειοφόρος του κεφαλή, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω, είναι δυνατό με ένα και μόνο δέσιμο του κομματιού να κατεργασθούμε όλες τις τρύπες του. Αυτό προφανώς προφυλάσσει από σφάλματα κυρίως στη θέση των κέντρων των

οπών, τα οποία μπορούν να προέλθουν από διαδοχικές για το άνοιγμα κάθε τρύπας προσδέσεις του κομματιού.

Το δράπανο αυτό αποτελείται από τη στήλη Α, που στηρίζεται κατάλληλα στη βάση του Ε. Στη στήλη προσαρμόζεται ο βραχίονας Β που φέρει την εργαλειοφόρο κεφαλή Γ, στην οποία προσδένεται το τρυπάνι. Ο βραχίονας αυτός έχει δυνατότητα να περιστρέφεται γύρω από τη στήλη και να ανεβοκατεβαίνει, ενώ η εργαλειοφόρος κεφαλή μπορεί να μετακινείται σε ολισθητήρες κατά μήκος του βραχίονα. Η τράπεζα του ακτινωτού δραπάνου Δ, στην οποία στηρίζεται το κομμάτι είναι σταθερή, άρα και το κομμάτι παραμένει σταθερό. Έτσι, η άτρακτος του δραπάνου που φέρει το τρυπάνι, έχοντας από το ένα μέρος δυνατότητα μετακινήσεως κατά την κατακόρυφη διεύθυνση (με ανεβοκατέβασμα του βραχίονα στη στήλη) και από το άλλο μέρος δυνατότητα περιστροφής και ακτινικής μετατοπίσεως στο οριζόντιο επίπεδο (με περιστροφή του βραχίονα γύρω από τη στήλη και μετακίνηση της εργαλειοφόρου κεφαλής κατά μήκος του βραχίονα) μπορεί κάθε φορά να παίρνει με ακρίβεια θέση επάνω από το κέντρο κάθε τρύπας, που πρόκειται να ανοιχθεί ή να αποπερατωθεί.

**4. Το δράπανο μεταφοράς (σχ. 6.2στ).** Είναι ένα δράπανο με πολλές άτρακτους, όπου οι άτρακτοι διατάσσονται στη σειρά και παίρνουν κίνηση είτε όλες μαζί από μία κεντρική μετάδοση κινήσεως είτε η μία ανεξάρτητα από την άλλη από ξεχωριστό ηλεκτροκινητήρα, όπως βλέπομε στο σχήμα. Το δράπανο αυτό βρίσκει εφαρμογές σε περιπτώσεις που σε τρύπες γίνονται διαδοχικά διαφορετικές κατεργασίες

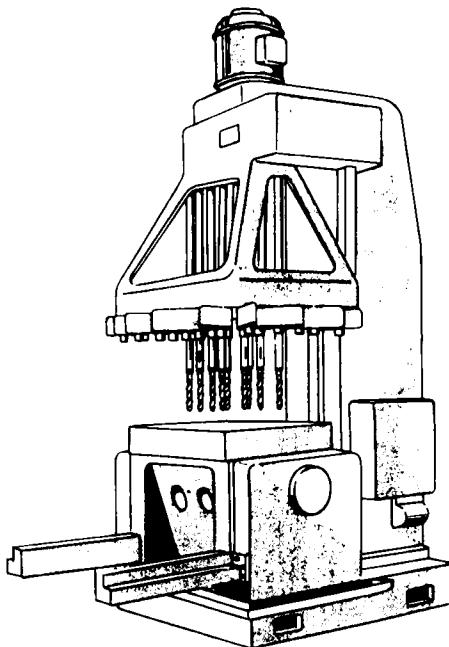


**Σχ. 6.2στ.**

Το δράπανο μεταφοράς ή δράπανο με άτρακτους στη σειρά.

(τρυπάνισμα εκχονδρίσεως, τρυπάνισμα αποπερατώσεως, εμβύθιση, γλύφανση κ.α.), για άνοιγμα στο ίδιο κομμάτι πολλών οπών με διαφορετική διάμετρο η ακόμα και για άνοιγμα οπών του αυτού μεγέθους στη σειρά. Το κομμάτι συνήθως προσδένεται σε ιδιοσυσκευή και μεταφέρεται από τη μία θέση (άτρακτο) στην άλλη από το χειριστή (η τους χειριστές) του δραπάνου αυτού ή και αυτόμata με μετακίνηση της τράπεζας.

**5. Το πολυάτρακτο δράπανο** (σχ. 6.2ζ). Είναι δράπανο μαζικής παραγωγής και έχει ως σκοπό να ανοίγει συγχρόνως πολλές τρύπες με διαφορετική συνήθως διάμετρο σε διάφορες θέσεις στο ίδιο κομμάτι. Κατασκευάζεται κατά κανόνα ως κατακόρυφο δράπανο. Η κίνηση προώσεως εκτελείται ως επί το πλείστο από την τράπεζα μέσω κατάλληλου μηχανισμού μεταδόσεως μεταφορικής κινήσεως (παράγρ. 3.3.4). Έτσι αποφεύγεται η μετακίνηση της βαριάς εργαλειοφόρου κεφαλής του δραπάνου αυτού. Η οδήγηση των τρυπανιών γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλης πλάκας με βαμμένα χαλύβδινα δακτυλίδια.



Σχ. 6.2ζ.  
Τό πολυάτρακτο δράπανο

**6. Το πυργωτό δράπανο.** Σε αυτό το δράπανο η εργαλειοφόρος κεφαλή, στην οποία προσδένονται διάφορα τρυπάνια συνήθη ή ειδικά και συναφή εργαλεία, έχει δυνατότητα περιστροφής έτσι, ώστε κάθε φορά να παίρνει θέση για εργασία ένα από τα εργαλεία αυτά. Η περιστροφή της κεφαλής γίνεται αυτόμata. Σε ένα τέτοιο δράπανο είναι δυνατή και πλήρης αυτοματοποίηση με ψηφιακό έλεγχο.

**7. Το δράπανο για βαθιές τρύπες.** Κατασκευάζεται συνήθως οριζόντιο και χρησιμοποιεί το ειδικό τρυπάνι για βαθιές τρύπες [σχ. 6.2ιβ (ε)]. Το συναντούμε τόσο

ως μονοάτρακτο, όσο και ως πολυάτρακτο. Έχει μορφή τόρνου και συνήθως το τρυπάνι παραμένει σταθερό και περιστρέφεται το κομμάτι. Βρίσκει εφαρμογές στην κατεργασία καννών όπλων, στο άνοιγμα οπών σε μεγάλου μήκους ατράκτους, σε διωστήρες και σε άλλα κομμάτια.

### **B. Περιγραφή και λειτουργία του δραπάνου στήλης.**

Το δράπανο στήλης [σχ. 6.2ε (a)] μαζί με το ακτινωτό δράπανο είναι τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα δράπανα στην πράξη.

Οι βασικές δομικές μονάδες ενός δραπάνου στήλης είναι: η **βάση A**, η **στήλη B** (κορμός ή ορθοστάτης), η **σταθερή κεφαλή Γ**, η **κινητή κεφαλή Δ** (η **εργαλειοφόρος κεφαλή** του δραπάνου), που εκτός από την κύρια άτρακτο Ε φέρει το κιβώτιο προώσεων και το μηχανισμό προώσεως και η **τράπεζα Ζ**. Το τρυπάνι Η (ή το παρόμιο κοπτικό εργαλείο, δηλαδή γλύφανο, ειδικό τρυπάνι κλπ.), προσαρμόζεται στο άκρο της ατράκτου και περιστρέφεται μαζί της.

Η πρωτεύουσα κίνηση (περιστροφική) στο τρυπάνισμα παρέχεται από την άτρακτο του δραπάνου, στην οποία προσδένεται το τρυπάνι (ή το ανάλογο κοπτικό εργαλείο), ενώ η κίνηση προώσεως δίνεται ως αξονική μετακίνηση της ατράκτου. Το κομμάτι στηρίζεται σταθερά στην τράπεζα του δραπάνου ή αν είναι μεγάλο στη βάση του. Ο άξονας της τρύπας που πρόκειται να ανοίξομε ευθυγραμμίζεται με τον άξονα της ατράκτου με κατάλληλη μετακίνηση του κομματιού επάνω στην τράπεζα ή στη βάση του δραπάνου.

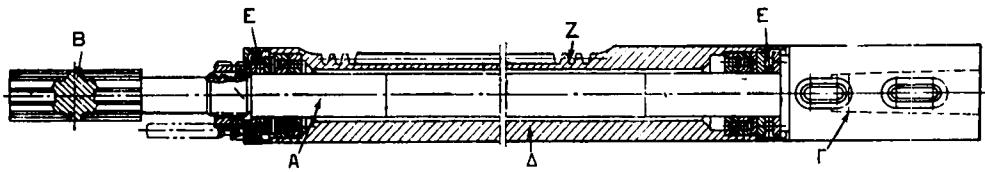
Η στήλη Β προσαρμόζεται σταθερά στη βαριά βάση Α και φέρει όλες τις λοιπές δομικές μονάδες του δραπάνου, δηλαδή τη σταθερή κεφαλή Γ, την κινητή κεφαλή Δ και την τράπεζα Ζ. Η στήλη είναι συνήθως κοίλο χυτό σε σχήμα κουτιού (μπορεί να έχει και κυλινδρικό σχήμα). Στην εμπρόσθια πλευρά της έχει κατακορύφους ολισθητήρες για το ανεβοκατέβασμα της κινητής κεφαλής και της τράπεζας. Εσωτερικά της στήλης τοποθετούνται οι διάφορες καλωδιώσεις και ηλεκτρικές συσκευές ελέγχου του δραπάνου.

Η τράπεζα Ζ φέρει αυλάκια μορφής Τ για την κατευθεία συγκράτηση κομματιών ή συσκευών προσδέσεως κομματιών ή ιδιοσυσκευών. Μπορεί να μετακινείται επάνω - κάτω στους υπάρχοντες ολισθητήρες της στήλης με τη βοήθεια χειρομοχλού Θ και ζεύγους οδοντοτροχού - οδοντωτού κανόνα και έχει τη δυνατότητα να συγκρατείται σταθερά σε ορισμένη κάθε φορά θέση καθ' ύψος της στήλης του δραπάνου, μέσα βέβαια σε ορισμένα όρια κατακόρυφης διαδρομής. Σε δράπανα με κυλινδρική στήλη η τράπεζα έχει τη δυνατότητα περιστροφής γύρω από τη στήλη, ώστε να επιτρέπει έτσι, τη στήριξη μεγάλων κομματιών στη βάση του δραπάνου. Ακόμα η τράπεζα είναι δυνατό να μετατοπίζεται κατά μήκος και εγκάρσια έτσι, ώστε να επιτρέπει άνοιγμα διαδοχικών οπών, χωρίς να απαιτείται ρύθμιση και συγκράτηση του κομματιού για το άνοιγμα κάθε τρύπας.

Το κιβώτιο ταχυτήτων που τοποθετείται στη σταθερή κεφαλή Γ είναι συνήθως τύπου με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς [παράγρ. 3.3.2(Δ)(1)]. Μπροστά από το κιβώτιο ταχυτήτων, για αύξηση του αριθμού των περιστροφικών ταχυτήτων της ατράκτου, είναι δυνατό να χρησιμοποιείται βαθμιδωτή ιμαντοκίνηση [παράγρ. 3.3. (Β)] ή συνεχής μετάδοση κινήσεως (παράγρ. 3.3.3) ή ανταλλακτικοί οδοντοτροχοί

ή ακόμα και ηλεκτροκινητήρας με δύο περιστροφικές ταχύτητες (π.χ. με 2800/1400 στρ/μin).

Η άτρακτος Α του δραπάνου (σχ. 6.2η) στο οπίσθιο άκρο της διαμορφώνεται σε εξωτερικό πολύσφηνο Β, που συναρμόζεται σε αντίστοιχο εσωτερικό του άξονα εξόδου κινήσεως του κιβωτίου ταχυτήτων, ενώ στο εμπρόσθιο φέρει προτυποποιημένο κώνο Γ (κώνο Μορς) για την προσαρμογή του κοπτικού εργαλείου είτε κατευθεία είτε μέσω κατάλληλης φωλιάς ή άλλου εξαρτήματος. Η άτρακτος στηρίζεται στο χιτώνιο (πινόλη) Δ με κατάλληλα έδρανα κυλίσεως Ε.

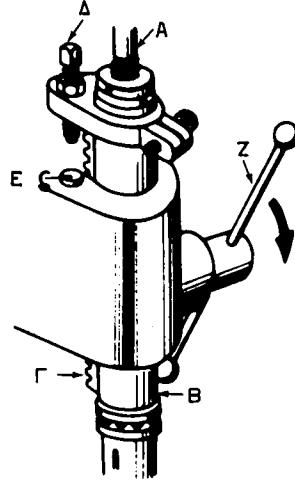


Σχ. 6.2η.

Πώς διαμορφώνεται η άτρακτος του δραπάνου μαζί με το χιτώνιο της.

Το κιβώτιο προώσεων παρέχει τις ταχύτητες προώσεως (ή τις προώσεις) και παίρνει κίνηση είτε κατευθεία από την άτρακτο είτε από κάποιον άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων. Η αλλαγή προώσεων μπορεί να γίνει με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς, με συμπλέκτες ή με ολισθαίνοντα σφήνα [παράγρ. 3.3.2(Δ)(2)].

Τέλος, ο μηχανισμός προώσεως δίνει την κίνηση προώσεως στην άτρακτο τόσο μηχανοκίνητα (αυτόματη πρόωση), όσο και χειροκίνητα. Το ανεβοκατέβασμα της άτρακτου επιτυγχάνεται με ένα ζεύγος οδοντοτροχού — οδοντωτού κανόνα. Ο οδοντωτός κανόνας Ζ (σχ. 6.2η) μορφοποιείται στο χιτώνιο της άτρακτου, ενώ ο οδοντοτροχός μπορεί να πάρει κίνηση είτε από το κιβώτιο προώσεων για την αυτόματη πρόωση της άτρακτου είτε απευθείας από χειρομοχλό. Για ρύθμιση της διαδρομής κατά την οποία θα μετακινηθεί το τρυπάνι (αυτό καθορίζει το βάθος που θα πάρουν οι τρύπες που ανοίγομε) μεταχειρίζόμαστε τη διάταξη που βλέπομε στο σχήμα 6.2θ.



Σχ. 6.2θ.

Διάταξη για τη ρύθμιση του βάθους τρυπανίσματος. Α άτρακτος, Β χιτώνιο άτρακτου, Γ οδοντωτός κανόνας, Δ ρυθμιστικός κοχλίας, Ε όριο βάθος, Ζ χειρομοχλός.

## Γ. Πώς προδιαγράφονται τά δράπανα στήλης.

Το βασικό μέγεθος, με το οποίο προδιαγράφομε τα δράπανα αυτά είναι η **μέγιστη διάμετρος τρυπανιού** σε χιλιοστόμετρα (mm) ή σε ίντσες ("") που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, για να ανοίξουμε τρύπες σε χάλυβα με όριο θραύσεως 60 kp/mm<sup>2</sup> περίπου. Το μέγεθος αυτό χαρακτηρίζει ότι ονομάζομε **διατρητική ικανότητα** του δραπάνου.

Άλλα συμπληρωματικά στοιχεία για την προδιαγραφή ενός δραπάνου στήλης μπορούν να είναι τα εξής [σχ. 6.2e (β)]:

- α) Ο προτυποποιημένος κώνος Μορς της ατράκτου.
- β) Το άνοιγμα A, του δραπάνου.
- γ) Η μέγιστη διαδρομή του τρυπανιού.
- δ) Το μέγιστο ύψος H, της ατράκτου από την τράπεζα.
- ε) Το μέγεθος της τράπεζας (μήκος x πλάτος).
- στ) Ο αριθμός και το εύρος περιστροφικών ταχυτήτων της ατράκτου.
- ζ) Ο αριθμός και το εύρος των προώσεων της ατράκτου.
- η) Η ονομαστική ισχύς και
- θ) Το συνολικό καθαρό βάρος του δραπάνου.

Ενδεικτικά ένα δράπανο στήλης μέσου μεγέθους μπορεί να προδιαγραφεί με τα ακόλουθα στοιχεία:

- Διατρητική ικανότητα: 40 mm (για χάλυβα με όριο θραύσεως 60 kp/mm<sup>2</sup>).
- Κώνος ατράκτου: Μορς 5.
- Άνοιγμα δραπάνου: A<sub>1</sub> = 355 mm.
- Μέγιστη διαδρομή τρυπανιού: 280 mm.
- Μέγιστο ύψος H<sub>1</sub> = 730 mm.
- Μέγεθος τράπεζας: 500 mm x 630 mm.
- 12 περιστροφικές ταχύτητες από 31,5 μέχρι 1400 στρ/min (φ = 1,4).
- 9 προώσεις από 0,11 ως 1,75 mm/στρ. (φ = 1,4).
- Ονομαστική ισχύς: 4 kW
- Συνολικό καθαρό βάρος: 1400 kp.

### 6.2.4 Χαρακτηριστικά μεγέθη του τρυπανίσματος.

Η **ταχύτητα κοπής** δίνεται από τη σχέση:

$$u = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}] \quad (6.1)$$

όπου D σε mm είναι η ονομαστική διάμετρος του τρυπανιού και n σε στρ/min η περιστροφική του ταχύτητα ή η περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου του δραπάνου. Όπως βλέπομε, έχει επικρατήσει να θεωρούμε την ταχύτητα κοπής στην περιφέρεια του τρυπανιού, παρ' όλο ότι αυτή μεταβάλλεται κατά μήκος της ακτίνας του και μάλιστα μειώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο.

Η **ταχύτητα προώσεως** u<sub>π</sub> σε mm/min, η **πρόωση** σε mm/στρ. και η περιστροφική ταχύτητα του τρυπανιού συνδέονται με τη σχέση:

$$u_{\pi} = n \cdot s \quad \text{ή} \quad s = \frac{u_{\pi}}{n} \quad (6.2)$$

Εδώ μπορούμε να εισαγάγουμε και την πρώση ανά κύρια κόψη  $s_z = s/Z$ , όπου  $Z$  είναι ο αριθμός των κύριων κόψεων του τρυπανιού, συνήθως  $Z = 2$ .

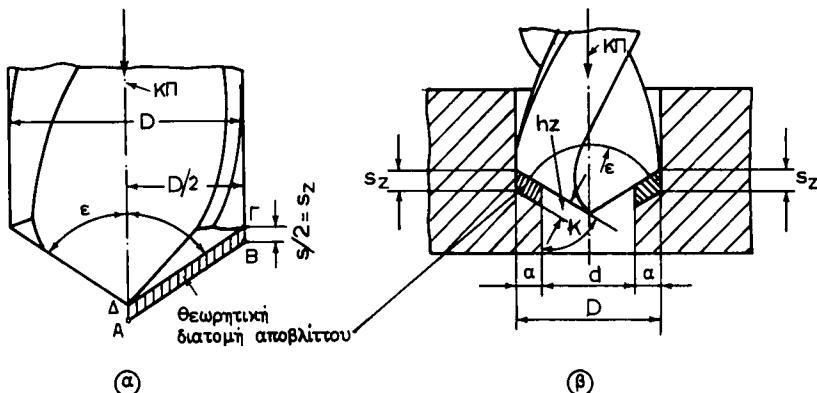
Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου (σχ. 4.2i) Α σε  $\text{mm}^2$  εκφράζεται ως εξής:

a) Για πλήρες τρυπάνισμα:

$$A = \frac{D \cdot s_z}{2} = \frac{D \cdot s}{4} \quad (6.3\alpha)$$

b) Για διεύρυνση μιας υπάρχουσας τρύπας με διάμετρο  $d$ :

$$\frac{(D - d) \cdot s_z}{2} = \frac{(D - d) \cdot s}{4} \quad (6.3\beta)$$



Σχ. 6.2i.

Χαρακτηριστικά στοιχεία του τρυπανίσματος: a) Πλήρες τρυπάνισμα. b) Διεύρυνση τρύπας.

Το ρυθμός αφαιρέσεως υλικού  $\Theta$  (συνήθως σε  $\text{cm}^3/\text{min}$ ) των υπολογίζομε από τη θεωρητική διατομή του αποβλίτου [σχέση (6.3a)] πολλαπλασιασμένη επί την ταχύτητα κοπής, δηλαδή:

$$\Theta = A \cdot u = \frac{D \cdot s \cdot u}{4} \quad [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (6.4)$$

ή θεωρώντας την εξίσωση (4.1) από τη σχέση:

$$\Theta = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{s \cdot n}{1000} \quad [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (6.5)$$

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος που μας ενδιαφέρει στο τρυπάνισμα (αλλά και σε όλες τις κατεργασίες κοπής) για λόγους εκμεταλλεύσεως της εργαλειομηχανής είναι ο καλούμενος χρόνος κοπής  $t_c$  σε min. Λέγοντας χρόνο κοπής στο τρυ-

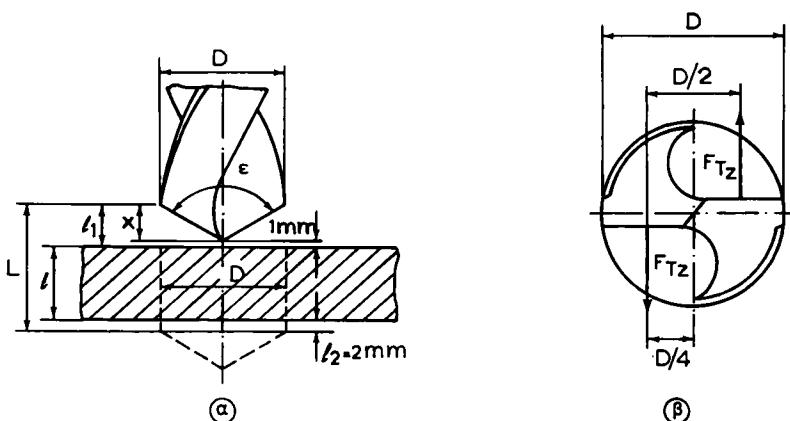
πάνισμα εννοούμε τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το κοπτικό εργαλείο (το τρυπάνι εδώ) εκτελεί μία πλήρη διαδρομή για να ανοίξει μία τρύπα βάθους  $l$  mm [σχ. 6.2ια (α)]. Στον υπολογισμό του χρόνου αυτού λαμβάνομε υπόψη και το χρόνο που απαιτείται για την **προσέγγιση** του εργαλείου στο κομμάτι (προώθησή του κατά μήκος  $l_1$ ) και για την **απομάκρυνση** του από το κομμάτι (προώθηση του εργαλείου κατά μήκος  $l_2$ ). Ύστερα από όλα αυτά υποθέτοντας και ομαλή κίνηση προώσεως βρίσκομε:

$$t_c = \frac{L}{u_{\pi}} = \frac{L}{s \cdot n} \quad [\text{min}] \quad (6.6)$$

όπου  $L = l + l_1 + l_2$  σε min. Το μήκος  $l_1$  προσδιορίζεται ως:

$$l_1 = 1 \text{ mm} + x = 1 \text{ mm} + \frac{D}{2\epsilon\phi(\omega_2)} \quad [\text{min}]$$

ενώ το μήκος  $l_2$  εκλέγεται κατά προσέγγιση ίσο προς 2 mm.



Σχ. 6.2ια.

α) Στοιχεία για τον υπολογισμό του χρόνου κοπής στο τρυπάνισμα. β) Στοιχεία για τον προσδιορισμό της ισχύος κοπής στο πλήρες τρυπάνισμα.

Τέλος η **ισχύς κοπής σε kW** (η PS), που μας είναι απαραίτητη για την εκλογή του κατάλληλου (από άποψη βέβαια ονομαστικής ισχύος) για δοσμένη περίπτωση τρυπανίσματος, δραπάνου μπορεί να υπολογισθεί από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη  $F_{Tz}$  [σχ. 6.2ι (β)] και την ταχύτητα κοπής ή από τη ροπή στρέψεως που ασκείται στο τρυπάνι (και στην άτρακτο του δραπάνου) κατά το τρυπάνισμα και από την περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω.

Για το τρυπάνισμα, η γνωστή μας σχέση (2.9) παίρνει τη μορφή:

$$N_k = \frac{F_{Tz} \cdot u}{6120} \quad [\text{kW}] \quad (6.7)$$

όπου το  $F_{Tz}$  δίνεται σε kp και το u σε m/min. Επίσης η ροπή στρέψεως  $M_d$  σε cm . kp εκφράζεται ως:

$$M_d = \frac{D \cdot F_{Tz}}{2} \cdot \frac{1}{10} = \frac{D \cdot F_{Tz}}{20} \quad (6.8)$$

Αντικαθιστώντας τώρα το u της σχέσεως (6.1) και το  $F_{Tz}$  που προκύπτει από τη σχέση (6.8) στην εξίσωση (6.7) και εκτελώντας τις πράξεις παίρνομε τελικά την ακόλουθη έκφραση για την ισχύ κοπής κατά το πλήρες τρυπάνισμα:

$$N_k = \frac{M_d \cdot n}{97410} \text{ [kW]} \quad (6.9)$$

Η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη  $F_{Tz}$  που μας είναι απαραίτητη για να βρούμε τη ροπή στρέψεως [σχέση (6.8)], βρίσκεται με βάση την ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$  (παράγρ. 6.6.2), δηλαδή:

$$F_{Tz} = A \cdot k_s = \frac{D}{2} \cdot s_z \cdot k_s = \frac{D}{2} \cdot \frac{h_z}{\eta \mu(\epsilon_z)} \cdot k_s \quad (6.10)$$

αν λάβομε υπόψη τη σχέση (5.3a) και δτι [σχ. 5.2ι (β)]:

$$h_z = s_z \cdot \eta \mu \kappa = s_z \cdot \eta \mu (\epsilon_z) \quad (6.11)$$

όπου  $h_z$  σε mm είναι το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου. Επειδή όμως η ειδική αντίσταση κοπής, όπως γνωρίζομε (παράγρ. 2.6.2), εξαρτάται από το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου κατά τη σχέση:

$$k_s = k_1 h_z^{-z} \quad (6.12)$$

η συνιστώσα  $F_{Tz}$  [σχέση 6.10)] τελικά θα πάρει τη μορφή:

$$F_{Tz} = \frac{k_1 \cdot D}{2 \eta \mu(\epsilon_z)} \cdot h_z^{(1-z)} \quad (6.13)$$

Εφόσον έχουμε υπολογισμένο το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου  $h_z$  [σχέση 6.11)], μπορούμε να βρούμε τη συνιστώσα  $F_{Tz}$  είτε με τη βοήθεια της εξισώσεως 6.10), αφού όμως πάρομε την τιμή του  $k_s$  για το δοσμένο  $h_z$  από τον Πίνακα 2.6.1 για το υλικό που πρόκειται να κατεργασθούμε, είτε χρησιμοποιώντας τη σχέση 6.13) με τιμές των σταθερών  $k_1$  και  $z$ , τις οποίες μας δίνει ο ίδιος Πίνακας για το θεωρούμενο υλικό του κομματιού.

Στο πλήρες τρυπάνισμα διορθώνομε την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής  $F_{Tz}$  μόνο λόγω φθοράς του τρυπανιού εκλέγοντας το  $K_\phi$  [σχέση (2.10)] ανάμεσα στις τιμές 1,25 και 1,40. Στην περίπτωση που διερύνομε μια τρύπα με τρυπάνι παίρνομε ένα νέο συντελεστή διορθώσεως  $K_K = 0,95$ .

Η ονομαστική ισχύς του κύριου ηλεκτροκινητήρα του δραπάνου (μπορεί το δράπανο να έχει και άλλους δευτερεύοντες ηλεκτροκινητήρες) υπολογίζεται από τη σχέση (2.12), όπου ο συνολικός μηχανικός βαθμός αποδόσεως η του συστήμα

τος μεταδόσεως κινήσεως των δραπάνων κυμαίνεται από 0,70 μέχρι 0,85 (οι χαμηλότερες τιμές του βαθμού αποδόσεως ισχύουν για μικρά σχετικώς δράπανα, ενώ οι ψηλότερες για μεγάλα).

### **Παραδείγματα.**

1) Πρόκειται να ανοίξομε διαμπερείς τρύπες (σχ. 6.2ia) βάθους  $l = 50$  mm σε κομμάτι από χάλυβα St 60 με τρυπάνι από ταχυχάλυβα, με ονομαστική διάμετρο  $D = 25$  mm και γωνία κορυφής  $\epsilon = 120^\circ$  (Πίνακας 6.2.1). Εκλέγομε ταχύτητα κοπής  $u = 28$  m/min και πρόωση  $s = 0,31$  mm/στρ. (είναι προτυποποιημένη) με τη βοήθεια των Πινάκων 6.2.3 και 6.2.2 αντιστοίχως [παράγρ. 6.2.5 (B) (2)].

Το δράπανο διαθέτει τις ακόλουθες περιστροφικές ταχύτητες:

$n$  [στρ/min]: 31,5 45 63 90 125 180 250 355 500 710 1000 1400.

Ζητούμε να υπολογίσετε:

α) Την περιστροφική ταχύτητα που του τρυπανιού και από αυτή που θα βρείτε να διαλέξετε την πλησιέστερη προτυποποιημένη.

β) Το ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου  $\Theta$  σε  $\text{cm}^3/\text{min}$  και

γ) το χρόνο που θα χρειασθεί το τρυπάνι για να ανοίξει την τρύπα (χρόνος κοπής  $t_c$ ).

α) Περιστροφική ταχύτητα [σχέση (6.1)]:

$$n = \frac{1000 u}{\pi D} = \frac{1000 \times 28}{3,14 \times 25} = \frac{28000}{78,5} = 356 \text{ στρ/min.}$$

### **ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1.**

**Γωνίες κορυφής, γωνίες έλικας, μορφή και τύπος τρυπανιών για διαφορά υλικά.**

Υλικό	Γωνία κορυφής	Γωνία έλικας	Τύπος
Χάλυβας, χυτοσίδηρος, ντουραλουμίνιο	118° 124°	20° 30°	N
Ορείχαλκος, κρατέρωμα	130°	10° 15°	H(N)
Κράματα αλουμινίου, χαλκός	140° 120° 130°	35° 40°	W(N)
Κράματα μαγνησίου, ήλεκτρο Νοβοτέξ	90° 80° 110°	35° 40°	W
Σκληροκόμι	30°	15°	H
Πλαστικές ύλες	50° 80°	10° 15°	H
Σκληρό χαρτί, βακελίτης, μάρμαρο	80° 90°	10° 15°	H

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2.**

**Συνιστώμενες πημές για την πρόωση σ κατά το τρυπανισμα διαφόρων υλικών με ελικοειδές τρυπάνι από ταχυχάλιυβα.**

Είδος υλικού	'Οριο θραύσεως (kp/mm <sup>2</sup> ) ή σκληρότητα σε Brinell	Πρόωση s (mm/στρ) νια διάφορες			
		περιοχές ονομαστικής διαμέτρου τρυπανιού φ (mm)			
		2...10	10...20	20...40	40...60
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 90... 110	0,03...0,2 0,03...0,16 0,02...0,125 0,01...0,1	0,2 ...0,3 0,16...0,24 0,12...0,18 0,1 ...0,14	0,3 ...0,4 0,24...0,32 0,16...0,24 0,14...0,2	0,4 ...0,5 0,32...0,4 0,24...0,32 0,2 ...0,24
Χαλυβοκράματα	100... 120	0,01...0,1	0,1 ...0,14	0,14...0,2	0,2 ...0,24
Ανοξείδωτοι χάλυβες		0,02...0,125	0,12...0,18	0,18...0,24	0,24...0,32
Χυτοχάλυβες	38... 52	0,03...0,16	0,16...0,24	0,24...0,32	0,32...0,4
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell άνω 200 Brinell	0,06...0,24 0,04...0,18	0,24...0,32 0,04...0,24	0,32...0,35 0,24...0,36	0,45...0,56 0,36...0,45
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		0,04...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36 ...0,45
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		0,02...0,125	0,12...0,18	0,18...0,24	0,24...0,32
Κράματα αργιλίου		0,05...0,24	0,24...0,3	0,3 ...0,45	0,45...0,56
Ορείχαλκος		0,4 ...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
Κρατέρωμα		0,04...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
Πλαστικά		0,08...0,32	0,32...0,45	0,45...0,56	0,56...0,70

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.3.**

**Συστάσεις για την εκλογή της ταχύτητας κοπής υ για τρυπανισμα διαφόρων υλικών με ελικοειδές τρυπάνι από ταχυχάλιυβα.**

Είδος υλικού	'Οριο θραύσεως (kp/mm <sup>2</sup> ) ή σκληρότητα σε Brinell	Ταχύτητα κοπής υ [m/min]
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 90... 110 100... 120	25...40 25...30 12...20 6...12 10...15
Χαλυβοκράματα		7...12
Ανοξείδωτοι χάλυβες		12...20
Χυτοχάλυβες	38... 52	20...35
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell άνω 200 Brinell	15...25
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		15...30
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		12...20
Κράματα αργιλίου	ως 160	ως 160
Ορείχαλκος	ως 70	ως 70
Κρατέρωμα	ως 70	ως 70
Πλαστικά		15...30

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη περιστροφική ταχύτητα προς αυτή που υπολογίσαμε είναι η 355 στρ./min (σχεδόν συμπίπτει), την οποία και εκλέγομε. Έτσι δεν χρειάζεται να διορθωθεί η ταχύτητα κοπής που εκλέξαμε.

β) Ρυθμός αφαιρέσεως μετάλλου [σχέση (6.4)]:

$$\Theta = \frac{D \cdot s \cdot u}{4} = \frac{25 \times 0,31 \times 28}{4} = 54,1 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

γ) Χρόνος κοπής:

Υπολογίζομε αρχικά το:

$$l_1 = 1 \text{ mm} + \frac{D}{2\epsilon\phi(\epsilon/2)} = 1 + \frac{25}{2 \times \epsilon\phi 60^\circ} = 1 + \frac{25}{2 \times 1,73} = 1 + \frac{25}{3,46} = \\ 1 + 7,2 = 8,2 \text{ mm.}$$

και κατόπιν το συνολικό μήκος L το οποίο θα διανύσει το τρυπάνι, δηλαδή:

$$L = l + l_1 + l_2 = 50 + 8,2 + 2 = 60,2 \text{ mm.}$$

Ο χρόνος κοπής [σχέση (4.6)] θα είναι:

$$t_c = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{60,2}{0,31 \times 355} = \frac{60,2}{110} = 0,55 \text{ min.}$$

2) Αν διαθέτομε στο μηχανουργείο δύο δράπανα κατάλληλα για το τρυπάνισμα του προηγουμένου παραδείγματος με ονομαστική ισχύ 1,5 kW και 4 kW αντίστοιχα, ποιο από τα δύο θα χρησιμοποιήσουμε:

Η ονομαστική ισχύς του δραπάνου θα δοθεί από τη σχέση (2.12), δηλαδή:

$$N_0 = \frac{N_{k\delta}}{\eta} = \frac{K_\Phi \cdot N_k}{\eta}$$

όπου  $K_\Phi$  είναι διορθωτικός συντελεστής λόγω φθοράς του τρυπανιού, τον οποίο εκλέγομε ίσο με 1,30 (παράγρ. 6.2.4).

Για να βρούμε όμως την ισχύ κοπής  $N_k$  [σχέση (6.9)], θα πρέπει να υπολογίσουμε τη ροπή στρέψεως  $M_d$  [σχέση (6.8)] από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής  $F_{Tz}$  [σχέση (6.10)] ακολουθώντας την παρακάτω σειρά υπολογισμών:

$$h_z = \xi_z \cdot \eta\mu(\epsilon/2) = \frac{s}{2} \cdot \eta\mu(\epsilon/2) = \frac{0,31}{2} \times \eta\mu 60^\circ = \frac{0,31}{2} \times 0,866 = 0,134 \text{ mm.}$$

Στην τιμή αυτή θεωρητικού πάχους αποβλίτου 0,134 mm αντιστοιχεί ειδική αντίσταση κοπής  $k_s = 297 \text{ kp/mm}^2$  περίπου (η τιμή αυτή βρέθηκε με γραμμική παρεμβολή) για χάλυβα St 60.

$$F_{Tz} = \frac{D}{2} \cdot h_z \cdot k_s = \frac{25}{2} \times 0,134 \times 297 = 495 \text{ kp}$$

$$M_d = \frac{D \cdot F_{Tz}}{20} = \frac{25 \times 495}{20} = 621 \text{ cm . kp}$$

$$N_k = \frac{621 \times 355}{97410} = 2,32 \text{ kW}$$

$$N_0 = \frac{1,30 \times 2,32}{0,75} = 4 \text{ kW}$$

Ο συνολικός μηχανικός βαθμός αποδόσεως του δραπάνου εκλέγεται ως η = 0,75 (παράγρ. 6.2.4), γιατί η ισχύς κοπής που βρήκαμε είναι σχετικά χαμηλή.

Το δράπανο επομένως που θα διαλέξουμε για την εργασία αυτή θα είναι εκείνο που έχει ονομαστική ισχύ 4 kW.

### **6.2.5 Εκτέλεση του τρυπανίσματος.**

#### **A. Ανάλυση των εργασιών για την κατεργασία ενός κομματιού. Το φύλλο κατεργασίας.**

Στην παράγραφο 1.1 ΜΤ-ΕΙ, μιλώντας γενικά για την εργασία μας στο μηχανουργείο αναφερθήκαμε και στα βήματα που ακολουθούμε για τη σχεδίαση και την εκτέλεση μιας οποιασδήποτε μηχανουργικής κατεργασίας, δηλαδή στην απαιτούμενη πληροφόρηση σχετικά με το κομμάτι που πρόκειται να κατεργασθούμε, στη σχεδίαση της κατεργασίας του κομματιού, στην προπαρασκευή για την κατεργασία, στην εκτέλεση της κατεργασίας του και τέλος στην επιθεώρησή του. Όλες αυτές οι εργασίες αποτελούν το μέρος εκείνο της παραγωγικής διαδικασίας που σχετίζεται με τη μορφοποίηση του προϊόντος. Και δεν θα πρέπει να μας διαφεύγει το γεγονός ότι, πέρα από τις εργασίες αυτές, εκτελούμε στο μηχανουργείο και συναρμολόγηση κομματιών ή εξαρτημάτων που κατασκευάζομε σε μηχανές ή κατασκευές, προμηθευόμαστε και αποθηκεύομε υλικά που χρειαζόμαστε κ.α.

Στην παράγραφο αυτή θα δώσουμε περισσότερες πληροφορίες σε ό,τι αφορά την ανάλυση που κάνομε, όταν πρόκειται να κατεργασθούμε ένα κομμάτι, για να καταρτίσουμε το **φύλλο κατεργασίας** του [μιλήσαμε γενικά κάπως γι' αυτό στην παράγραφο 1.1 (Δ) ΜΤ-ΕΙ], που αποτελεί οδηγό μας για την πιο αποδοτική και πιο οικονομική παραγωγή του κομματιού. Αναλύομε έτσι τις απαιτούμενες για την κατεργασία του κομματιού εργασίες σε **πράξεις** και σε **φάσεις**.

Κάθε **πράξη** ( $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_v$ ), περιλαμβάνει τις ενέργειες εκείνες που απαιτούνται για την κατεργασία (μερική ή ολική) ενός συγκεκριμένου κομματιού σε καθορισμένη εργαλειομηχανή από τον ίδιο συνήθως τεχνίτη. Η πράξη συνεπώς χαρακτηρίζεται από αδυναμία εναλλαγής κομματιού και εργαλειομηχανής. Σε μία και την αυτή πράξη είναι δυνατό το κομμάτι να προσδένεται κατάλληλα περισσότερες από μία φορές, οπότε θα έχομε πρώτη πρόσδεση ( $\Pi_1$ ), δεύτερη πρόσδεση ( $\Pi_2$ ) κλπ. Υπάρχουν όμως και εργασίες που δεν εκτελούνται σε εργαλειομηχανές, όπως προκαταρτικές εργασίες (χάραξη, αποξείδωση του κομματιού, πρόσδεση κομματιού και εργαλείου κ.α.).

Αυτές τις εργασίες θα τις χαρακτηρίσομε ως **βοηθητικές εργασίες** και θα τις συμβολίζουμε ως  $E_1$ ,  $E_2$ , ...,  $E_k$ .

Το μέρος της πράξεως, που εκτελείται για τη μορφοποίηση μιας μόνο επιφάνειας του κομματιού με το ίδιο κοπτικό εργαλείο και κάτω από σταθερές συνθήκες κατεργασίας (ταχύτητα κοπής, πρώση και βάθος κοπής) και με χρήση του ίδιου υγρού κοπής (αν χρησιμοποιείται υγρό κοπής), το ονομάζουμε **απλή φάση κατεργασίας** ( $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ , ...,  $\Phi_L$ ) ή απλούστερα **φάση κατεργασίας**. Π.χ., το τρυπάνισμα εκχονδρίσεως, το τρυπάνισμα αποπερατώσεως και η γλύφανση στο παράδειγμα που δίνομε στο σχήμα 6.3η αποτελούν φάσεις κατεργασίας ( $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  και  $\Phi_5$  αντίστοιχα) μιας τρύπας<sup>1</sup> και αυτό γιατί γίνονται για τη μορφοποίηση αυτής της τρύπας και η κάθε μία από αυτές εκτελείται με ξεχωριστό εργαλείο (με τρυπάνι εκχονδρίσεως η  $\Phi_2$ , με τρυπάνι τελικής κατεργασίας η  $\Phi_3$  και με γλύφανο η  $\Phi_5$ ) και κάτω από καθορισμένες (ξεχωριστές για κάθε φάση) συνθήκες κατεργασίας. Στην περίπτωση που οι φάσεις αυτές μαζί με τις  $\Phi_1$  και  $\Phi_4$  του σχήματος εκτελεσθούν στο ίδιο δράπανο, τότε θα έχουμε μία και μόνη πράξη ( $\Pi_1$ ), ενώ αν οποιεσδήποτε (μία η περισσότερες) φάσεις γίνουν σε άλλη εργαλειομηχανή, τότε λαμβάνουν χώρα δύο πράξεις ( $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ) για την κατεργασία της τρύπας. Είναι δυνατό όμως να κατεργαζόμαστε συγχρόνως πολλές επιφάνειες του κομματιού με αντίστοιχα κοπτικά εργαλεία και κάτω από τις συνθήκες που προηγουμένως αναφέραμε. Εδώ έχουμε μία **σύνθετη φάση κατεργασίας**.

Οι εφαρμογές διευκολύνονται κατά πολύ (ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κατεργασίας περίπλοκων κομματιών, που απαιτούν πολλές πράξεις και φάσεις κατεργασίας) με τη **σχηματική παράσταση των φάσεων κατεργασίας** (εδώ δίνονται και στοιχεία σχετικά με την πρόσδεση του κομματιού και κοπτικού εργαλείου). Το διάγραμμα αυτό μαζί με τις επιλεγόμενες συνθήκες κατεργασίας, τη γεωμετρική μορφή των κοπτικών εργαλείων, τα υγρά κοπής και την υπολογιζόμενη ισχύ κοπής (και την εκλεγόμενη προτυποποιημένη ονομαστική ισχύ της εργαλειομηχανής), όπως και το χρόνο κοπής, όλα αυτά συνιστούν το φύλλο κατεργασίας, όπως θα δούμε παρακάτω στο παράδειγμα που θα δώσουμε [παράγρ. 6.3.1 ( $\Delta$ )].

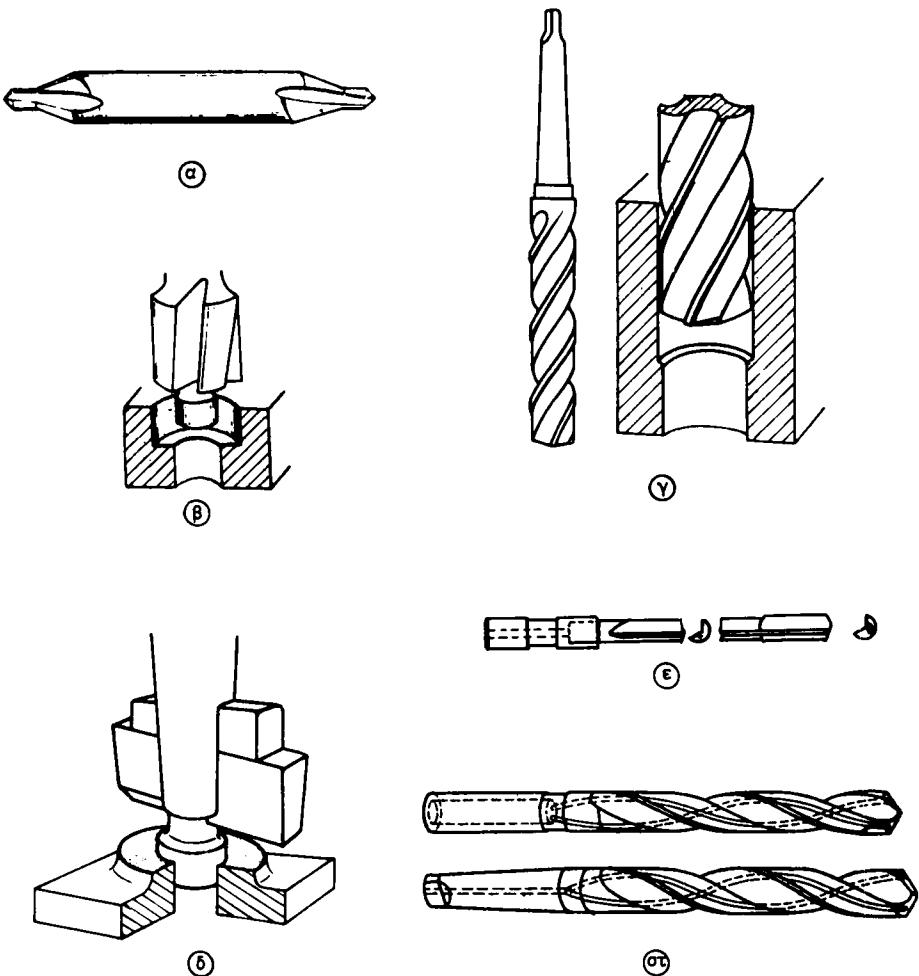
## B. Πώς εκλέγονται οι διάφοροι παράγοντες κοπής στο τρυπάνισμα.

### 1. Η γεωμετρική μορφή του τρυπανιού.

Η ονομαστική διάμετρος ενός τρυπανιού, όπως έχουμε αναφέρει στην παράγραφο 6.2.2, είναι καθοριστική για το μέγεθός του. Η μορφή του χαρακτηρίζεται από τη γωνία έλικας σ και από τη γωνία κορυφής του ε. Ανάλογα με τις τιμές που παίρνει η γωνία έλικας διακρίνομε τα τρυπάνια σε τρεις τύπους (Πίνακας 6.2.1) που συμβολίζονται με τα γράμματα του λατινικού αλφαβήτου Η (για μικρές γωνίες έλικας), Ν (για μέσες γωνίες έλικας) και W (για τις μεγαλύτερες τιμές της γωνίας έλικας που συναντούμε).

Το είδος του υλικού, στο οποίο θα ανοίξομε τρύπες, είναι βασικό στοιχείο για τον καθορισμό της μορφής (άρα την εκλογή) του τρυπανιού. Στον Πίνακα 6.2.1, ανάλογα με το υλικό του κομματιού, έχουμε σχεδιάσει τη γεωμετρική μορφή που παίρνουν τα αντίστοιχα τρυπάνια, δίνοντας συγχρόνως το χαρακτηριστικό γράμμα της μορφής τους μαζί με οριακές τιμές για τη γωνία κορυφής ε και τη γωνία έλικας

σ. Πέρα όμως από το υλικό του κομματιού, υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εκλογή του κατάλληλου για κάθε περίπτωση τρυπανιού. Ενδεικτικά εδώ μπορούμε να αναφέρομε ως τέτοιο παράγοντα το λόγο του βάθους μιας τρύπας ως προς τη διάμετρο της. Αν ο λόγος αυτός πάιρνει μεγάλες τιμές, (π.χ. τιμές μεγαλύτερες από 8) η τρύπα χαρακτηρίζεται ως **βαθιά** και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο για βαθιές τρύπες τρυπάνι [σχ. 6.2ιβ(ε)] για το άνοιγμά της επίσης το αν η τρύπα θα ανοιχθεί από την αρχή ή αν υπάρχουσα τρύπα θα διευρυνθεί [στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούμε συνηθισμένο ελικοειδές τρυπάνι, ενώ στη δεύτερη μπορούμε να μεταχειριστούμε τρυπάνι αποπερατώσεως, σχ. 6.2ιβ(γ)] κλπ.



**Σχ. 6.2ιβ.**

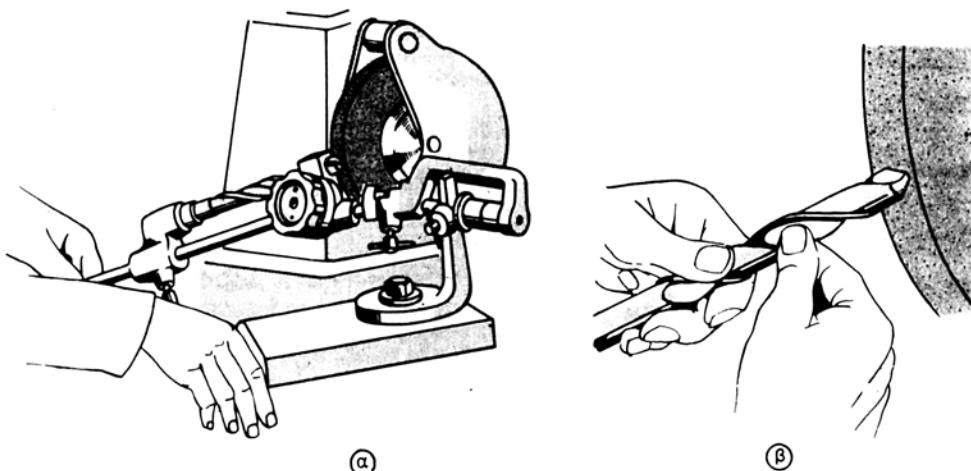
Διάφορα ειδικά τρυπάνια.

Τρυπάνια με διáμετρο 2 mm και μεγαλύτερη συμβολίζονται ως εξής:

Ονομαστική διáμετρος σε mm - Τύπος (H, N ή W) - Προδιαγραφή DIN - Υλικό. Π.χ. ο συμβολισμός ενός τρυπανιού 20 N DIN 345 HSS σημαίνει ένα τρυπάνι από ταχυχάλυβα, τύπου N με ονομαστική διáμετρο 20 mm κατά DIN 345.

Εκτός από το συνηθισμένο ελικοειδές τρυπάνι, με το οποίο ασχοληθήκαμε εδώ και στην παράγραφο 6.2.2, έχομε και τα λεγόμενα **ειδικά τρυπάνια** (σχ. 6.2ιβ (α)). Και πιο συγκεκριμένα αναφέρομε το κεντροτρύπανο [σχ. 6.2ιβ (α)] με το οποίο κάνομε το κεντράρισμα αξόνων που πρόκειται να κατεργαστούμε σε τόρνο, διάφορα είδη **φραιζοτρυπάνων** [σχ. 6.2ιβ (β)], με τα οποία διαμορφώνομε τα άκρα οπών για διαφόρους λόγους (π.χ. για επικάθηση της κεφαλής ενός φραιζάτου κοχλία) ή και καθαρίζομε τα άκρα οπών μετά το άνοιγμά τους. Ακόμα έχομε το **τρυπάνι αποπερατώσεως** [σχ. 6.2ιβ (γ)], που το μεταχειρίζόμαστε για διεύρυνση και τελική κατεργασία οπών. Το τρυπάνι αυτό έχει τρεις ή τέσσερες κύριες κόψεις (και αυλάκια), δεν έχει κορυφή και με αυτό επιτυγχάνομε μεγαλύτερη ακρίβεια της τρύπας (με καλύτερη οδήγηση του τρυπανιού) και βελτιωμένη τραχύτητα του τοιχώματός της: επίσης με το ειδικό τρυπάνι του σχήματος 6.2ιβ(δ) κάνομε επιπέδωση στα άκρα οπών. Τέλος, αναφέρομε το ειδικό **τρυπάνι για βαθιές τρύπες** [σχ. 6.2ιβ(ε)], όπως και το **τρυπάνι με αγωγούς** για τη ροή του υγρού κοπής [σχ. 6.2ιβ(σ)].

Μιλώντας στην παράγραφο αυτή για τη μορφή των τρυπανιών θα πρέπει να τονίσουμε την ιδιάιτερη σημασία που έχει η τρόχισή τους, για την οποία έχομε μιλήσει στην παράγραφο 13.3 της MT-EI. Η αποδοτική εργασία του τρυπανιού και η μακριά ζωή του εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη σωστή και επιμελημένη τρόχισή του. Τρόχισή τρυπανιών με επιτυχία μόνο σε τροχιστικά μηχανήματα κοπτικών εργαλείων (σε γενικής χρήσεως ή σε ειδικά για τρυπάνια) μπορεί να γίνει [σχ. 6.2ιγ(α)] και μάλιστα από έμπειρο και προσεκτικό τεχνίτη και αυτό, γιατί το τρυπάνι είναι ένα περίπλοκο κοπτικό εργαλείο και η τρόχισή του παρουσιάζει δυσκολίες. Στην



**Σχ. 6.2ιγ.**

Πώς τροχίζομε τα τρυπάνια: α) Με ειδική συσκευή. β) Με το χέρι.

τρόχιση με το χέρι [σχ. 6.2ιγ(β)] γίνονται σοβαρά σφάλματα στη γωνία κορυφής και στο μήκος των κυρίων κόψεων. Τα σφάλματα στην τρόχιση των τρυπανιών έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ακρίβεια των οπών, που ανοίγομε με αυτά (ΜΤ-ΕΙ σχ. 13.3στ). Μετά το τρόχισμα είναι αναγκαίος προσεκτικός έλεγχος των γωνιών του τρυπανιού με τα κατάλληλα μετρητικά όργανα (ΜΤ-ΕΙ, σχ. 13.3ε).

## 2. Οι συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής.

Λέγοντας συνθήκες κατεργασίας εννοούμε γενικά την ταχύτητα κοπής, την πρόωση και το βάθος κοπής (έχουμε μιλήσει γι' αυτό στην παράγραφο 1.2). Στο τρυπάνισμα (σχ. 6.2ι), όπως εύκολα φαίνεται, το βάθος κοπής συμπίπτει με την ακτίνα (D/2) του τρυπανιού. Η σωστή εκλογή των συνθηκών κατεργασίας (και συγκεκριμένα στο τρυπάνισμα της ταχύτητας κοπής και της προώσεως, γιατί το βάθος κοπής καθορίζεται, εφόσον εκλέγεται η ονομαστική διάμετρος του τρυπανιού) έχει μεγάλη σημασία για την οικονομική εκμετάλλευση της εργαλειομηχανής και του κοπτικού εργαλείου. Υπερβολικές τιμές της ταχύτητας κοπής και της προώσεως, με την προϋπόθεση βέβαια ότι επαρκεί η ισχύς της εργαλειομηχανής [σχέσεις (6.7), (6.10)], ενώ από το ένα μέρος αυξάνουν το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού [σχέση (6.4)] από το άλλο, εξαιτίας της αναπτύξεως υπερβολικής θερμότητας, επιδρούν έτσι, ώστε να μειώνεται η ζωή του κοπτικού εργαλείου. Και το αντίθετο όμως δεν είναι συμφέρον, γιατί με χαμηλές τιμές της ταχύτητας κοπής και της προώσεως δεν εκμεταλλεύμαστε πλήρως τις ικανότητες εργαλειομηχανής και κοπτικού εργαλείου. Είναι ανάγκη επομένως, για δοσμένη περίπτωση κατεργασίας, να επιλέγει κανένας τέτοιες συνθήκες κοπής, ώστε να παίρνει ένα **βέλτιστο αποτέλεσμα** σε κάποιο χαρακτηριστικό μέγεθος (π.χ. στο κόστος του κομματιού). Αυτό όμως παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες και η συνηθισμένη πρακτική είναι να επιλέγομε συνθήκες κατεργασίας από **συνιστώμενες τιμές** τους, που βρίσκομε στη σχετική με τις κατεργασίες κοπής και τις εργαλειομηχανές βιβλιογραφία. Έτσι, ειδικότερα για το τρυπάνισμα που μας ενδιαφέρει εδώ, παραθέτομε συνιστώμενες τιμές για την πρόωση και την ταχύτητα κοπής αντιστοίχως στους Πίνακες 6.2.2 και 6.2.3. Οι τιμές της προώσεως δίνονται συναρτήσει της ονομαστικής διαμέτρου του τρυπανιού για το τρυπάνισμα ποικιλίας από υλικά και για τρυπάνια από ταχυχάλυβα. Η ταχύτητα κοπής εκλέγεται με βάση το υλικό του κομματιού και το υλικό κατασκευής του τρυπανιού (ταχυχάλυβας για τα στοιχεία του Πίνακα 6.2.3).

Εκλογή και χρησιμοποίηση ταχυτήτων κοπής πολύ ψηλότερων από τις συνιστώμενες είναι δυνατό να έχει ως αποτέλεσμα συσσώρευση γρεζιών στα αυλάκια του τρυπανιού με κίνδυνο το σπάσιμο του ή την υπέρμετρη φθορά του στην οδηγητική λωρίδα· επίσης με πρόωση αρκετά μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη υπάρχει κίνδυνος το τρυπάνι να σπάσει ή να ξεφύγει από τον άξονά του και το σχηματιζόμενο παχύ γρέζι να δυσκολεύεται να κινηθεί προς τα έξω μέσα στα αυλάκια του τρυπανιού.

Το υγρό κοπής εκλέγεται ανάλογα με το υλικό του κομματιού από τα στοιχεία που παραθέτομε στον Πίνακα 6.2.4.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.4.**

**Συνιστώμενα υγρά κοπής για τρυπάνισμα, γλύφανση και εσωτερική σπειροτόμηση.**

Υλικό κομματιού	Τρυπάνισμα	Γλύφανση	Εσωτερική σπειροτόμηση
Μαλακοί χάλυβες	Γ	Γ	ΛΚ(Θ)
Σκληροί χάλυβες	Γ,ΛΚ	Γ	ΛΚ(Θ - Χ)
Ανοξείδωτοι χάλυβες	Γ,ΛΚ	Γ	ΛΚ(Θ), ΛΚ(Θ - Χ)
Φαιός χυτοσίδηρος	ΞΚ*	ΞΚ	Γ, **ΞΚ
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος,			
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	ΞΚ	Γ	ΛΚ(Θ), Γ
Αργύλιο και κράματά του	Γ,Ο	Γ,ΛΚ	Γ
Χαλκός και κράματά του	ΞΚ,Ο,Γ	Γ,ΞΚ	Γ,Ο

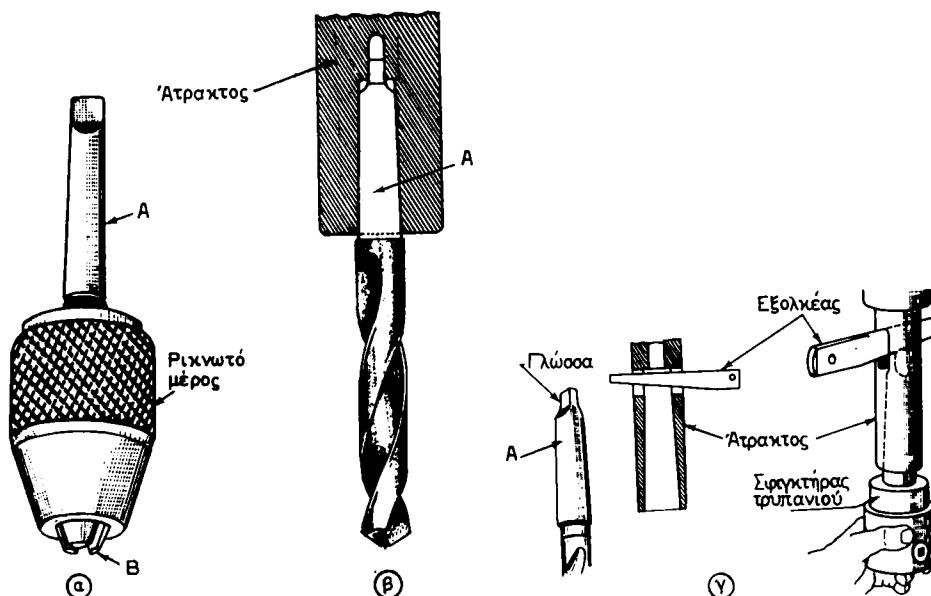
Γ γαλάκτωμα, ΛΚ λάδι κοπής: Θειωμένο (Θ), Θείο - χλωριωμένο (Θ - Χ), Ο μήγμα ορυκτελαίου - λιπαρού ελαίου, ΞΚ ξηρά κοπή (χωρίς υγρό κοπής).

\* Έχουμε πιο ευνοϊκά αποτελέσματα, αν διοχετεύομε ρεύμα αέρος στη θέση της κοπής.

\*\* Προτιμάμε χρήση γαλακτώματος από την ξηρά κοπή.

**Γ. Η πρόσδεση του τρυπανιού.**

Το τρυπάνι ως περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο μπορεί να συγκρατηθεί στην άτρακτο του δραπάνου με δυο κυρίως τρόπους: Είτε με κατάλληλο σφιγκτήρα



**Σχ. 6.2.6.**

Πως προσδένονται τα τρυπάνια στην άτρακτο του δραπάνου. Α στέλεχος τρυπανιού, Β σιαγόνες σφιγκτήρα.

(τσοκ) είτε με προσαρμογή του κατευθείαν ή με τη βοήθεια φωλιάς στην κολουροκωνική υποδοχή του άκρου της ατράκτου. Στο σφιγκτήρα [συνήθως με τρεις σιαγόνες, σχ. 6.2ιδ(α)] συγκρατούμε τρυπάνια με κυλινδρικό στέλεχος. Ο σφιγκτήρας φέρει κολουροκωνικό στέλεχος (ουρά), το οποίο συναρμόζεται στην αντίστοιχη υποδοχή της ατράκτου. Απευθείας, συγκράτηση του τρυπανιού [σχ. 6.2ιδ (β)] κάνομε στην άτρακτο του δραπάνου για τρυπάνια με κολουροκωνικό στέλεχος και με ονομαστική διάμετρο συνήθως μεγαλύτερη από 13 mm ( $\frac{1}{2}$ "'). Στην περίπτωση αυτή το τρυπάνι για καλύτερη ασφάλιση φέρει στο άκρο του στελέχους του μια γλώσσα, που εφαρμόζει σε αντίστοιχο αυλάκι της ατράκτου. Για πρόσδεση τρυπανιών με μέγεθος στελέχους μικρότερο από το μέγεθος της υποδοχής της ατράκτου του δραπάνου χρησιμοποιούμε κατάλληλες κολουροκωνικές (εσωτερικά και εξωτερικά) φωλιές. Η αφαίρεση τάσο του σφιγκτήρα, όσο και του τρυπανιού ή της φωλιάς, αν το τρυπάνι προσαρμόζεται στην άτρακτο μέσω φωλιάς, γίνεται με κατάλληλο εξολκέα [σχ. 6.2ιδ(γ)].

#### **Δ. Η πρόσδεση των κομματιών.**

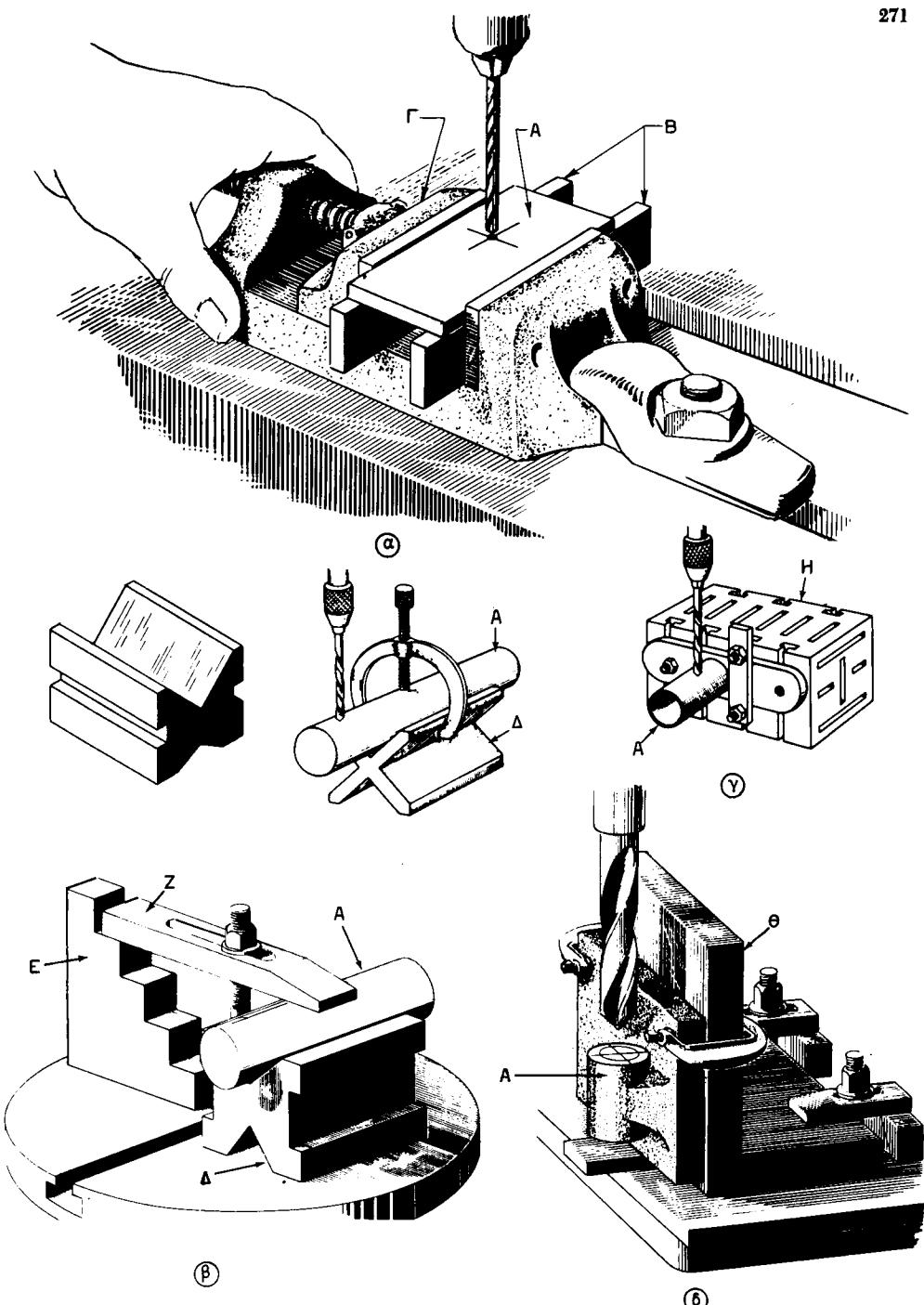
Η πρόσδεση των κομματιών στο δράπανο θα πρέπει να είναι η ενδεδειγμένη ανάλογα με τη μορφή και το μέγεθος του κομματιού και να εκτελείται προσεκτικά και ασφαλώς. Βασική αρχή, την οποία θα πρέπει σχολαστικά να ακολουθούμε είναι ότι **όλα τα κομμάτια που πρόκειται να τρυπήσουμε, θα πρέπει να τα στηρίζομε κατάλληλα με ασφάλεια στην τράπεζα του δραπάνου ή, αν είναι πολύ μεγάλα, στη βάση του** εφόσον βέβαια το δράπανο μας παρέχει αυτή τη δυνατότητα. Και τούτο γιατί ένα κομμάτι που κατεργαζόμαστε, αν δεν είναι επαρκώς στερεωμένο, είναι δυνατό με τη ροπή στρέψεως που αναπτύσσεται κατά το τρυπάνισμα να παρασυρθεί από το περιστρεφόμενο τρυπάνι και να προξενηθεί έτσι ζημία τόσο σε αυτό όσο και στο κομμάτι και ακόμα το σπουδαιότερο να προξενηθεί ατύχημα στο χειριστή που χειρίζεται το δράπανο. Εξαίρεση από αυτόν τον κανόνα μπορεί να γίνει μόνο για πολύ βαριά κομμάτια που λόγω του βάρους τους παραμένουν σταθερά κάτω από το τρυπάνι και δεν διατρέχουν τον κίνδυνο να παρασυρθούν από αυτό.

Ο ασφαλέστερος τρόπος για πρόσδεση κομματιών, όσο βέβαια το μέγεθος και η μορφή τους το επιτρέπουν, είναι η χρησιμοποίηση κατάλληλης μέγγενης εργαλειομηχανών [σχ. 3.6θ, σχ. 6.2ιε(α)], που στερεώνεται με βλήτρα στην τράπεζα του δραπάνου. Επίσης πολύ καλή συγκράτηση των κομματιών επιτυγχάνεται με απευθείας συγκράτησή τους στα αυλάκια της τράπεζας της εργαλειομηχανής μέσω βλήτρων μορφής Τ (σχ. 3.6ι).

Ακόμα για πρόσδεση των κομματιών μεταχειριζόμαστε υποστηρίγματα σε σχήμα Ν [σχ. 6.2ιε(δ)] βαριά χυτοσιδηρά μπλοκ [σχ. 6.2ιε(γ)] ή χυτοσιδηρές γωνίες [σχ. 6.2ιε(δ)] με τις αναγκαίες υποδοχές για το σφίξιμο των κομματιών.

Όταν άνοιγμε διαμπερείς τρυπες, γιά νά αποφύγουμε φθορές στήν τράπεζα του δραπάνου, τοποθετούμε τό κομμάτι σέ τέτοια θέση, ώστε εξερχόμενο τό τρυπάνι από τήν τρύπα στό τέλος του τρυπήματος νά συναντήσει τήν **τρύπα γρεζιων της τράπεζας** η κατάλληλη σχισμή της. Μπορουμε όμως και νά στηρίξομε τό κομμάτι έπάνω σέ ενα κομμάτι άπο ξύλο.

Κατά τήν πρόσδεση του κομματιου προσέχομε, ώστε τό κέντρο της τρύπας πού

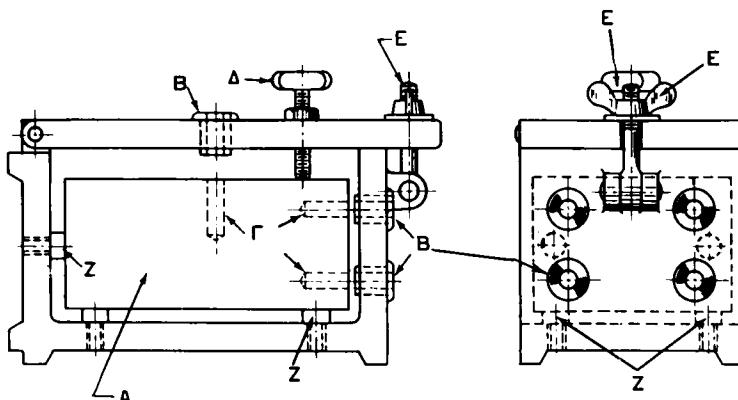


Σχ. 6.2ιε.

Πώς προσδένονται τα κομμάτια για τρυπάνισμα. Α κομμάτι **B** παράλληλα, Γ μέγγενη εργαλειομηχανής, Δ υποστήριγμα **V**, Ε βαθμιδωτό υποστήριγμα, Ζ φουρκέττα, Η χυτοσίδηρο μπλοκ, Θ βαριά χυτοσίδηρη γωνία.

πρόκειται να ανοίξουμε να βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη μύτη του τρυπανιού. Και για να προκύψει η τρύπα εντελώς κατακόρυφη, θα πρέπει το κομμάτι να έχει στερεωθεί εντελώς οριζόντια.

Για το τρύπημα μεγάλου αριθμού απαράλλακτων κομματιών χρησιμοποιούμε κατάλληλες **ιδιοσυσκευές**. Σε μια τέτοια ιδιοσυσκευή από το ένα μέρος **τοποθετείται** το κομμάτι στην κατάλληλη θέση και **προσδένεται** στερεά και ασφαλώς, ενώ από το άλλο **οδηγείται** το τρυπάνι με τη βοήθεια **σκληρών (βαμμένων) χαλύβδινων οδηγητικών δακτυλιδιών** (σχ. 6.2ιστ). Με τις ιδιοσυσκευές επιτυγχάνομε οικονομία χρόνου τόσο στη χάραξη, όσο και στο τρύπημα και μεγαλύτερη ακρίβεια των οπών που ανοίγομε. Επειδή το κόστος για τη σχεδίαση και την κατασκευή ιδιοσυσκευών είναι αρκετά ψηλό, δικαιολογείται η χρησιμοποίησή τους σε περιπτώσεις τρυπήματος κομματιών σε μεγάλο αριθμό, όπως είπαμε. Οι ιδιοσυσκευές αυτές ποικίλλουν σε μορφή και μέγεθος ανάλογα με το κομμάτι που θα συγκρατήσουν. Θα πρέπει όμως να είναι σχεδιασμένες έτσι, ώστε να παρέχουν εύκολη και γρήγορη πρόσδεση και αφαίρεση του κομματιού.

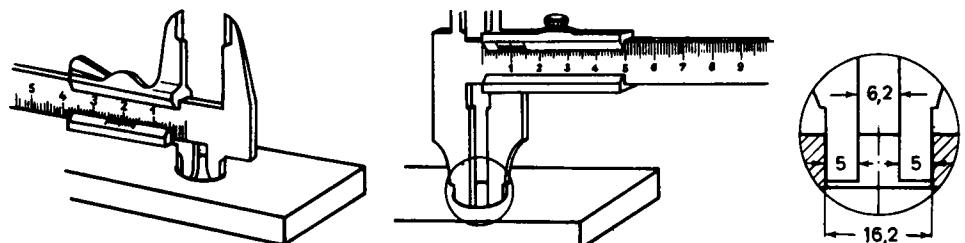


Σχ. 6.2ιστ.

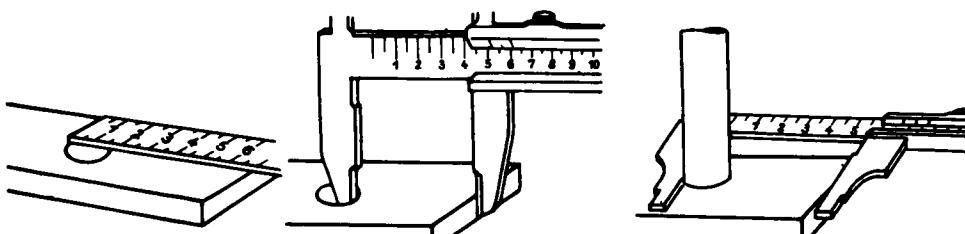
Ιδιοσυσκευή τρυπανίσματος για άνοιγμα οπών σε δύο πλευρές του κομματιού. Α κομμάτι, Β οδηγητικοί δακτύλιοι, Γ ανοιγμένες τρύπες, Δ ρυθμιστικός κοχλίας, Ε κοχλίας συσφίγξεως, Ζ ακραία οδηγητικά στηρίγματα (στοπ) για την κανονική τοποθέτηση του κομματιού.

#### E. Ο έλεγχος οπών που ανοίγονται με τρυπάνι.

Ελέγχουμε βασικά (παράγρ. 6.2.1) τη διάμετρο της τρύπας και τη θέση του άξονά της. Τη διάμετρο τη μετρούμε με τη βοήθεια του παχυμέτρου, όπως εικονίζεται στο σχήμα 6.2ιζ(α). Εξάλλου η θέση του άξονα της τρύπας ως προς καθορισμένη επιφάνεια αναφοράς ελέγχεται, ανάλογα με την ακρίβεια με την οποία επιβάλλεται να γίνει η μέτρηση, με μεταλλικό κανόνα [σχ. 6.2ιζ(β)], με παχύμετρο [σχ. 6.2ιζ(γ)] ή με παχύμετρο και πείρο [ως πείρο μπορούμε να μεταχειριστούμε το ίδιο το τρυπάνι, σχ. 6.2ιζ(δ)]]. Ο έλεγχος της θέσεως δυο οπών εκτελείται μέσω παχυμέτρου, όπως μας δείχνει το σχήμα 6.2ιζ(α).



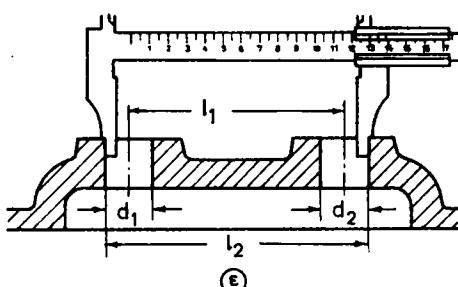
(a)



(b)

(γ)

(δ)



$$l_1 = l_2 - \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Σχ. 6.2ιζ.

'Ελεγχος οπών ανοιγμένων με τρυπάνι.

### ΣΤ. Μέτρα προλήψεως ατυχήματος κατά το τρυπάνισμα.

Πέρα από τα γενικά προστατευτικά μέτρα που παίρνομε κατά την εργασία μας στο μηχανουργείο (παράγρ. 1.2 (Β), ΜΤ-ΕΙ), για το τρυπάνισμα ιδιαίτερα συνιστούμε και τα ακόλουθα:

- Η προσεκτική και ασφαλής πρόσδεση του κομματιού [παράγρ. 6.2.5(Δ)] ενέχει πρωταρχική σημασία στην αποφυγή ατυχημάτων κατά το τρυπάνισμα· επίσης και το κανονικό ντύσιμο (σχ. 1.2, ΜΤ-ΕΙ).
- Να μην εγκαταλείπετε εργαλεία επάνω στην τράπεζα του δραπάνου· να τα τοποθετείτε σε κάποιο διπλανό τραπέζι εργασίας.
- 'Όταν χρειάζεται να σηκώσετε βαριές μέγγυνες ή κομμάτια, να ζητάτε τη βοήθεια και άλλου προσώπου.

— Να μιν καθαρίζετε ποτέ την κολουροκωνική υποδοχή της ατράκτου, όταν αυτή περιστρέφεται.

— Να αφαιρείτε πάντοτε το κλειδί από το σφιγκτήρα (τσοκ) του δραπάνου, μόλις το χρησιμοποιήσετε. Μπορεί να εκτοξευθεί με μεγάλη ταχύτητα, μόλις αρχίσει να περιστρέφεται η άτρακτος και να προξενήσει ατύχημα ή ζημία.

— Να μη σταματάτε ποτέ την περιστρεφόμενη άτρακτο του δραπάνου με το χέρι σας, όταν έχετε ήδη πιέσει το κουμπί για να σταματήσετε το δράπανο· τα κοφτερά γρέζια που μαζεύονται γύρω από το σφιγκτήρα θα τραυματίσουν το χέρι σας. Ακόμα ποτέ να μην πλησιάζετε το χέρι σας κοντά στο τρυπάνι, όταν αυτό περιστρέφεται.

— Όταν αφαιρείτε το τρυπάνι με τη βοήθεια του ειδικού εξολκέα [σχ. 6.2ιδ(δ)], καλό είναι να βάζετε ένα κομμάτι ξύλο κάτω από το τρυπάνι. Έτσι, το τρυπάνι δεν θα πέσει επάνω στο χέρι σας, όπου μπορεί να σας τραυματίσει και ακόμα το τρυπάνι προφυλάσσεται από φθορές και σπασμάτων από πέσιμο στην τράπεζα της εργαλειομηχανής ή στο δάπεδο.

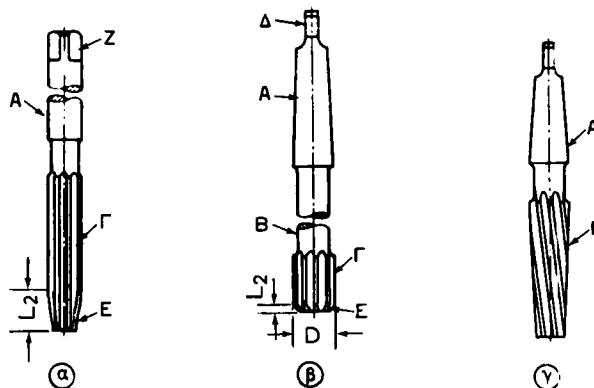
— Να καθαρίζετε καλά τα χείλη των οπών που ανοίγετε με το τρυπάνι από ανωμαλίες που παραμένουν, γιατί αυτές μπορούν να τραυματίσουν τα χέρια κατά τη μεταφορά των κομματιών.

### 6.3 Κατεργασίες συναφείς με το τρυπάνισμα: Η γλύφανση και η εσωτερική απειροτόμηση.

#### 6.3.1 Η γλύφανση.

##### A. Γενικά για τη γλύφανση.

Η γλύφανση είναι κατεργασία παρόμοια με το τρυπάνισμα, όπου το κοπτικό εργαλείο, δηλαδή το **γλύφανο** (σχ. 6.3α) περιστρέφεται (πρωτεύουσα κίνηση), ενώ συγχρόνως προωθείται αξονικά (κίνηση προώσεως), όπως είδαμε στο σχήμα



Σχ. 6.3α.

α) Χειρογλύφανο. β) Κυλινδρικό μηχανογλύφανο. γ) Κωνικό μηχανογλύφανο. Α στέλεχος, Β σώμα, Γ αυλάκια, Δ γλώσσα, Ε κολουροκωνικό μέρος του σώματος του γλυφάνου που εκτελεί την κυρίως κοπή, Ζ τετραγωνισμένο άκρο στελέχους, Δ υνομαστική διάμετρος γλυφάνου.

1.3β(α)(2). Η γλύφανση εκτελείται τόσο με το χέρι [με τη βοήθεια του χειρογλυφάνου, σχ. 6.3α(α)], δύο και μηχανικά [με το μηχανογλύφανο, σχ. 6.3α(β)]. Η μηχανική γλύφανση γίνεται κατά κύριο λόγο στο δράπανο Είναι δυνατό όμως να πραγματοποιηθεί και στο συνήθη μηχανουργικό τόρνο, σε ημιαυτόματους και αυτόματους τόρνους, στο φραιζοδράπανο κλπ.

Η γλύφανση είναι **κατεργασία αποπερατώσεως**, με την οποία διευρύνομε **(με ακρίβεια)** τρύπες ανοιγμένες με τρυπάνισμα ή με εσωτερική τόρνευση αφαιρώντας μικρή ποσότητα υλικού, το οποίο αφήνομε για τη γλύφανση κάνοντας τις τρύπες υποδιάστατες. Με την κατεργασία αυτή από το ένα μέρος επιτυγχάνομε αυξημένη ακρίβεια στο μέγεθος (στη διάμετρο) της τρύπας και της δίνομε το ορθό κυλινδρικό της σχήμα και από το άλλο βελτιώνομε την τραχύτητα της. Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι με τη γλύφανση δεν διορθώνομε σφάλματα της τρύπας που έχουν σχέση με τη θέση ή τη διεύθυνση του άξονά της. Και τούτο, γιατί το γλύφανο κατά την εργασία του ακολουθεί επακριβώς την ανοιγμένη τρύπα και έτσι τα σφάλματα που αναφέραμε (το κατά πόσο τα σφάλματα αυτά είναι μεγαλύτερα ή μικρότερα εξαρτάται από την κατεργασία, με την οποία ανοίγομε την τρύπα) δεν διορθώνονται, αλλά παραμένουν και μετά τη γλύφανση.

Η γλύφανση εκτελείται σε χάλυβες με σκληρότητα από 200 περίπου μέχρι 300 Brinell ή και μεγαλύτερη (μέχρι 450 Brinell περίπου). Χρησιμοποιείται όμως και ως τελική κατεργασία σε οπές χυτοσιδηρών κομματιών, όπως και κομματιών από μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα.

Η διάμετρος των οπών μετά τη γλύφανση (η διάμετρος αυτή, μπορούμε να δεχθούμε, ότι συμπίπτει με την ονομαστική διάμετρο του γλυφάνου που χρησιμοποιούμε) συνήθως κυμαίνεται από 3 mm ( $\frac{1}{8}$ ) μέχρι 40 mm ( $\frac{1}{2}$ ) περίπου. Είναι δυνατή όμως η γλύφανση και σε μικρότερες διαμέτρους, όπως και σε μεγαλύτερες (π.χ. μέχρι 75 mm ή 3"), με γλύφανα όμως που προμηθευόμαστε με ειδική παραγγελία.

Η διαστατική ακρίβεια που επιτυγχάνεται με τη γλύφανση ποικίλλει συνήθως από 25mm μέχρι 75mm (0,001" μέχρι 0,003"), ενώ μπορεί να επιτευχθεί και να διατηρηθεί ακρίβεια και μικρότερη από 25mm με πιο αυστηρό έλεγχο της ονομαστικής διαστάσεως του γλυφάνου, της στηρίζεως του κομματιού και των συνθηκών κατεργασίας. Σχετικά με την τραχύτητα επιφάνειας, είναι δυνατό να επιτύχομε κάτω από καλές συνθήκες γλυφάνσεως μέσο ύψος τραχύτητας [παράγρ. 5.8.2 (A)(2)] της τάξεως του 1mm (40μ") ή και μικρότερο.

## B. Το γλύφανο.

Το γλύφανο είναι ένα περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο με πολλές κύριες κόψεις (δόντια). Ο αριθμός των δοντιών εξαρτάται από την ονομαστική διάμετρο του γλυφάνου (αυξάνεται για μεγαλύτερες διαμέτρους), όπως και από το είδος του υλικού του κοπτικού εργαλείου (για γλύφανα από ταχυχάλυβα ο αριθμός των δοντιών είναι μεγαλύτερος από εκείνο για γλύφανα με κόψεις από σκληρομέταλλο).

Η ονοματολογία του γλυφάνου δίνεται στο σχήμα 6.3α. Τα αυλάκια χρειάζονται στα γλύφανα για τους ίδιους λόγους που χρειάζονται και στα τρυπάνια (παράγρ. 6.2.2).

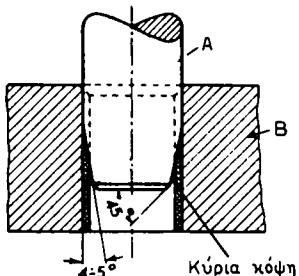
Με την περιγραφή, τη χρήση και τις φροντίδες των χειρογλυφάνων ασχοληθή-

καμε στο Κεφάλαιο 15 της ΜΤ-ΕΙ. Εδώ θα μιλήσομε για τα μηχανογλύφανα, τα οποία παρουσιάζουν τις παρακάτω διαφορές συγκρινόμενα με τα γνωστά μας χειρογλύφανα:

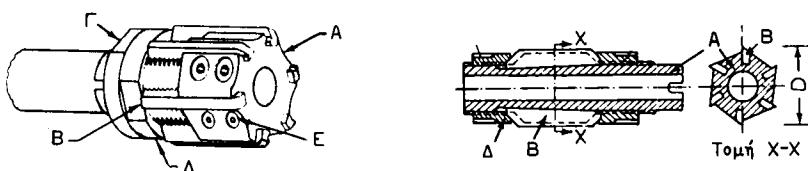
α) Τα **μηχανογλύφανα** έχουν κωνικό στέλεχος, για να προσαρμόζονται και να συγκρατούνται στην κωνική υποδοχή της ατράκτου του δραπάνου, ενώ στα χειρογλύφανα το άκρο του στελέχους παίρνει τετραγωνική διατομή για να εφαρμόζει στην αντίστοιχη τρύπα της μανέλλας [σχ. 6.3α(α) και ΜΤ-ΕΙ, σχ. 15.3α].

β) Τα μηχανογλύφανα έχουν μικρότερο μήκος αυλακιών  $L_1$ . Το μεγαλύτερο μήκος που έχουν τα χειρογλύφανα δίνει σε αυτά καλύτερη οδήγηση, ενώ στα μηχανογλύφανα η οδήγηση του γλυφάνου επηρεάζεται ευνοϊκά από την κίνηση της ατράκτου του δραπάνου στη σταθερή διεύθυνση προώσεως και

γ) στα μηχανογλύφανα το εμπρόσθιο κολουροκωνικό μέρος έχει πολύ μικρότερο μήκος  $L_2$ . Το μεγαλύτερο μήκος  $L_2$  στα χειρογλύφανα επιτρέπει ευκολότερη έναρξη και οδήγηση (στο στάδιο αυτό) της γλυφάνσεως.



**Σχ. 6.3β.**  
Πώς κόβει με το κολουροκωνικό του άκρο  
ένα γλύφανο. Α γλύφανο, Β κομμάτι

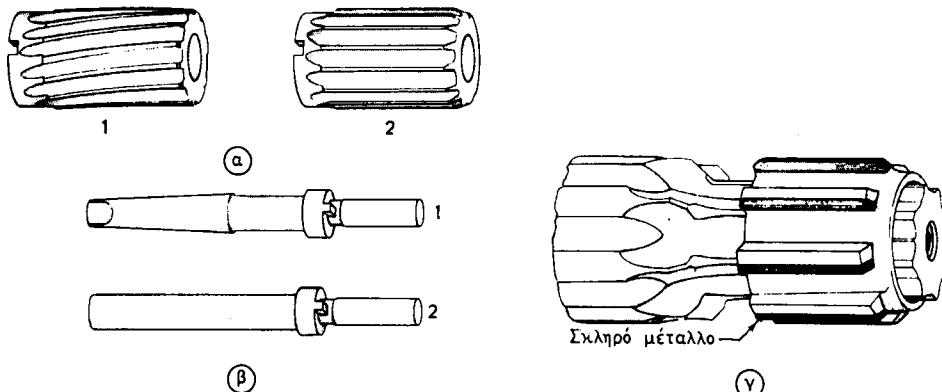


**Σχ. 6.3γ.**

Γλύφανα με ρυθμιζόμενη διάμετρο. Α σώμα, Β λεπίδα, Γ ασφαλιστικό περικόχλιο, Δ ρυθμιστικό περικόχλιο, Ε κοκλίας στερεώσεως.

Την **κυρίως κοπή** κατά τη γλύφανση την αναλαμβάνει το κολουροκωνικό μέρος του γλυφάνου (σχ. 6.3α, 6.3β), ενώ το υπόλοιπο σώμα του **οδηγεί** το γλύφανο και **λιαίνει** την τρύπα. Για καλή οδήγηση του γλυφάνου μέσα στην τρύπα αφήνονται οδηγητικές λωρίδες μικρού πλάτους. Για πιο αποδοτική εργασία του γλυφάνου (αποφυγή δονήσεων και επίτευξη καλύτερης τραχύτητας επιφάνειας), τα δόντα του έχουν άνισο βήμα (ΜΤ-ΕΙ, σχ. 15.2β).

Τα γλύφανα ταξινομούνται ως **κυλινδρικά** [σχ. 6.2α,(α),(β)] και ως **κωνικά** [σχ. 6.3α(γ)] για γλύφανση κυλινδρικών και κωνικών οπών αντίστοιχως. Τα κυλινδρικά πάλι γλύφανα διακρίνονται σε γλύφανα με **σταθερή διάμετρο** και σε γλύφανα με **ρυθμιζόμενη διάμετρο** (σχ. 6.3γ). Τα γλύφανα με σταθερή διάμετρο τα συναντού-



Σχ. 6.36.

Κοίλα γλύφανα: α) Κοίλα γλύφανα με σταθερή διάμετρο: 1) με ελικοειδή δόντια, 2) με ίσια δόντια. β) Άξονες για την προσαρμογή κοίλων γλυφάνων: 1) με κολουροκωνικό στέλεχος, 2) με κυλινδρικό στέλεχος. γ) Κοίλο γλύφανο με ρυθμιζόμενη διάμετρο με κόψεις από σκληρομέταλλο.

με ως γλύφανα με **ίσια δόντια** και ως γλύφανα με **ελικοειδή δόντια**. Τα τελευταία χρησιμοποιούνται σε τρύπες με αυλάκια κατά μήκος της, όπως είναι τα εσωτερικά πολύσφηνα. Υπάρχουν όμως και τα **κοίλα γλύφανα** (σχ. 6.3δ) για γλύφανση μεγάλων σχετικά οπών, τα οποία έχουν συνήθως σταθερή διάμετρο, και προσαρμόζονται σε κατάλληλο άξονα.

Τα μηχανογλύφανα κατασκευάζονται ως επί το πλείστο από ταχυχάλυβα 18 - 4 - 1 ή άλλο ισοδύναμης ποιότητας (Πίνακας 3.6.5, ΜΤ-ΕΙ). Χρησιμοποιούνται όμως συχνά και γλύφανα με κόψεις από σκληρομέταλλο.

### Γ. Εκτέλεση της γλυφάνσεως.

Η εκτέλεση της γλυφάνσεως στο δράπανο δεν παρουσιάζει διαφορές σε σχέση με το τρυπάνισμα σε ό,τι αφορά τον τρόπο προσδέσεως κομματιού και εργαλείου, και τα μέτρα προλήψεως ατυχήματος που παίρνομε. Διαφορές παρατηρούνται στην εκλογή των συνθηκών κατεργασίας, του υγρού κοπής και στον έλεγχο των ετοίμων οπών. Παρακάτω δίνομε χρήσιμες σχετικές οδηγίες.

Το βάθος στο οποίο μπορεί να γλυφανθεί με επιτυχία μια τρύπα κυμαίνεται συνήθως από μία τιμή λίγο μεγαλύτερη από το μήκος των αυλακιών του γλυφάνου μέχρι τιμή αρκετά μικρότερη από αυτό. Εντούτοις με μεγάλωμα του μήκους του στελέχους του γλυφάνου είναι εφικτή η γλύφανση οπών με μεγάλο βάθος. Αυτό όμως παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες στη οδήγηση του γλυφάνου και αποβαίνει σε βάρος της ακρίβειας της τρύπας.

Σοβαρό ενδιαφέρον στη γλύφανση παρουσιάζει το κατά πόσο υποδιάστατη (πόση χάρη στη διάμετρο) θα αφήσομε την τρύπα μετά το τρυπάνισμα ή την εσωτερική τόρνευση, για να γίνει η γλύφανση. Για κανονικό σχηματισμό του αποβλίτου και για ικανοποιητική ζωή του γλυφάνου δεν θα πρέπει η τρύπα να γίνεται υποδιάστατη λιγότερο από 0,2 mm για μαλακά υλικά και λιγότερο από 0,125 mm για σκληρά υλικά. Η χάρη αυτή που αφήνομε στη διάμετρο της τρύπας για τη γλύφαν-

ση εξαρτάται από τη διάμετρο της έτοιμης (μετά τη γλύφανση) τρύπας και ενδεικτικά παίρνει τις ακόλουθες τιμές:

Διάμετρος έτοιμης τρύπας [mm]: < 5    5 ως 20    21 ως 50    > 50

Χάρη στη διάμετρο [mm]: 0,1 ως 0,2    0,2 ως 0,3    0,3 ως 0,5    0,5 ως 1

Στην εκλογή της ονομαστικής διαμέτρου του τρυπανιού, όταν πρόκειται να ανοίξουμε τρύπα που θα γλυφανθεί παραπέρα, θα πρέπει να λαμβάνομε υπόψη και το γεγονός ότι με το τρυπάνισμα η τρύπα γίνεται υπερδιάστατη (παράγρ. 6.2.1). Για ελαφρά μέταλλα και κράματα οι τιμές της χάρης που δώσαμε αυξάνονται κατά 50%.

Η εκλογή της προώσεως και της ταχύτητας κοπής για τη γλύφανση διαφόρων υλικών με γλύφανο από ταχυχάλυβα ή με γλύφανο με κόψεις από σκληρομέταλλο γίνεται με τη βοήθεια των στοιχείων που δίνομε στους Πίνακες 6.3.1 και 6.3.2 αντιστοίχως. Ο Πίνακας 6.2.4 μας βοηθεί στην εκλογή του κατάλληλου υγρού κοπής ανάλογα με το κατεργαζόμενο υλικό.

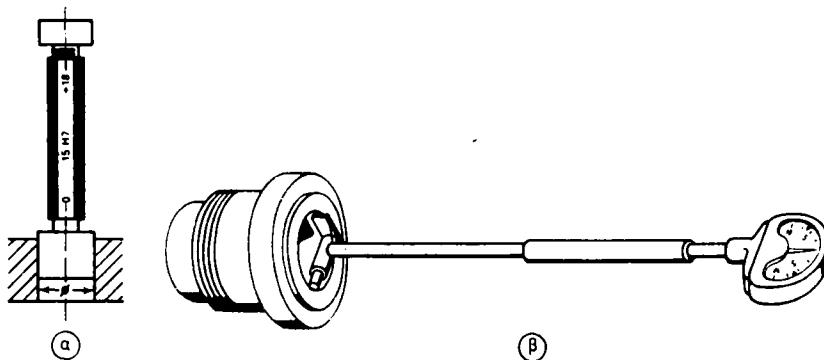
### **ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.1**

**Συνιστωμένες τιμές της προώσεως σ για γλύφανση διαφόρων υλικών.**

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως (kp/mm <sup>2</sup> ) ή σκληρότητα σε Brinell	Πρόσωση, (mm/στρ)	
		Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλα
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 90...110 100...120	0,3 ...1.2 0,3 ...1.2 0,16...0,8 0,16...0,8 0,1 ...0,6	0,2 ...0,6 0,2 ...0,6 0,2 ...0,6 0,2 ...0,6 0,1 ...0,4
Χαλυβοκράματα			
Ανοξείδωτοι χάλυβες			
Χυτοχάλυβες	38... 52	0,16...0,8	0,2 ...0,7
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell άνω 200 Brinell	0,4 ...2,0 0,3 ...2,0	0,25...1,0 0,2 ...0,8
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη			
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος			
Κράματα αργιλίου			
Ορείχαλκος			
Κρατέρωμα			
Πλαστικά			

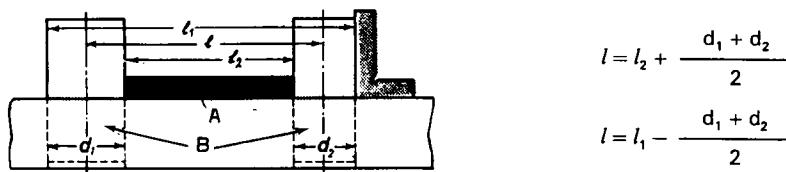
Σχετικά με τον έλεγχο οπών που προέρχονται από γλύφανση έχομε να παρατηρήσουμε τα εξής:

Με τη γλύφανση που, όπως είπαμε, αποτελεί κατεργασία αποπερατώσεως, κατεργαζόμαστε τρύπες με ακρίβεια και με αρκετά καλή τραχύτητα. Την τραχύτητα (μέσο ή μέγιστο ύψος τραχύτητας κλπ.), τη μετρούμε με κατάλληλο τραχύμετρο [παράγρ. 5.8.3 (B)]. Το μέγεθος (διάμετρος) και το σχήμα της τρύπας ανάλογα και με τον αριθμό των κομματιών τα ελέγχομε με κατάλληλο οριακό ελεγκτήρα [σχ. 6.3ε(α)] ή με μετρητικό ρολόι κόιλων [σχ. 6.3ε(β)]. Η απόσταση ανάμεσα στους άξονες δύο οπών μετριέται με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων και προτύπων κυλίν-

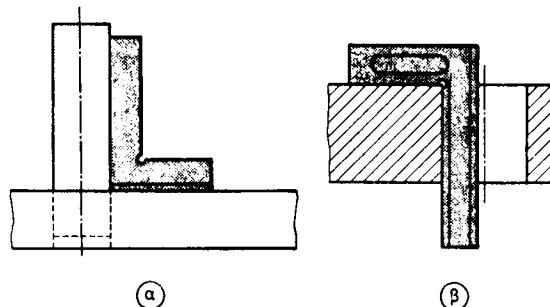
**Σχ. 6.3ε.**

Έλεγχος της διαμέτρου και της μορφής οπών ανοιγμένων με ακρίβεια.

δρων ή ελεγκτήρων, όπως βλέπομε στο σχήμα 6.3στ. Τέλος, η καθετότητα του άξονα μιας οπής ως προς κάποια επιφάνεια αναφοράς του κομματιού ελέγχεται, όπως εικονίζεται στο σχήμα 6.3ζ.

**Σχ. 6.3στ.**

Πως ελέγχομε την απόσταση ανάμεσα στους άξονες δύο οπών ακριβείας. Α πρότυπα πλακίδια, Β πρότυποι κύλινδροι ή ελεγκτήρες.

**Σχ. 6.3ζ.**

Έλεγχος της καθετότητας του άξονα μιας τρύπας: α) Με τη βοήθεια πρότυπης ελεγκτικής ορθής γωνίας [παράγρ. 5.5.2(Α) και πρότυπου κυλίνδρου ή ελεγκτήρα. β) Με ορθή πρότυπη ελεγκτική γωνία μόνο.

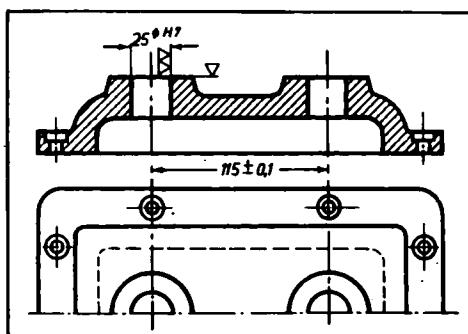
**ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.2.**

**Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής υ για τη γλύφανση ποικιλίας από υλικά.**

Είδος υλικού	'Οριο θραύσεως (kp/mm <sup>2</sup> ) ή σκληρότητα Brinell	Ταχύτητα κοπής, υ (m/min)	
		Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλα
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 90...110	8...10 6... 8 4... 7 3... 5	12...16 10...14 9...13 8...12
Χαλυβοκράματα	100...120	2... 3	5... 8
Ανοξείδωτοι χάλυβες		3... 5	9...16
Χυτοχάλυβες	38... 52	3... 5	9...16
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell άνω 200 Brinell	7... 9 4... 6	12...15 8...11
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		4... 6	8...11
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		3... 4	6... 9
Κράματα αργιλίου		14...17	15...20
Ορείχαλκος		11...14	12...15
Κρατέρωμα		9...11	10...12
Πλαστικά			10...16

**Δ) Ένα παράδειγμα ανοίγματος οπών με ακρίβεια.**

Στο κάλυμμα από φαιό χυτοσίδηρο του σχήμα 6.3η πρόκειται να ανοίξομε δύο παράλληλες τρύπες Φ25H7. Η επιφάνεια Α του κομματιού είναι κατεργασμένη με φραιζάρισμα και μπορεί να θεωρηθεί ως επιφάνεια αναφοράς, ως προς την οποία οι άξονες των δύο οπών θα πρέπει να είναι κάθετοι. Επίσης οι επιφάνειες Β και Γ χρειάζεται επιπέδωση.



Σχ. 6.3η.

Παράδειγμα ανοίγματος οπών με ακρίβεια.

Το δράπανο που θα χρησιμοποιήσουμε διαθέτει τις ακόλουθες περιστροφικές ταχύτητες ή και προώσεις:

$n$  [στρ/min]: 31,5 45 63 90 125 180 250 355 500 710 1000  
1400

$s$  [mm/στρ]: 0,11 0,16 0,22 0,32 0,45 0,62 0,88 1,26 1,75

Ζητούμε να καταρτισθεί το φύλλο κατεργασίας [παράγρ. 6.2.5(A)] του κομματιού αυτού.

Από το συμβολισμό των δύο οπών ( $\Phi 25H7$  για τη διάμετρό τους και  $\nabla$  για την τραχύτητα επιφάνειας) συμπεραίνομε ότι πρόκειται για τρύπες με ακρίβεια (ποιότητας  $H7$  που έχει ανοχή 21 μμ, Πίνακας 3.6.1) και καλής σχετικά τραχύτητας.

Άρα θα πρέπει οι τρύπες αυτές να κατεργασθούν τελικά με γλύφανση.

Η εργασία αυτή θα γίνει σε κατάλληλο ακτινωτό δράπανο με ένα δέσιμο του κομματιού στην τράπεζά του για μείωση του χρόνου παραγωγής και μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η εργασία χαράξεως και οι απαιτούμενες φάσεις κατεργασίας αναφέρονται και εικονίζονται σχηματικά, στο φύλλο κατεργασίας (σχ. 6.3θ). Στο ίδιο φύλλο περιλαμβάνονται τα απαιτούμενα εργαλεία και μετρητικά όργανα, όπως και οι συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής για τις σπουδαιότερες φάσεις. Η εκλογή των συνθηκών κατεργασίας γίνεται με βάση τα στοιχεία των σχετικών πινάκων που έχουμε δώσει (Πίνακες 6.2.2, 6.2.3 κ.ά.). Θα μας ήταν δυνατό ακόμα να υπολογίσουμε και την ισχύ κοπής (όπως στο παράδειγμα της παραγράφου 6.2.4) στη δυσμενέστερη φάση κατεργασίας από άποψη ισχύος για την εκλογή του κατάλληλου δραπάνου λαμβάνοντας όμως υπόψη και τους διορθωτικούς συντελεστές  $K_F$  και  $K_k$  (παράγρ. 6.2.4).

### 6.3.2 Η εσωτερική σπειροτόμηση.

#### A. Γενικά για την εσωτερική σπειροτόμηση και τους αντίστοιχους σπειροτόμους.

Η εσωτερική σπειροτόμηση γίνεται με το σπειροτόμο εσωτερικών σπειρωμάτων (κοπτικό εργαλείο με πολλές κύριες κόψεις, σχ. 6.3ι) με συνδυασμό περιστροφικής (πρωτεύουσα κίνηση) και αξονικής (κίνηση προώσεως) κινήσεώς του [σχ. 1.3β(α)(4)]. Εκτελείται κατά κανόνα στο δράπανο, αν δεν συνδυάζεται και με άλλες κατεργασίες, οπότε είναι δυνατό να γίνει σε ημιαυτόματους ή αυτόματους τόρνους ή σε άλλες εργαλειομηχανές. Το δράπανο θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδική κεφαλή, ώστε από το ένα μέρος να είναι δυνατός ακριβής έλεγχος στο βάθος σπειροτομήσεως και από το άλλο να υπάρχει δυνατότητα ανάστροφης κινήσεως της ατράκτου για την έξοδο του σπειροτόμου από την τρύπα. Διατίθενται ακόμα και μηχανισμοί που ρυθμίζουν την πρόωση του σπειροτόμου ανάλογα με το βήμα του σπειρώματος που κόβομε έτσι, ώστε να προκύπτει σπείρωμα καλύτερης ποιότητας από εκείνη που επιτυγχάνεται με τυχόν έλεγχο της προώσεως με το χέρι.

Στο Κεφάλαιο 16 της ΜΤ-ΕΙ ασχοληθήκαμε διεξοδικά με τους σπειροτόμους (εξωτερικών και εσωτερικών σπειρωμάτων) και με τη σπειροτόμηση, όπως όμως αυτή εκτελείται με το χέρι. Πιο συγκεκριμένα μιλήσαμε για τα χαρακτηριστικά στοιχεία των σπειρωμάτων, όπως και για την προτυποποίησή τους (Πίνακες 16.2.1 ως 16.2.9). Περιγράψαμε κατόπιν τους σπειροτόμους και δώσαμε οδηγίες για τη

**Φύλλο κατεργασίας**

Εργοστάσιο, Τμήμα:

Ονομασία (ή κωδικός αριθμός) κομματιού: Κάλυμμα ( . . . )

Υλικό κομματιού: Φαιός χυτοσίδηρος. Αριθμός κομματιών στην παρτίδα:...

Παρατηρήσεις:...

Συμβολισμός εργασίας ή φάσεως	Εργασία ή φάση	Εργαλείο ή όργανο	$\nu$ [m/min]	$n^*$ [στρ/μιν]	$s$ [mm/στρ]	Υγρό κοπης
$E_1$	Χάραξη	Πλάκα εφαρμογής, υψημετρικός χαράκτης, γωνία, χαράκτης, πόντα	—	—	—	—
$\Phi_1$	Πρώτο τρυπάνισμα	Τρυπάνι Φ12HSS	25	710	0,22	Γ
$\Phi_2$	Δεύτερο τρυπάνισμα	Τρυπάνι Φ23HSS	25	355	0,32	Γ
$\Phi_3$	Τρυπάνισμα υποπερατώσεως	Τρυπάνι υποπερατώσεως Φ24,75HSS	25	355	0,32	Γ
$\Phi_4$	Επιπέδωση	Ειδικό τρυπάνι επιπεδώσεως	—	—	—	Γ
$\Phi_5$	Γλύφανση	Γλύφανο Φ25 H7 HSS	7	90	0,62	Γ
$E_2$	Επιθεώρηση	Παχύμετρο, ελεγκτήρας τρύματος, πρότυπα πλακίδια [παράγρ. 8.3.1(Γ)]			$\Phi_1$	$\Phi_1$
$\Phi_2$	$\Phi_2$					
$\Phi_3$	$\Phi_3$					
$\Phi_4$	$\Phi_4$					
$\Phi_5$	$\Phi_5$					

\* Αναγράφονται οι προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες που διαθέτει το δράπανο. Εκλέγονται οι πλησιέστερες προς τις υπολογιζόμενες από την ταχύτητα κοπής [σχέση (4.1)].

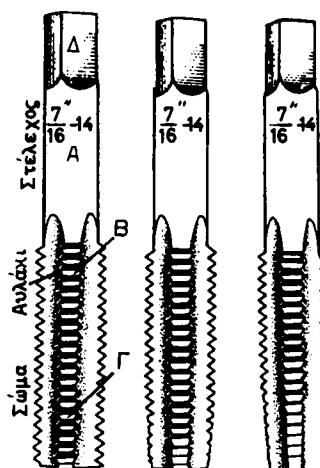
**Σχ. 6.30.**

Το φύλλο της εργασίας για το δνοιόγμα στών ακριβείας του παραδείγματος της παραγράφου 4.3.1 (Δ).

χρήση τους. Στην παράγραφο αυτή θα δώσουμε επί πλέον στοιχεία για τους σπειροτόμους εσωτερικών σπειρωμάτων και για την εσωτερική σπειροτόμηση στο δράπανο.

Η εσωτερική σπειροτόμηση γίνεται αποδοτικά σε υλικά με σκληρότητα μέχρι 250 Brinell περίπου, ενώ για σκληρότερα υλικά η αποδοτικότητα της πέφτει και το κόστος της ανεβαίνει. Κάθονται με αυτή σπειρώματα μέσα σε πολύ μεγάλη περιοχή βημάτων, δηλαδή από σπειρώματα με πολύ μικρό βήμα (π.χ. 0,07 mm η 360 σπειρώματα στην ίντσα) μέχρι σπειρώματα με πολύ μεγάλο βήμα (π.χ. 8,5 mm η 3 σπειρωμάτων στην ίντσα).

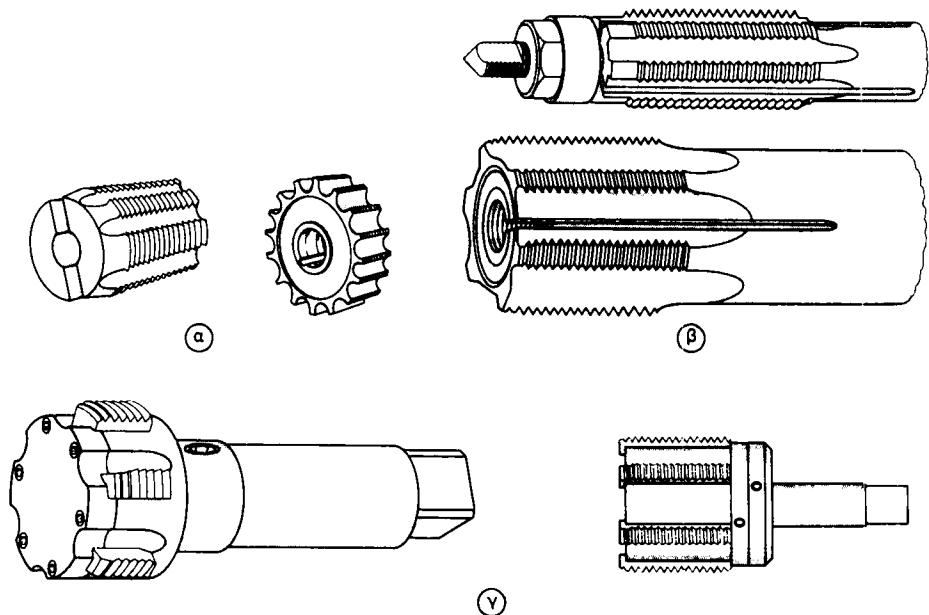
Τους σπειροτόμους τους διακρίνομε σε **ολόσωμους** [σχ. 6.3ι], σε **κοίλους** [σχ. 6.3ια(α)], σε **εκτεινόμενους** ή **διαστελλόμενους** [σχ. 6.3ια(β)], σε **ρυθμιζόμενους** και σε **σπειροτόμους με ένθετες οδοντωτές λεπίδες** [σχ. 6.3ια(γ)].



Σχ. 6.3ι.

Ο σπειροτόμος εσωτερικών σπειρωμάτων. Α. στέλεχος, Β δόντια, Γ αυλάκι, Δ τετραγωνισμένο άκρο στελέχους για την προσαρμογή του στη μανέλλα στους χειροκίνητους σπειροτόμους εσωτερικών σπειρωμάτων. Στα μηχανοκίνητα το στέλεχος διαμορφώνεται κολουροκωνικό για πρόσδεση τους κατάλληλα στην άτρακτο του δραπάνου.

Τους ολόσωμους σπειροτόμους τους συναντούμε ως **κυλινδρικούς** και ως **κωνικούς**. Φέρουν αυλάκια για τους ίδιους ακριβώς λόγους, για τους οποίους φέρουν τρυπάνια και τα γλύφανα. Τα αυλάκια μπορούν να είναι ίσια ή ελικοειδή. Οι κοίλοι σπειροτόμοι κατασκευάζονται για ονομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες από 25 mm (1"). Οι εκτεινόμενοι σπειροτόμοι χρησιμοποιούνται συνήθως για αποπεράτωση σπειρωμάτων, ενώ οι ρυθμιζόμενοι σπειροτόμοι χρησιμοποιούνται και αυτοί για αποπεράτωση, όπου όμως οι απαιτήσεις για ακρίβεια είναι αυξημένες. Διατίθενται ύστερα από ειδική παραγγελία και το κόστος τους είναι ψηλό. Τέλος οι σπειροτόμοι με ένθετες οδοντωτές λεπίδες συναντώνται σε μεγάλες διαμέτρους (από 40 mm η 1½" ως 150 mm η 6"). Συμφέρει η χρησιμοποίηση τους σε σπειροτόμηση κομματιών εν σειρά.



Σχ. 6.3ια.  
Διάφορα είδη σπειροτόμων εσωτερικών σπειρωμάτων.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3.3.

**Συστάσεις για την εκλογή ταχύτητας κοπής υ κατά την εσωτερική σπειροτόμηση.**

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως [kp/mm <sup>2</sup> ] ή σκληρότητα Brinell	Ταχύτητα κοπής υ, [m/min]	
		Ανθρακούχος χάλυβας ή χαλυβό- κραμα εργαλείων	Ταχυχάλυβας
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 ανω 90	8...10 4... 8 2... 4 1... 2	20...25 10...15 6... 8 2... 4
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 150 Brinell άνω 150 Brinell	6...10 4... 6	12...16 8...12
Ορείχαλκος Κρατέρωμα Αργίλιο και κράματά του		10...15 8...12 ως 30	25...30 20...25 ως 50

Ως υλικό κατασκευής των σπειροτόμων εσωτερικών σπειρωμάτων συνιστάται ο ταχυχάλυβας γενικής χρήσεως 18 - 4 - 1 ή ισοδύναμος του. Κατασκευάζονται όμως και σπειροτόμοι από ανθρακούχους χάλυβες ή από χαλυβοκράματα εργαλείων. Στους σπειροτόμους με ένθετες οδοντωτές λεπίδες, όπως και στους ρυθμι-

ζόμενους σπειροτόμους είναι δυνατή και η χρησιμοποίηση πλακιδίων από κατάλληλο για κάθε περίπτωση σκληρομέταλλο.

## B. Εκτέλεση της εσωτερικής σπειροτομήσεως.

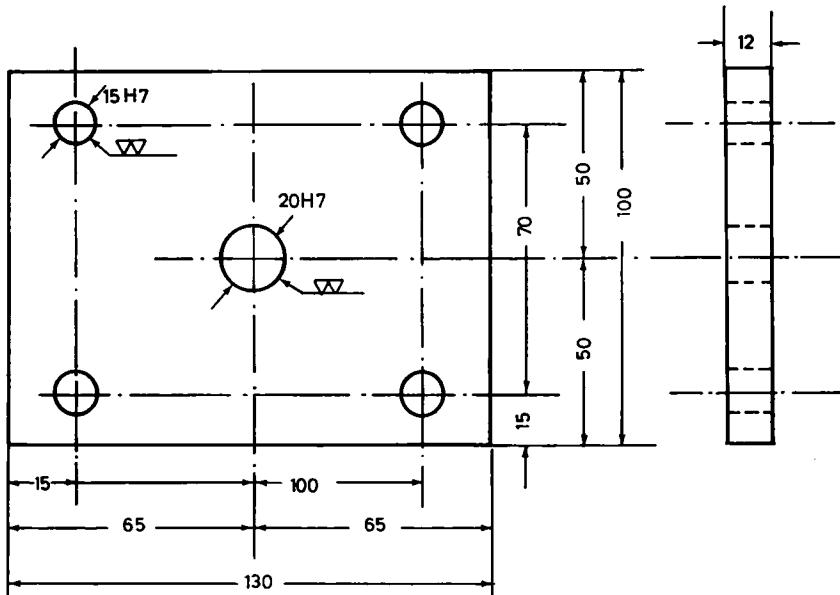
Συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κοπής κατά την εσωτερική σπειροτόμηση για διάφορα υλικά κομματιού και για σπειροτόμο από ανθρακούχο χάλυβα ή από χαλυβόκραμα κοπτικών εργαλείων ή από ταχυχάλυβα δίνονται στον Πίνακα 6.3.3.

Θα πρέπει να τονίσουμε ιδιαίτερα εδώ ότι η **χρήση υγρού κοπής είναι απαραίτητη στην εσωτερική σπειροτόμηση**, γιατί η κατεργασία αυτή παρουσιάζει μεγάλο βαθμό δυσκολίας στην εκτέλεσή της [παράγρ. 2.5.4 (Α)]. Για όλα τα υλικά κομματιού (χωρίς να εξαιρείται ούτε ο φαιός χυτοσίδηρος) συνιστάται η χρησιμοποίηση υγρού κοπής, η εκλογή του οποίου γίνεται σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 6.2.4.

## 6.4 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Να μηνημονεύσετε τρεις μεθόδους κατεργασίας κυκλικών οπών κατά σειρά αυξανόμενης ακρίβειας, που επιτυγχάνεται με την κάθε μία από αυτές.
2. Να σχεδιάσετε την κινηματική του τρυπανίσματος και να την περιγράψετε.
3. Να αναφέρετε δύο εργασίες συναφείς με το τρυπάνισμα;
4. Πόσο μικρές και πόσο μεγάλες τρύπες μπορούμε να ανοίξουμε με τρυπάνισμα;
5. Ποιοι βασικοί παράγοντες καθορίζουν την ακρίβεια μιας τρύπας;
6. Γιατί χαρακτηρίζομε το τρυπάνισμα ως κατεργασία εκχονδρίσεως;
7. Να σχεδιάσετε το συνηθισμένο ελικοειδές τρυπάνι και νά το περιγράψετε δίνοντας και την ονοματολογία των κύριων μερών του. Ποιο σκοπό έχουμεπετεί ή εγκάρσια κόψη του;
8. Σε τι χρησιμεύουν τα αυλάκια στο τρυπάνι (και στα συναφή με αυτό εργαλεία, όπως στο γλύφανο και στο σπειροτόμο εσωτερικών σπειρωμάτων);
9. Ποιο είναι το κύριο μέγεθος με το οποίο προτυποποιούνται τα τρυπάνια (και τα γλύφανα);
10. Από τι υλικά κατασκευάζονται τα τρυπάνια;
11. Να αναφέρετε τρία είδη ειδικών τρυπανιών μαζί με τυπικές τους εφαρμογές.
12. Να δώσετε τη σχηματική παράσταση ενός δραπάνου στήλης και να σημειώσετε με την ονοματολογία τους τα κύρια μέρη του.
13. Να μηνημονεύσετε τρία είδη δραπάνου.
14. Να αναφέρετε τρεις μεθόδους για τη διεύρυνση οπών.
15. Να δώσετε τη σχηματική παράσταση ενός ακτινωτού δραπάνου αναφέροντας τα κύρια μέρη του.
16. Να περιγράψετε σύντομα (δείχνοντάς τες στο σχήμα της προηγούμενης ερωτήσεως) τις κινήσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα ακτινωτό δράπανο.
17. Για ποιου είδους εργασίες ενδείκνυται: α) Ένα ακτινωτό δράπανο, β) Ένα πολυάτρακτο δράπανο και γ) ένα πυργωτό δράπανο.
18. Ποιο είναι το κύριο μέγεθος βάσει του οποίου προδιαγράφονται τα δράπανα στήλης;
19. Να μηνημονεύσετε τέσσερα συμπληρωματικά στοιχεία για την προδιαγραφή ενός δραπάνου στήλης.
20. Πώς εκφράζονται η ταχύτητα προώσεως και η πρόωση στο τρυπάνισμα;
21. Τι ονομάζομε **φάση κατεργασίας** γενικά; Να δώσετε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα επάνω στο τρυπάνισμα.
22. Τι σημαίνει τρυπάνι τύπου H ή τύπου W;
23. Να διαλέξετε από τον Πίνακα 6.2.1 τον τύπο και τις γωνίες κορυφής ε και έλικας σ ενός τρυπανίου για την κατεργασία χάλυβα και ενός για ένα κράμα του αργιλίου.
24. Τι σημαίνει ο συμβολισμός 30 W DIN 345 HSS για ένα τρυπάνι;
25. Γιατί χρειάζεται το τρυπάνι να τροχιζεται με προσοχή και ακρίβεια;

26. Να επιλέξετε συνθήκες κατεργασίας και υγρό κοπής για το τρυπάνισμα με τρυπάνι από ταχυχάλυβα: α) Μαλακού χάλυβα, β) Χαλυβοκράματος, γ) Ορειχάλκου και δ) κράματος του αργιλίου.
27. Με ποιους τρόπους μπορεί να προσδεθεί το τρυπάνι στην άτρακτο του δραπάνου;
28. Ποια γενική αρχή ακολουθούμε για τη στήριξη των κομματιών στο τρυπάνισμα; Γιατί;
29. Ποια συσκευή προσδέσεως κομματιών χρησιμοποιούμε συνήθως στο τρυπάνισμα;
30. Γιατί χρησιμοποιούμε ιδιοσυσκευές στο τρυπάνισμα; Ποιες βασικές απαιτήσεις θα πρέπει να καλύπτει μια τέτοια συσκευή;
31. Πώς ελέγχουμε την ακρίβεια θέσεως μιας έτοιμης τρύπας;
32. Να αναφέρετε ειδικά μέτρα ασφάλειας που πάρνομε στο τρυπάνισμα.
33. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της γλυφάνσεως;
34. Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στο τρυπάνισμα και στη γλύφανση σχετικά με τη διαστοική ακρίβεια και την τραχύτητα επιφάνειας της τρύπας;
35. Τι ακρίβεια στη διάμετρο μιας τρύπας μπορούμε να επιτύχουμε με γλύφανση;
36. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές ανάμεσα σε ένα χειρογλύφανο και σε ένα μηχανογλύφανο;
37. Πώς εργάζεται ένα γλύφανο ως κοπικό εργαλείο;
38. Πόση χάρη θα αφήσομε για να γλυφάνουμε σε ένα χαλύβδινο κομμάτι μια τρύπα που να έχει τελική διάμετρο 20 mm;
39. Να διαλέξετε τις συνθήκες κατεργασίας για γλύφανση με γλύφανο από ταχυχάλυβα οπών σε κομμάτια από: α) Ημίσκληρο χάλυβα, β) Μαλακτικοποιημένο χυτοσίδηρο και γ) κρατέρωμα.
40. Τι υγρό κοπής θα διαλέξουμε για τη γλύφανση: α) Σκληρού χάλυβα. β) Ανοξείδωτου χάλυβα. γ) Φαιού χυτοσίδηρου και δ) ενός κράματος του χαλκού.
41. Τι χρειάζεται να διαθέτει ένα δράπανο για να μπορεί να εκτελεσθεί σε αυτό εσωτερική σπειροτόμηση;
42. Ποια υλικά χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σπειροτόμων για εσωτερικά σπειρώματα;
43. Γιατί κατά την εσωτερική σπειροτόμηση χρησιμοποιούμε απαραιτήτως υγρό κοπής;
44. Να επιλέξετε το κατάλληλο υγρό κοπής για εσωτερική σπειροτόμηση σε κομμάτια από σκληρό ανθρακούχο χάλυβα και από φαιό χυτοσίδηρο.
45. Να διαλέξετε την ταχύτητα κοπής για εσωτερική σπειροτόμηση σε μαλακό χάλυβα και σε ένα κράμα του αργιλίου.
46. Ποιο είδος δραπάνου από αυτά που γνωρίζουμε ενδείκνυται για την κάθε μία από τις ακόλουθες εργασίες και γιατί:
- α) Άνοιγμα 10 οπών με διαφορετική εν γένει διάμετρο σε διάφορες θέσεις ενός περίπλοκου χυτού κομματιού και
  - β) τρυπάνισμα και γλύφανση ή σπειροτόμηση στο σώμα μιας εργαλειομηχανής εσωτερικής καύσεως σε μεγάλο αριθμό κομματιών.
47. Για το άνοιγμα διαμπερών οπών με τρυπάνι ονομαστικής διαμέτρου  $D = 15 \text{ mm}$  (και γωνίας κορυφής  $\epsilon = 118^\circ$ ) από ταχυχάλυβα σε μία πλάκα από χάλυβα St 42 με πάχος 20 mm χρησιμοποιούμε ταχύτητα κοπής  $u = 35 \text{ m/min}$  και πρόωση  $s = 0,22 \text{ mm/step}$ .
- Ζητούμε να προσδιορίσετε:
- α) Το ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου. β) Το χρόνο κοπής και γ) τη διορθωμένη ισχύ κοπής.
48. Να καταρτίσετε το φύλλο κατεργασίας για το κομμάτι του σχήματος 6.3ιβ, που να αναφέρεται μόνο στο άνοιγμα των οπών, δηλαδή τεσσάρων οπών F15H7 και μίας Φ20 H7. Το κομμάτι (πλάκα) το πάρνομε πλήρως κατεργασμένο στις διαστάσεις  $130 \times 100 \times 12$ .
49. Με τρυπάνι από ταχυχάλυβα ονομαστικής διαμέτρου  $18 \text{ mm}$  (και  $\epsilon = 120^\circ$ ) ανοίγομε τρυπες σε μία πλάκα με πάχος 25 mm από σκληρό φαιό χυτοσίδηρο. Πόσος χρόνος θ' απαιτηθεί για το άνοιγμα μιας τέτοιας τρύπας; Τις συνθήκες κατεργασίας να τις επιλέξετε από τους Πίνακες 6.2.2 και 6.2.3.
-



Σχ. 6.3ιβ.  
(Άσκηση)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΠΛΑΝΙΣΜΑ ΚΑΙ ΠΛΑΝΕΣ

#### 7.1 Γενικά.

Με το **πλάνισμα** μορφοποιούμε κυρίως **επίπεδες επιφάνειες** (οριζόντιες, κατακόρυφες ή υπό κλίση), όπως και σύνθετες επιφάνειες που προκύπτουν από συνδυασμούς επιπέδων ακόμα και καμπύλες επιφάνειες με εργαλείο μορφής [σχ. 7.4β (γ) (1)] ή με πλάνισμα αντιγραφής (σχ. 7.2η). Το πλάνισμα γίνεται με τη βοήθεια ενός κοπτικού εργαλείου με μία κόψη, όπου η πρωτεύουσα κίνηση είναι **ευθύγραμμη** και η κίνηση προώσεως **κάθετη σε αυτή** και **διακοπτόμενη**.

Ανάλογα με το είδος της πλάνης διακρίνομε το πλάνισμα σε **πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη** (ή **γεφυροπλάνη**) και σε **πλάνισμα σε βραχεία πλάνη** (ή **ταχυπλάνη**). Το πλάνισμα σε βραχεία πλάνη πάλι εκτελείται τόσο σε **οριζόντια βραχεία πλάνη** όσο και σε **κατακόρυφη βραχεία πλάνη**.

Στο σχήμα 1.1ζ ΜΤ-ΕΙ είδαμε σε φωτογραφία μια τυπική οριζόντια βραχεία πλάνη, μια κατακόρυφη και μια τραπεζοπλάνη και στην παράγραφο 1.3 (Γ) μιλήσαμε για την κινηματική του πλανίσματος σε αυτές της πλάνες και δώσαμε συγχρόνως σχηματικά τα κύρια μέρη τους (σχ. 1.3γ, 1.3δ). Το πλάνισμα σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη (σχ. 7.2ε) είναι παρόμοιο με αυτό που γίνεται στην οριζόντια βραχεία πλάνη με τη διαφορά ότι το κοπτικό εργαλείο παλινδρομεί κατακόρυφα (ή ενεργός διαδρομή του είναι η προς τα κάτω: πρωτεύουσα κίνηση), ενώ το κομμάτι μετακινείται στο οριζόντιο επίπεδο (διακοπτόμενη κίνηση προώσεως) στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής (προς τα επάνω) του εργαλείου. Περισσότερα στοιχεία για τα τρία αυτά είδη πλανών θα δώσομε στη αμέσως επόμενη παράγραφο.

Γενικά για το πλάνισμα μπορούμε να πούμε ότι είναι μια κατεργασία κοπής που προσιδιάζει περισσότερο (και είναι πιο οικονομική) στην παραγωγή κατά μονάδα ή σε παραγωγή κατά μικρές σχετικά παρτίδες παρά στην παραγωγή κομματιών σε πολύ μεγάλο αριθμό. Και αυτό μπορούμε να το αποδώσουμε από το ένα μέρος στην ευελιξία που παρουσιάζει η πλάνη στην εκτέλεση ποικιλίας από εργασίες, στο χαμηλό κόστος αγοράς της, στο μικρό κόστος των κοπτικών της εργαλείων και στη γρήγορη ρύθμισή της σε σύγκριση βέβαια μέ αλλες εργαλειομηχανές, στίς όποιες μπορεί να γίνει η ίδια εργασία [π.χ. με μια φραιζομηχανή, παράγρ. 1.3 (Ε)] και από το άλλο στο χαμηλό της ρυθμό αφαιρέσεως υλικού, που αποτελεί βασικό μειονέ – κτημα για αποδοτική εργασία σε μεγάλες παρτίδες κομματιών.

Με το πλάνισμα κατεργαζόμαστε κομμάτια χαλύβδινα (η σκληρότητά τους μπορεί να φθάσει και μέχρι τα 400 Brinell περίπου), χυτοσιδηρά, από μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα, όπως και κομμάτια από ορισμένα πλαστικά.

## 7.2 Η πλάνη.

### 7.2.1 Τα είδη πλανών.

Στην παράγραφο αυτή θα ασχοληθούμε λεπτομερώς με την περιγραφή και λειτουργία της οριζόντιας βραχείας πλάνης, γιατί είναι η πλάνη που συναντούμε περισσότερο στα συνήθη μηχανουργεία. Για την κατακόρυφη βραχεία πλάνη και για την τραπεζοπλάνη θα αναφέρομε συνοπτικά ορισμένα χαρακτηριστικά τους στοιχεία.

#### A. Ή δριζόντια βραχεία πλάνη.

##### 1. Γενική περιγραφή.

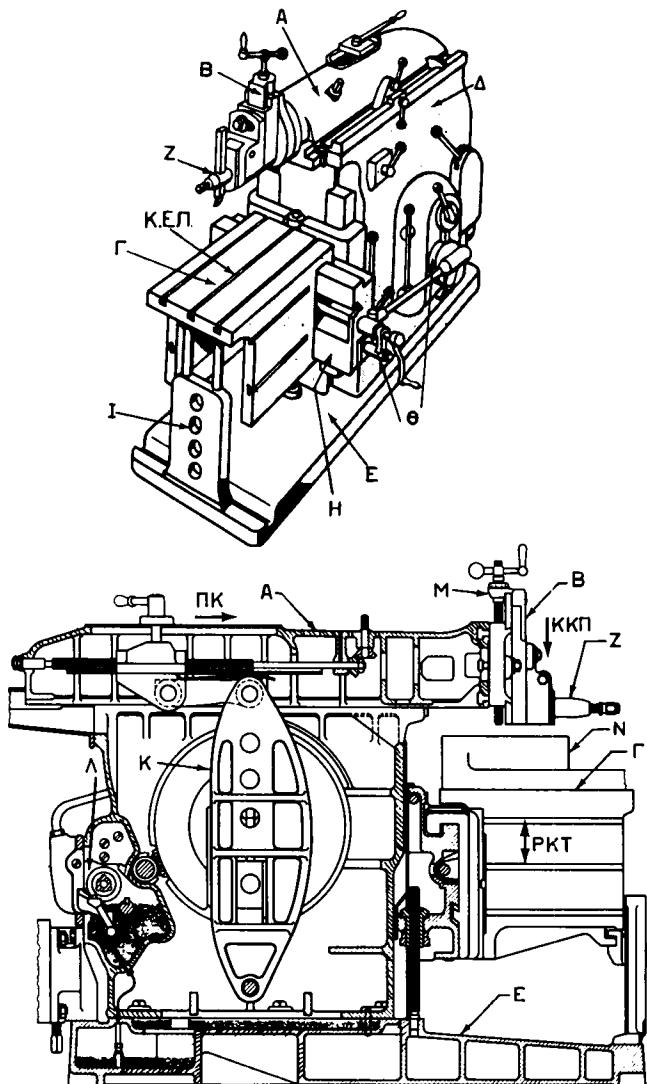
Στην οριζόντια βραχεία πλάνη μορφοποιούμε οριζόντιες, κατακόρυφες και υπό κλίση επιφάνειες ή συνδυασμούς τέτοιων επιφανειών (κομμάτια πρισματικής μορφής, σχ. 1.3γ) σε μικρά και σε μεσαίου μεγέθους κομμάτια (το μήκος τους συνήθως δεν υπερβαίνει τα 800 mm): ακόμα ίσια αυλάκια, οδοντωτούς κανόνες σφηνοδρόμους, αυλάκια μορφής T, χελιδονοουρές, όπως και καμπύλες επιφάνειες με εργαλείο μορφής ή με σύστημα αντιγραφής.

Η πλάνη αυτή απαρτίζεται από τις εξής κύριες δομικές μονάδες (σχ. 1.3γ, σχ. 7.2α): από τη **βάση E**, από τον **κορμό Δ**, την **τράπεζα Γ** και από το **έλκυθρο A** που φέρει το **εργαλειοφορείο B** (και τον **εργαλειοδέτη Z**).

Το κομμάτι προσδένεται στερεά και ασφαλώς στην τράπεζα Γ της πλάνης, που ακριβώς για το σκοπό αυτό φέρει αυλάκια μορφής T και το κοπτικό εργαλείο στον εργαλειοδότη Z (βλέπε και σχ. 7.4δ), που ακολουθεί την παλινδρομική κίνηση του ελκύθρου A.

Η τράπεζα της πλάνης προσαρμοζόμενη σε κατάλληλο φορείο Η έχει τη δυνατότητα να μετακινείται **κατακόρυφα** και **εγκάρσια** (κάθετα προς τη διεύθυνση της παλινδρομήσεως του κοπτικού εργαλείου, δηλαδή της πρωτεύουσας κινήσεως).

Υπάρχουν όμως και οι λεγόμενες **πλάνες γενικής χρήσεως** (Giouvinibérasal, Universal), όπου η τράπεζα, πέρα από την κατακόρυφη και εγκάρσια κίνησή της, μπορεί να περιστραφεί, μέσα σε ορισμένη περιοχή γωνιών, γύρω από ένα άξονα παραλληλο προς τη διεύθυνση της πρωτεύουσας κινήσεως. Αυτό διευκολύνει το πλάνισμα επιπέδων επιφανειών με κλίση. Η κατακόρυφη μετακίνηση της τράπεζας πραγματοποιείται με ανύψωση του φορείου Η και έχει ως σκοπό να φέρει το κομμάτι (ανάλογα με το μέγεθός του) στην επιθυμητή θέση κάτω από το κοπτικό εργαλείο. Στη θέση αυτή η τράπεζα μπορεί να στερεωθεί. Επίσης θα πρέπει να τονίσουμε ότι η κατακόρυφη αυτή κίνηση της τράπεζας δεν γίνεται με ακρίβεια, αλλά χονδρικά. Η τράπεζα μετακινείται εγκάρσια με τη βοήθεια του μηχανισμού προώσεως Θ (γι' αυτόν θα μιλήσουμε παρακάτω) που επιβάλλει στην τράπεζα (και στο κομμάτι που προσδένεται σε αυτή) την κίνηση προώσεως στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής [στο πλάνισμα η κίνηση προώσεως είναι διακοπτόμενη, όπως έχομε αναφέρει στην παράγραφο 1.3 (Γ)]. Η τράπεζα τέλος είναι δυνατό να στερεώνεται στη βάση E της πλάνης με κατάλληλο υποστήριγμα I και έτσι να γίνεται η πλάνη πιο στιβαρή κατά την εργασία της.



Σχ. 7.2α.

Η οριζόντια βραχεία πλάνη: Ονοματολογία. (Επί πλέον σύμβολα που δεν αναφέρονται στο κείμενο: Κ ταλαντεύμενος βραχίονας, Λ κιβώτιο ταχυτήτων, Μ μηχανισμός κατακόρυφης κινήσεως του εργαλειοδέτη, ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΕΠ κίνηση εγκάρσιας προώσεως, ΚΚΠ κίνηση κατακόρυφης προώσεως, ΡΚΤ ρυθμιστική κίνηση τράπεζας).

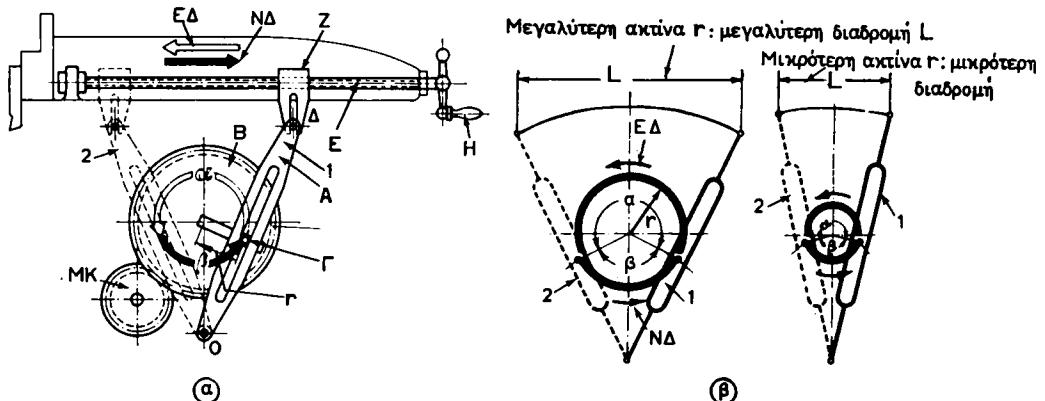
Στο επάνω μέρος του χυτοσιδηρού κορμού της πλάνης υπάρχουν ολισθητήρες, όπου παλινδρομεί το έλκυθρο Α μαζί με το εργαλειοφορείο Β (και βέβαια και με τον εργαλειοδέτη Ζ και το κοπτικό εργαλείο).

## 2. Διάταξη για την παλινδρομική κίνηση του ελκύθρου.

Η ισχύς που χρειάζεται για την παλινδρόμηση του ελκύθρου (δηλαδή η ισχύς

κοπής) παρέχεται από κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 3.4.1) και η παλινδρομική κίνηση του ελκύθρου επιτυγχάνεται είτε μέσω κιβωτίου ταχυτήτων (με ολισθαίνοντες συνήθως οδοντοτροχούς) και διατάξεως ταλαντευόμενου βραχίονα και δισκοειδούς στροφάλου είτε με τη βοήθεια υδραυλικής μεταδόσεως κινήσεως (παράγρ. 3.5.1).

Παρακάτω θα περιγράψουμε τώρα τη διάταξη ταλαντευόμενου βραχίονα και δισκοειδούς στροφάλου, η οποία χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για τη δημιουργία της παλινδρομικής κινήσεως του ελκύθρου στις οριζόντιες βραχείες πλάνες.



Σχ. 7.2β.

Η διάταξη ταλαντευόμενου βραχίονα - δισκοειδούς στροφάλου για τη δημιουργία της παλινδρομικής κινήσεως του ελκύθρου. (ΕΔ ενεργός διαδρομή, ΝΔ νεκρή διαδρομή, ΜΚ μετάδοση κινήσεως στο δισκοειδές στρόφαλο με οδοντοτροχούς).

Ο ταλαντευόμενος βραχίονας Α [σχ. 7.2β (α)] με εσωτερικό άνοιγμα αρθρώνεται στη θέση Ο και συνδέεται και με το δισκοειδές στρόφαλο Β που φέρει ένα πείρο Γ [ο πείρος αυτός έχει δυνατότητα μεταθέσεως ακτινικά στο δισκοειδές στρόφαλο και έτσι ρυθμίζεται με κατάλληλο μηχανισμό η ακτίνα  $r$ , άρα και η διαδρομή του ελκύθρου, σχ. 7.2β(β)] και με το έλκυθρο συνήθως με ένα βραχίονα Δ και με ένα ζεύγος κοχλία Ε - περικοχλίου Ζ. Με πειστροφή τώρα του δισκοειδούς στρόφαλου μέσω οδοντοτροχών ο πείρος Γ μετακινείται κατά μήκος του εσωτερικού ανοίγματος του ταλαντευόμενου βραχίονα Α, με αποτέλεσμα την ταλάντωση του γύρω από την άρθρωση Ο στο κατακόρυφο επίπεδο. Όταν δηλαδή ο ταλαντευόμενος βραχίονας από τη θέση 1 φθάσει στη θέση 2, τότε το έλκυθρο προχωρεί προς τα εμπρός (ενεργός διαδρομή του ελκύθρου) και όταν πάλι από τη θέση 2 γυρίσει πίσω στη θέση 1, το έλκυθρο επιστρέφει στην αρχική του θέση (νεκρή διαδρομή του ελκύθρου). Όπως φαίνεται και στο σχήμα, η ενεργός διαδρομή του ελκύθρου αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο τόξο ή κύκλου που διαγράφει ο πείρος Γ (πειστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα, δηλαδή με τη γωνιακή ταχύτητα του δισκοειδούς στροφάλου, όπου είναι στερεωμένος) και συνεπώς γίνεται αργότερα από τη νεκρή διαδρομή που αντιστοιχεί σε μικρότερο τόξο β. Έτσι, βλέπομε ότι η γωνιακή ταλάντωση του ταλαντευόμενου βραχίονα μετατρέπεται σε μεταφορική

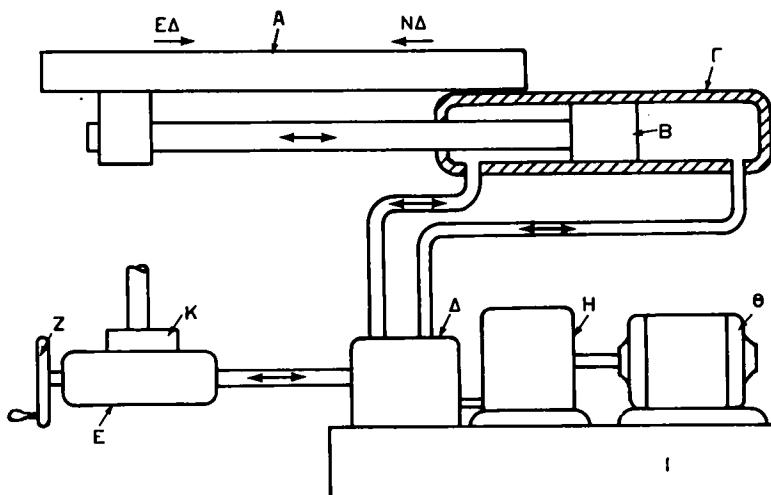
παλινδρομική κίνηση του ελκύθρου (ενεργός διαδρομή - νεκρή διαδρομή) και για αποδοτική λειτουργία της πλάνης αυτής (το ίδιο συμβαίνει και σε όλες τις πλάνες) **η νεκρή διαδρομή γίνεται πο γρήγορα από ό,τι η ενεργός διαδρομή.**

Στην εργασία της πλάνης στο μηχανουργείο, εκτός από τη ρύθμιση της διαδρομής του ελκύθρου (με ακτινική μετάθεση του πείρου Γ), μας ενδιαφέρει και η θέση του ελκύθρου (στην αρχή μιας ενεργού διαδρομής), άρα και της διαδρομής του κοπτικού εργαλείου ως προς το κομμάτι που μπορεί να παίρνει καθορισμένη σε κάθε περίπτωση θέση επάνω στην τράπεζα της πλάνης. Αυτό γίνεται με ρύθμιση της θέσεως του περικοχλίου Ζ μέσω του κοχλία Ε ύστερα από περιστροφή του στροκεφάλου Η, διόπις φαίνεται στο σχήμα 7.2β(α).

Παρ' όλο όμως που το δισκοειδές στρόφαλο έχει ομαλή κυκλική κίνηση (περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα), εν τούτοις η κίνηση του ελκύθρου γίνεται με μεταβαλλόμενη ταχύτητα. Η ταχύτητα του ελκύθρου στην ενεργό διαδρομή του (πρωτεύουσα κίνηση) είναι προφανώς η ταχύτητα κοπής στο πλάνισμα (παράγρ. 7.3.1).

Το έλκυθρο της οριζόντιας βραχείας πλάνης είναι δυνατό να παίρνει την παλινδρομική του κίνηση και με τη βοήθεια υδραυλικής μετάδοσης κινήσεως (σχ. 7.2γ). Στην περίπτωση αυτή το έλκυθρο Α συνδέεται με το έμβολο Β του υδραυλικού κυλίνδρου Γ και η παλινδρομική του κίνηση επιτυγχάνεται και ελέγχεται με διάφορες βαλβίδες Δ. Συνήθως η κίνηση προώσεως στην τράπεζα της πλάνης δίνεται αυτόματα στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής του ελκύθρου από ξεχωριστό ζεύγος Ε υδραυλικού κυλίνδρου - έμβολου.

Η οριζόντια βραχεία πλάνη με υδραυλική μετάδοση κινήσεως σε σύγκριση με



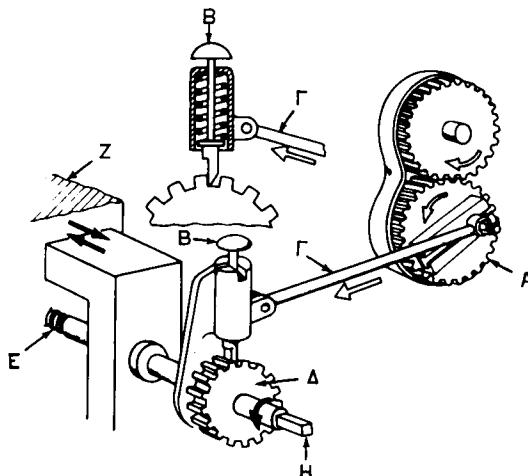
Σχ. 7.2γ.

Υδραυλική μετάδοση παλινδρομικής κινήσεως στο έλκυθρο μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης. (Επί πλέον σύμβολα που δεν αναφέρονται στο κείμενο: Ζ χειρομοχλός προώσεως, Η αντλία, Θ ηλεκτροκινητήρας, Ι δοχείο υδραυλικού υγρού, Κ κιβώτιο προώσεων, ΕΔ ενεργός διαδρομή, ΝΔ νεκρή διαδρομή).

μια πλάνη εφοδιασμένη με διάταξη ταλαντευόμενου βραχίονα και δισκοειδούς στροφάλου παρουσιάζει δύο πλεονεκτήματα: το πρώτο είναι ότι η ταχύτητα του ελκύθρου στην ενεργό του διαδρομή είναι σχεδόν ομοιόμορφη και το δεύτερο ότι είναι δυνατή η συνεχής μεταβολή της ταχύτητας του ελκύθρου, άρα και η εκλογή της πιο κατάλληλης ταχύτητας κοπής για το πλάνισμα που κάθε φορά πρόκειται να εκτελέσομε· παρουσιάζει όμως και το σημαντικό μειονέκτημα ότι το κόστος αγοράς της είναι αρκετά ψηλό.

### 3. Ο μηχανισμός προώσεως της τράπεζας.

Η λειτουργία του μηχανισμού προώσεως της τράπεζας μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης εικονίζεται στο σχήμα 7.2δ. Έτσι, σε κάθε μια στροφή του οδοντοτροχού Α (φέρει ένα αυλάκι σχήματος Τ) εκτελεί ορισμένη (μικρή) διαδρομή η καστάνια Β μέσω του διωστήρα Γ. Η διαδρομή αυτή ρυθμίζεται, δηλαδή μικράνει ή



Σχ. 7.2δ.

Πιώς λειτουργεί ο μηχανισμός προώσεως της τράπεζας σε μία οριζόντια βραχεία πλάνη.

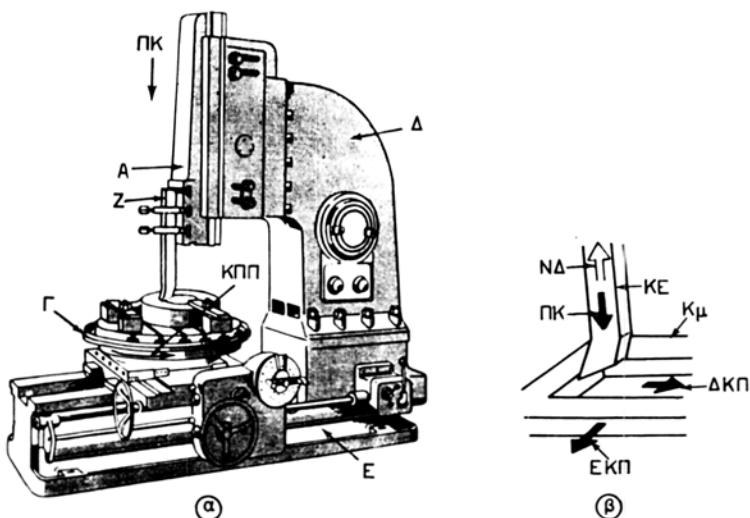
μεγαλώνει, με μετατόπιση του αξονίσκου στερεώσεως του διωστήρα Γ στο αυλάκι του οδοντοτροχού Α προς το κέντρο ή την περιφέρεια του αντίστοιχα. Με τη μετακίνηση αυτή της καστάνιας Β περιστρέφεται κατά ορισμένο τόξο ο οδοντοτροχός Δ (είναι στερεωμένος στον κοχλία προώσεως Ε της τράπεζας Ζ της πλάνης) που συνεργάζεται με την καστάνια, άρα και ο κοχλίας προώσεως Ε της τράπεζας, με αποτέλεσμα ανάλογη εγκάρσια μετακίνηση (πρόωση) της τράπεζας Ζ. Η κίνηση αυτή προώσεως ρυθμίζεται έτσι, ώστε να λαμβάνει χώρα στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής. Για παραπέρα περιστροφή του οδοντοτροχού Α, ο διωστήρας κινείται προς τα πίσω και η καστάνια, εξαιτίας της διαμορφώσεως της, ολισθαίνοντας επάνω στον οδοντοτροχό Δ σταματά τελικά ανάμεσα σε δύο δόντια του αναμένοντας να ενεργήσει για την επόμενη πρόωση της τράπεζας της πλάνης. Για αναστροφή της φοράς προώσεως της τράπεζας ανασηκώνομε την καστάνια Β και τη γυρίζομε κατά 180°. Τέλος, αν επιθυμούμε χειροκίνητη πρόωση της τράπεζας της πλάνης,

αποσυνδέομε τη διάταξη της καστάνιας με τον οδοντοτροχό της, οπότε σταματά η μηχανική κίνηση της τράπεζας, την οποία τώρα προωθούμε με ένα χειροστρόφαλο που προσαρμόζομε στην άκρη Η του κοχλία προώσεως Ε.

Τέλος, το βάθος κοπής κατά το πλάνισμα στην οριζόντια βραχεία πλάνη τίθεται με προς τα κάτω μετατόπιση του εργαλειοδέτη (σχ. 7.4δ) σε οισθητήρες που υπάρχουν γι' αυτό το σκοπό στο εργαλειοφορείο. Επίσης, η πλάνη μπορεί να διαθέτει και κατακόρυφη μηχανική κίνηση προώσεως του εργαλειοδέτη, απαραίτητη για το πλάνισμα κατακορύφων και υπό κλίση επιφανειών (σχ. 7.4ε).

### B. Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη.

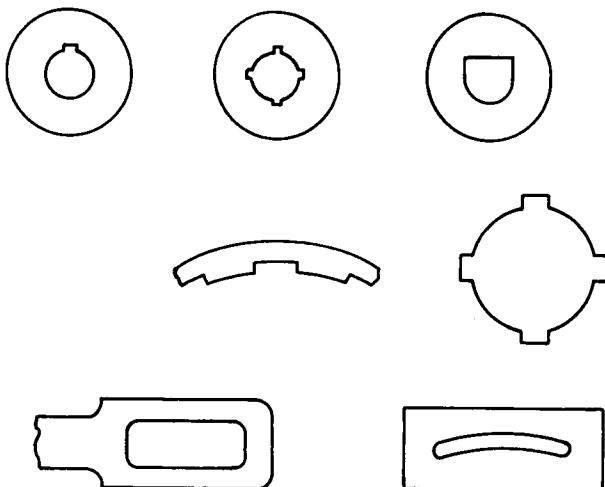
Στο σχήμα 7.2ε (α) εικονίζεται μια κατακόρυφη βραχεία πλάνη μαζί με την ονοματολογία των κυριότερων μερών της, ενώ στο σχήμα 7.2ε (β) δίνεται η κινηματική του πλανίσματος στην πλάνη αυτή, όπως την περιγράψαμε προηγουμένως (παράγρ. 7.1).



Σχ. 7.2ε.

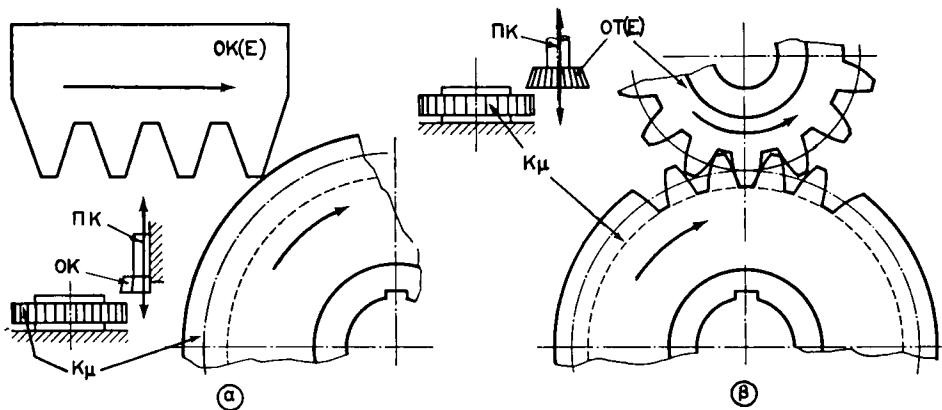
α) Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη. (Α έλκυθρο, Γ κυκλική περιστρεφόμενη τράπεζα, Δ κορμός, Ε βάση, Ζ εργαλειοδέτης, ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠΠ κίνηση περιφερειακής προώσεως). β) Κινηματική του πλανίσματος σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΕΚΠ εγκάρσια κίνηση προώσεως, ΔΚΠ διαμήκης κίνηση προώσεως (ρυθμιστική κίνηση για το βάθος κοπής), ΝΔ νεκρή διαδρομή, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

Οι βασικές εργασίες που εκτελούμε στην κατακόρυφη βραχεία πλάνη αναφέρονται κυρίως σε μορφοποίηση αυλακιών σε διάφορα σχήματα, πολυσφήνων, σφηνοδρόμων, οδοντώσεων, καμπύλων επιφανειών ως επί το πλείστο σε κοίλα κομμάτια (π.χ. τροχαλίες, οδοντοτροχοί, τριβείς εδράνων οισθήσεως κ.α.) ή και στο εξωτερικό κομματιών (σχ. 7.2στ). Επί πλέον μπορούμε να κατεργασθούμε και επιφάνειες που δεν είναι προσπελάσιμες με άλλες κατάλληλες κατεργασίες, όπως και εργασίες σε τυφλές τρύπες. Εδώ δεν θα πρέπει να παραλείψομε και την κοπή



Σχ. 7.2στ.

Μερικά παραδείγματα εργασιών που κάνομε στην κατακόρυφη βραχεία πλάνη.



Σχ. 7.2ζ.

Κοπή οδοντώσεων επάνω στην αρχή λειτουργίας της κατακόρυφης βραχείας πλάνης (κατακόρυφη παλινδρόμηση του κοπτικού εργαλείου): α) Το κοπτικό εργαλείο είναι οδοντωτός κανόνας. β) Το κοπτικό εργαλείο είναι οδοντοτροχός [ΟΚ(Ε) οδοντωτός κανόνας (εργαλείο), ΟΤ(Ε) οδοντοτροχός (εργαλείο), ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση (προς τα κάτω), Κμ κομμάτι].

οδοντώσεων ίσιων (ή και έλικοειδών) σε μεγάλο αριθμό απαράλλακτων κομματιών που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας της κατακόρυφης βραχείας πλάνης, δηλαδή στην κατακόρυφη παλινδρόμηση του κοπτικού εργαλείου. Στην κοπή όμως οδοντώσεων με τη μέθοδο αυτή το εργαλείο που μπορεί να είναι οδοντοτροχός ή οδοντωτός κανόνας με κατάλληλα σχηματισμένα κοπτικά δόντια, εκτός από την παλινδρομική κίνησή του, αντίστοιχα περιστρέφεται [σχ. 7.2ζ (α)] ή προωθείται [σχ. 7.2ζ (β)], ενώ το κομμάτι περιστρέφεται και αυτό ωσάν εργαλείο και κομμάτι να έχουν τα δόντια τους σε έμπλεξη. Ακόμη το εργαλείο παλινδρομεί οριζόντια,

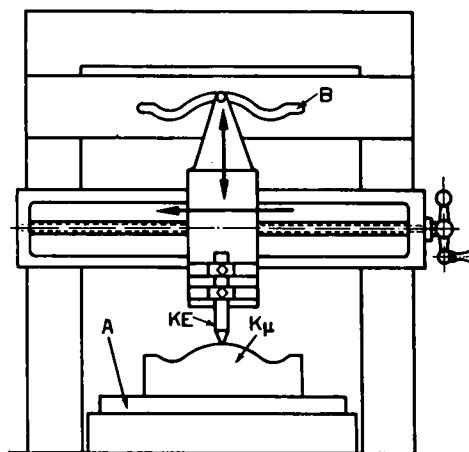
όσο χρειάζεται, ώστε να μπορεί ελεύθερα να επιστρέψει προς τα επάνω. Περισσότερες όμως πληροφορίες για τη μέθοδο αυτή κοπής οδοντώσεων και για τη συναφή εργαλειομηχανή (γραναζοκόπη) θα δώσουμε στο οικείο κεφάλαιο για την κοπή οδοντώσεων σε επόμενο τόμο της Μηχανουργικής Τεχνολογίας. Εν τούτοις η εργασία αυτή μπορεί να γίνει και σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη εφοδιασμένη με κατάλληλο μηχανισμό που προσαρμόζεται στην άκρη του ελκύθρου.

Η τράπεζα της κατακόρυφης βραχείας πλάνης είναι κυκλική και περιστρεφόμενη. Έχει δυνατότητα μηχανικής κινήσεως προώσεως (διακοπόμενης και εδώ) διαμήκους και εγκάρσιας στο οριζόντιο επίπεδο, όπως μας δείχνουν τα βέλη στο σχήμα 7.2ε (β). Ακόμα η περιστρεφόμενη αυτή τράπεζα μπορεί να δώσει και μηχανική περιφερειακή πρόσωση [σχ. 7.2ε (α)] (μέσω ενός ζεύγους ατέρμονα κοχλία - οδοντοτροχού) με την έννοια ότι η τράπεζα περιστρέφεται κατά μια καθορισμένη μικρή γωνία στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής (προς τα άνω) του ελκύθρου.

Η παλινδρομική κίνηση δίνεται στο έλκυθρο τόσο με μηχανισμό στροφάλου (είναι ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται ευρύτερα) όσο και με ζεύγος ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα [παράγρ. 3.3.4 (Β)] ή με υδραυλική μετάδοση.

#### **Γ. Η τραπεζοπλάνη (ή γεφυροπλάνη) (σχ. 1.1ζ, 1.3δ).**

Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για το πλάνισμα οριζόντιων επιφανειών με μεγάλο μήκος που μπορεί να φθάσει τα 20 m και να τα υπερβεί ακόμα. Τυπικά κομμάτια που τα πλανίζομε σε μεγάλο μήκος είναι χυτοσιδηρά σώματα εργαλειομηχανών. Σε τραπεζοπλάνη πλανίζομε επίσης και μικρότερα κομμάτια προσδένοντάς τα το ένα κοντά στο άλλο στην τράπεζα της πλάνης: επί πλέον μορφοποιούμε ίσια αυλάκια μεγάλου μήκους, όπως και καμπύλες επιφάνειες με σύστημα αντιγραφής (σχ. 7.2η) ή και κατ' άλλο τρόπο. Ενδεικτικά αναφέρομε την κοπή ελικοειδών αυλακιών σε μεγάλου μήκους κύλιστρα με σύγχρονη περιστροφή του κυλίστρου καθώς



**Σχ. 7.2η.**

Πλάνισμα καμπύλης επιφάνειας με σύστημα αντιγραφής σε τραπεζοπλάνη. (Α τράπεζα, Β καλίμπρα, Κμ κομμάτι, ΚΕ κοπικό εργαλείο).

αυτό προχωρεί κατά την ενεργό διαδρομή της τράπεζας της πλάνης προς το σταθερό κοππικό εργαλείο.

Οι τραπεζοπλάνες είναι βαριές και μεγάλου μεγέθους εργαλειομηχανές και τις μεταχειρίζομαστε για πλάνισμα εκχονδρίσεως και αποπερατώσεως. Τις συναντούμε με ένα ή με δύο ορθοστάτες (είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος τραπεζοπλάνης) και είναι εφοδιασμένες με μια ή και με δύο εργαλειοφόρες κεφαλές Δ (σχ. 1.3δ) στο εγκάρσιο εργαλειοφορείο Β. Επίσης επιπρόσθετα εργαλεία, ιδιαίτερα για πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών μπορούν να προσδεθούν σε δυο εργαλειοφόρες κεφαλές που προσαρμόζονται ανά μια σε κάθε ορθοστάτη (για τραπεζοπλάνη βέβαια με δύο ορθοστάτες).

Κατά το πλάνισμα στην τραπεζοπλάνη η πρωτεύουσα κίνηση (παλινδρομική), όπως γνωρίζομε [παράγρ. 1.3 (Γ) (2)], εκτελείται από την τράπεζα, ενώ η κίνηση προώσεως και οι άλλες αναγκαίες ρυθμιστικές κινήσεις γίνονται από το εγκάρσιο εργαλειοφορείο, τις εργαλειοφόρες κεφαλές και τους εργαλειοδέτες. Έτσι, οι κινήσεις που απαιτούνται για τη ρύθμιση του βάθους κοπής στο πλάνισμα οριζοντίων επιφανειών γίνονται με κατακόρυφη μετακίνηση του εγκαρσίου εργαλειοφορείου Β και του εργαλειοδέτη της αντίστοιχης κεφαλής, ενώ η κίνηση προώσεως επιτυγχάνεται με διακοπτόμενη μετακίνηση της αντίστοιχης εργαλειοφόρου κεφαλής κατά μήκος του εγκαρσίου εργαλειοφορείου. Στο πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών το βάθος κοπής τίθεται με οριζόντια μετακίνηση του εργαλειοδέτη της αντίστοιχης εργαλειοφόρου κεφαλής που προσαρμόζεται στον ορθοστάτη, ενώ η κίνηση προώσεως πραγματοποιείται με κατακόρυφη διακοπτόμενη μετατόπιση της αντίστοιχης εργαλειοφόρου κεφαλής.

Υπάρχουν και τραπεζοπλάνες με δύο τράπεζες που είτε εργάζονται ξεχωριστά η μία από την άλλη (στη μία επί παραδείγματι μπορούν να γίνονται οι εργασίες προσδέσεως του κομματιού, ενώ συγχρόνως η άλλη να εργάζεται κανονικά) είτε και οι δύο μαζί στο πλάνισμα πολύ μεγάλων κομματιών.

Οι τραπεζοπλάνες μπορούν να είναι εφοδιασμένες και με ειδικές εργαλειοφόρες κεφαλές για φραιζάρισμα ή για λείανση, οι οποίες και φέρουν το μηχανισμό για την περιστροφή της φραίζας ή του λειαντικού τροχού. Παρόμοιες εργαλειοκεφαλές είναι δυνατό να προσαρμοσθούν και σε οριζόντιες βραχείες πλάνες.

Η κίνηση της τράπεζας της τραπεζοπλάνης επιτυγχάνεται με διαφόρους τρόπους. Σε παλαιού τύπου τραπεζοπλάνες χρησιμοποιείται το ζεύγος οδοντωτού κανόνα - οδοντωτού τροχού [παράγρ. 3.3.4 (Α)]. Ο οδοντωτός κανόνας προσαρμόζεται στην τράπεζα και η κίνηση μεταδίδεται από τον ηλεκτροκινητήρα μέσω ενδιαμέσων οδοντοτροχών. Η παλινδρόμηση της τράπεζας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια καταλλήλου συστήματος ελέγχου. Η μετάδοση αυτή κινήσεως γίνεται πιο αποδοτική (έχομε δυνατότητα συνεχούς μεταβολής της περιστροφικής ταχύτητας) με χρησιμοποίηση της γνωστής μας διατάξεως Βαρντ - Λέοναρντ (παράγρ. 3.4.2). Άλλος τρόπος μεταδόσεως κινήσεως στην τράπεζα, που εφαρμόζεται σε νεώτερες τραπεζοπλάνες, είναι με το ζεύγος ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα [παράγρ. 3.3.4 (Β)] που παρέχει πιο ήσυχη και πιο ομαλή κίνηση. Τέλος στις τραπεζοπλάνες χρησιμοποιείται η υδραυλική μετάδοση κινήσεως, με την οποία επιτυγχάνεται ομαλή χωρίς κραδασμούς κίνηση της τράπεζας.

### **7.2.2 Ποια είναι τα στοιχεία που διαγράφονται σε μια πλάνη.**

#### **A. Στη βραχεία πλάνη (οριζόντια και κατακόρυφη).**

Βασικό προδιαγραφόμενο μέγεθος εδώ είναι η **μέγιστη αφέλιμη διαδρόμη του ελκύθρου** σε χιλιοστόμετρα (mm) ή λντσες (""). Είναι αυτονότητα ότι η μέγιστη διαδρομή του ελκύθρου καθορίζει και το μέγιστο μήκος ή το ύψος του κομματιού που μπορεί να πλανισθεί σε μία οριζόντια ή σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη αντίστοιχα.

Άλλα συμπληρωματικά στοιχεία για την προδιαγραφή μιας βραχείας πλάνης μπορούν να είναι και τα επόμενα: ο αριθμός και το εύρος των συχνοτήτων παλινδρομήσεως π' του ελκύθρου (σε παλινδρομήσεις ανά min), η μέγιστη εγκάρσια (και διαμήκης για τις κατακόρυφες βραχείες πλάνες) διαδρομή της τράπεζας, οι διαστάσεις της τράπεζας (μήκος σε mm x πλάτος σε mm η διάμετρος σε mm για τις κατακόρυφες πλάνες), η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στην τράπεζα και στην κατώτερη επιφάνεια του ελκύθρου, ο αριθμός και το εύρος προώσεων της τράπεζας, η ονομαστική ισχύς της πλάνης και το συνολικό της καθαρό βάρος.

Ενδεικτικά αναφέρομε ότι μία βραχεία πλάνη (οριζόντια ή κατακόρυφη) με μέγεθος έχει μέγιστη αφέλιμη διαδρομή από 500 mm μέχρι 600 mm.

#### **B. Στην τραπεζοπλάνη.**

Στην πλάνη αυτή ως βασικό στοιχείο που προδιαγράφεται είναι οι μέγιστες διαστάσεις (μήκος σε mm x πλάτος σε mm x ύψος σε mm) του κομματιού που θα μπορεί να πλανισθεί σε αυτή. Ως δευτερεύοντα χαρακτηριστικά της που προδιαγράφονται μπορούν να αναφερθούν τα εξής: ο αριθμός και η περιοχή μεταβολής της ταχύτητας της τράπεζας της πλάνης, ο αριθμός και το εύρος προώσεων (εγκαρσίων και κατακορύφων), ο αριθμός των εργαλειοφόρων κεφαλών, το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος κομματιού, η ονομαστική ισχύς της πλάνης και το συνολικό της καθαρό βάρος.

Σε μία μέσου μεγέθους τραπεζοπλάνη με δύο ορθοστάτες οι μέγιστες προδιαγραφόμενες διαστάσεις κομματιού μπορούν να είναι 8000 mm (8m) x 3200 mm (3,2m) x 3000 mm (3 m).

## **7.3 Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του πλανίσματος.**

### **7.3.1 Οι συνθήκες κατεργασίας.**

Η **ταχύτητα κοπής** κατά το πλάνισμα συμπίπτει με την ταχύτητα του ελκύθρου (στις βραχείες πλάνες) ή της τράπεζας (στις τραπεζοπλάνες) στην ενεργό τους διαδρομή και δεν είναι εν γένει σταθερή, αλλά μεταβαλλόμενη, εξαιτίας της κινηματικής διαμορφώσεως της διατάξεως μεταδόσεως της παλινδρομικής κινήσεως. Για το λόγο αυτό και μας ενδιαφέρει η μέση τιμή της ταχύτητας κοπής  $u_m$ . Εν τούτοις όμως πρακτικά η μέση αυτή ταχύτητα κοπής  $u_m$  δεν διαφέρει σημαντικά από τη μέγιστη τιμή της  $u_{\mu}$ . Και στις μεν τραπεζοπλάνες, εξαιτίας βέβαια του συστήματος μεταδόσεως της παλινδρομικής κινήσεως στην τράπεζα [παράγραφος 7.2.1 (Γ)], ελάχιστη διαφορά υπάρχει ανάμεσα στη  $u_m$ , και  $u_{\mu}$ , ενώ στις βραχείες πλάνες με σύστημα στροφάλου η διαφορά αυτή είναι πιο αισθητή. Άρα, όπου στα επόμενα

αναφερόμαστε σε μέση τιμή της ταχύτητας κοπής θα υπονοούμε και τη μέγιστη. Στην πράξη τη μέση αυτή ταχύτητα κοπής την εκλέγομε, όπως θα δούμε στην παράγραφο 7.4.2, με βάση το είδος του κατεργασμένου υλικού, την πρώση και το υλικό του κοπικού εργαλείου (Πίνακες 7.4.2, 7.4.3) και μετά από αυτό επιδιώκομε να βρούμε τη συχνότητα παλινδρομήσεων π' του ελκύθρου ή της τράπεζας της πλάνης για δοσμένη κάθε φορά διαδρομή τους L. Το πλάνισμα γίνεται, αφού θέσσομε την πλάνη στην πλησιέστερη προς αυτή που βρήκαμε συχνότητα παλινδρομήσεων, την οποία διαθέτει. Η συχνότητα παλινδρομήσεων π' μπορεί είτε να εκλεγεί με βάση τη μέση ταχύτητα κοπής  $u_{em}$  και τη διαδρομή L από κατάλληλη πινακίδα που συνήθως επικολλάται σε ευκολοπρόσιτη θέση στην πλάνη είτε να υπολογισθεί, όπως θα δούμε ευθύς αμέσως.

Ας πούμε ότι ο χρόνος μιας ενεργού διαδρομής του ελκύθρου ή της τράπεζας της πλάνης είναι  $t_e$  σε min και ο χρόνος μιας νεκρής διαδρομής  $t_v$  πάλι σε min και οι μέσες αντίστοιχα ταχύτητες σε m/min έστω ότι είναι  $u_{em}$  και  $u_{vm}$ . Αν L σε mm είναι η διαδρομή του ελκύθρου ή της τράπεζας της πλάνης, θα ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$u_{em} = \frac{L}{1000 t_e} \quad \text{και} \quad u_{vm} = \frac{L}{1000 t_v} \quad [\text{m/min}] \quad (7.1)$$

Ο συνολικός χρόνος της παλινδρομήσεως του ελκύθρου ή της τράπεζας (δηλαδή ο χρόνος μιας ενεργού διαδρομής και της νεκρής διαδρομής που την ακολουθεί ή με άλλα λόγια η περίοδος της παλινδρομήσεως) θα ισούται με το άθροισμα ( $t_e + t_v$ ) και θα είναι, όπως γνωρίζομε, το αντίστροφο της συχνότητας παλινδρομήσεως π', δηλαδή:

$$t = \frac{1}{n'} \quad [\text{min}] \quad (7.2)$$

Από τις σχέσεις (7.1) είναι προφανές ότι:

$$\frac{u_{vm}}{u_{em}} = \frac{t_e}{t_v} = \delta \quad (7.3)$$

Από κατασκευαστικά στοιχεία που μπορούμε να πάρομε από πλάνες του εμπορίου ο λόγος δ κυμαίνεται για μεν τις βραχείες πλάνες από περίπου 1,5 μέχρι 2,0, ενώ για τις τραπεζοπλάνες από 1,5 ως 3,5 (η μικρότερη τιμή του δ αντιστοιχεί για μικρές διαδρομές της τράπεζας, ενώ η μεγαλύτερη τιμή για μεγάλες διαδρομές).

Θεωρώντας τώρα τις σχέσεις (7.1), (7.3) και (7.2), μπορούμε εύκολα να προσδιορίσουμε τη μέση ταχύτητα στην ενεργό διαδρομή  $u_{em}$  που συμπίπτει, όπως είπαμε, με τη μέση ταχύτητα κοπής  $u_m$ , δηλαδή  $u_{em} = u_m$  από γνωστά μας στοιχεία, άρα:

$$u_{em} = \frac{L}{1000 t_e} = \frac{L}{1000 \left( \frac{\delta}{\delta + 1} \cdot t \right)} = \frac{L}{1000 \left( \frac{\delta}{\delta + 1} \cdot \frac{1}{n'} \right)} \quad (7.4)$$

$$\text{εφόσον } t = t_\epsilon + t_v = t_\epsilon + \frac{t_\epsilon}{\delta} = t_\epsilon \left(1 + \frac{1}{\delta}\right) = t_\epsilon \left(\frac{\delta + 1}{\delta}\right)$$

$$\text{η } t_\epsilon = \left(\frac{\delta}{\delta + 1}\right) \cdot t$$

Τελικά η σχέση (7.4) μπορεί να γραφεί στις ακόλουθες δυο μορφές:

$$u_m = u_{em} (\simeq u_{ep}) = \frac{L \cdot n'}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1}\right)} \quad (7.5)$$

ή

$$n' = \frac{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1}\right) \cdot u_m}{L} \quad (7.6)$$

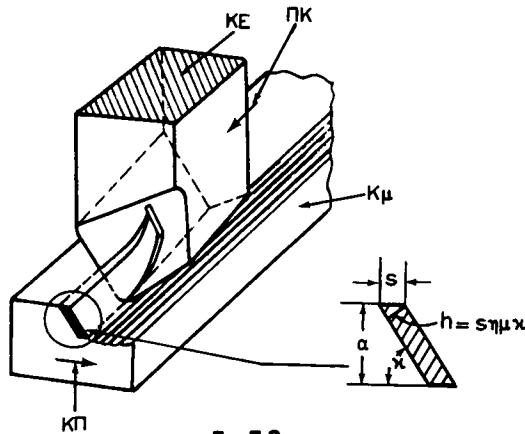
Η πρόωση  $s$  στο πλάνισμα (εγκάρσια πρόωση για το πλάνισμα οριζοντίων επιφανειών ή κατακόρυφη πρόωση για το πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών) εκφράζεται σε χιλιοστόμετρα (mm) ανά παλινδρόμηση ή ανά ενεργό διαδρομή ή ανά κύκλο πλανίσματος.

### 7.3.2 Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου και ο ρυθμός παραγωγής.

Η θεωρητική διατομή  $A$  του αποβλίτου σε  $\text{mm}^2$  προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$A = a \cdot s \quad \text{ή} \quad A = \frac{a \cdot h}{\eta \mu} \quad [\text{mm}^2] \quad (7.7)$$

όπου  $a$  σε mm είναι το βάθος κοπής (σχ. 7.3a),  $h$  σε mm είναι το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου και  $\eta$  η γωνία θέσεως του κοπτικού εργαλείου.



Σχ. 7.3a.

Στοιχεία για τη θεωρητική διατομή και το πάχος του αποβλίτου στο πλάνισμα. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

Το **ρυθμός αφαιρέσεως** υλικού τον υπολογίζομε από τη σχέση:

$$\Theta = A u_m = \frac{a \cdot s \cdot L \cdot n'}{1000 \left( \frac{\delta}{\delta + 1} \right)} \quad [\text{cm}^3 / \text{min}] \quad (7.8)$$

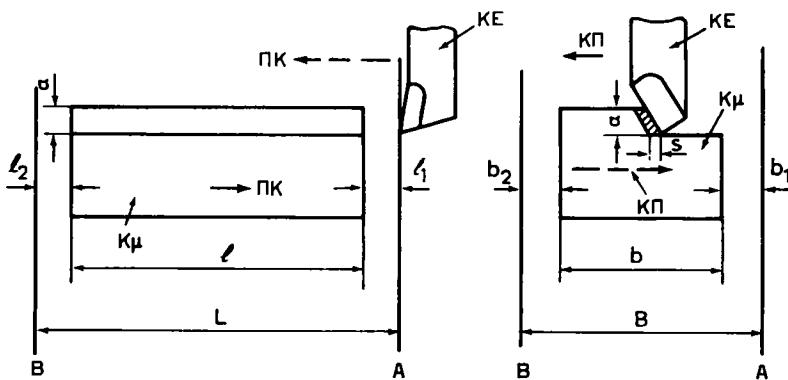
αν λάβομε υπόψη και τη σχέση (7.5).

### 7.3.3 Ο χρόνος κοπής στο πλάνισμα (σχ. 7.3β).

Στο πλάνισμα λέγοντας **χρόνο κοπής** εννοούμε το χρόνο που χρειάζεται το κοπτικό εργαλείο για να κατεργασθεί (να πλανίσει) μία επιφάνεια μήκους  $l$  mm και πλάτους  $b$  mm ενός κομματιού. Είναι όμως προφανές ότι στον υπολογισμό της διαδρομής του κοπτικού εργαλείου  $L$ , όπως και της εγκάρσιας (προς τη διεύθυνση της προώσεως) κινήσεώς του κατά  $B$ , για να καλύψει το πλάτος του κομματιού, θα πρέπει να προβλεφθούν και να προστεθούν αντίστοιχα τα μήκη  $l_1$ ,  $l_2$  και  $b_1$ ,  $b_2$  για την προσέγγιση του εργαλείου προς το κομμάτι και για την απομάκρυνση του από αυτό, δηλαδή:

$$L = l + l_1 + l_2 \text{ και } B = b + b_1 + b_2$$

Συνήθως λαμβάνομε  $l_1 = l_2$  και  $b_1 = b_2$ .



Σχ. 7.3β.

Στοιχεία για τον υπολογισμό του χρόνου κοπής στο πλάνισμα (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι). ————— Πλάνισμα σε οριζόντια βραχεία πλάνη. ————— Πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη. Α αρχική θέση κοπτικού εργαλείου. Β τελική θέση κοπτικού εργαλείου).

Για πλάνισμα σε βραχεία πλάνη παίρνομε συνήθως  $(l_1 + l_2) = 20$  ως  $50$  mm και  $(b_1 + b_2) = 3$  ως  $4$  mm, ενώ για πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη θεωρούμε ότι  $(l_1 + l_2) = 150$  ως  $200$  mm και  $(b_1 + b_2) = 5$  μέχρι  $6$  mm.

Ο συνολικός χρόνος  $t_c$  που χρειάζεται για το πλάνισμα μιας επιφάνειας  $L \times B$  mm<sup>2</sup>, όπως έπαμε παραπάνω, προσδιορίζεται με το εξής σκεπτικό. Για να πλανίσουμε την επιφάνεια αυτή κατά το πλάτος  $B$  θα πρέπει το κοπτικό εργαλείο να κάμει  $x$  παλινδρομήσεις ή ενεργούς διαδρομές, δηλαδή  $x = B / s$ . Επειδή όμως η συχνότη-

τα παλινδρομήσεων του ελκύθρου ή της τράπεζας στο πρώτο λεπτό είναι π', προκύπτει ότι ο χρόνος που θα απαιτηθεί για να εκτελέσει το εργαλείο x παλινδρομήσεις ή για να πλανισθεί η θεωρούμενη επιφάνεια θα είναι:

$$t_c = \frac{x}{n'} = \frac{B}{s \cdot n'} [\text{min}] \quad \text{η } t_c = B \cdot s \cdot t [\text{min}] \quad (7.9)$$

Η σχέση αυτή μπορεί να εκφρασθεί και αλλιώς, εφόσον θα χρειασθεί, αν αντικαταστήσουμε το π' με την τιμή που παίρνει από τη σχέση (7.6).

### 7.3.4 Η ισχύς κοπής στο πλάνισμα.

Στο πλάνισμα η μέση ισχύς κοπής (δεν διαφέρει και σημαντικά από τη μένιστη ισχύ, όπως εξηγήσαμε στην αρχή της παραγράφου 7.3.1) εκφράζεται ως εξής [σχέση (7.9)]:

$$N_{Km} = \frac{F_T \cdot u_m}{6120} [\text{kW}] \quad (7.10)$$

όπου  $F_T$  σε kp είναι η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής (προς τη διεύθυνση της πρωτεύουσας κινήσεως) και  $u_m$  σε m/min η μέση ταχύτητα κοπής. Την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως  $F_T$  μπορούμε εύκολα να την υπολογίσουμε από τη Θεωρητική διατομή A του αποβλίπτου [σχέση 7.7]) και από την ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$  με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως στην ορθογωνική κοπή (παράγρ. 2.6.2), δηλαδή:

$$F_T = A \cdot k_s = a \cdot s \cdot k_s = \frac{a \cdot h \cdot k_s}{\eta \mu k} \quad (7.11)$$

Και για το πλάνισμα ισχύει η γνωστή σχέση (παράγρ. 2.6.2):

$$k_s = k_1 h^{-z} \quad (7.12)$$

όπως και ο Πίνακας 2.6.1 που δώσαμε για την εκλογή των  $k$ , και z ανάλογα με το κατεργαζόμενο υλικό ή και για κατευθείαν εκλογή του  $k_s$ , αν είναι δοσμένο το Θεωρητικό πάχος  $h$  σε mm του αποβλίπτου. Η σχέση (7.11) άρα παίρνει τη μορφή:

$$F_T = \frac{a \cdot h \cdot k_s}{\eta \mu k} = \frac{a \cdot k_1}{\eta \mu k} h^{1-z} \quad (7.13)$$

Επίσης ισχύουν και για το πλάνισμα οι συντελεστές διορθώσεως της  $F_T$  που δώσαμε στην παράγραφο 2.6.2, δηλαδή οι  $K_y$ ,  $K_u$ ,  $K_e$  και  $K_\phi$ .

### Παράδειγμα.

Σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη πρόκειται να εκχονδρίσουμε μία πλάκα μήκους  $l = 350$  mm και πλάτους  $b = 200$  mm από φαιό χυτοσίδηρο GG - 20 με κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα και με γωνία  $\gamma = 6^\circ$  και  $\kappa = 60^\circ$ . Δεχόμαστε πρόωση  $s = 0,50$  mm ανά παλινδρόμηση και βάθος κοπής  $a = 4$  mm. Για το δοσμένο υλικό

του κομματιού και για την πρόωση που πήραμε εκλέγομε από τον Πίνακα 7.4.2 μέση ταχύτητα κοπής  $U_{m60} = 14,5 \text{ m/min}$ .

Η πλάνη που θα χρησιμοποιήσουμε έχει λόγο  $\beta = 1,75$ , συνολικό μηχανικό βαθμό αποδόσεως  $\eta = 0,7$  και μπορεί να δώσει  $14,26, 43,60,85$  και  $118$  παλινδρομήσεις του ελκύθρου στο πρώτο λεπτό.

Ζητούμε να προσδιορισθούν:

α) Η απαιτούμενη συχνότητα παλινδρομήσεως του ελκύθρου για τα δεδομένα που έχομε.

β) Ο ρυθμός αφαιρέσεως υλικού.

γ) Ο χρόνος πλανίσματος του κομματιού.

δ) Η ισχύς κοπής (χωρίς διόρθωση και διορθωμένη) και

ε) η ονομαστική ισχύς του ηλεκτροκινητήρα της πλάνης.

Παρακάτω απαντούμε με τη σειρά τους στα ζητούμενα του παραδείγματος αυτού:

α) Εκλέγοντας  $(l_1 + l_2) = 30 \text{ mm}$  η διαδρομή του ελκύθρου προκύπτει:

$$l = 350 + 30 = 380 \text{ mm}$$

Η συχνότητα παλινδρομήσεων π' του ελκύθρου θα μας δοθεί από τη σχέση (7.6) δηλαδή:

$$n' = \frac{1000 \left( \frac{\delta}{\delta + 1} \right) u_m}{L} = \frac{1000 \times \frac{1,75}{1 + 1,75} \times 14,5}{380} = \frac{1000 \times 0,64 \times 14,5}{380} = 24,4$$

παλινδρομήσεις/τιμή.

Επειδή η πλάνη δεν διαθέτει αυτή τη συχνότητα παλινδρομήσεων του ελκύθρου, εκλέγομε την πλησιέστερη συχνότητα που μπορεί να μας δώσει η πλάνη, δηλαδή  $n' = 26$  παλινδρομήσεις/min. Εδώ χρειάζεται να διορθωθούμε ανάλογα [σχέση (7.6)] και την ταχύτητα κοπής που διαλέξαμε, δηλαδή από  $14,5 \text{ m/min}$  θα πρέπει να γίνει  $14,5 \times 26/24,4 = 15,2 \text{ m/min}$ . Τη διορθωμένη αυτή ταχύτητα κοπής θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε, όπου χρειασθεί, παρακάτω.

β) Το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού Θ τον υπολογίζουμε από τη σχέση (7.7), δηλαδή:

$$\Theta = A \cdot u_m = a \cdot s \cdot u_m = 4 \times 0,5 \times 15,2 = 30,4 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

γ) Για να υπολογίσουμε το χρόνο πλανίσματος του κομματιού μας χρειάζεται να βρούμε την εγκάρσια διαδρομή B του κοπτικού εργαλείου. Αν δεχθούμε  $(b_1 + b_2) = 4 \text{ mm}$ , θα έχομε:  $B = 200 + 4 = 204 \text{ mm}$ . Ο χρόνος κοπής άρα [σχέση (7.9)] θα είναι:

$$t_c = \frac{B}{s \cdot n'} = \frac{204}{0,5 \times 26} = 15,7 \text{ min.}$$

δ) Για να υπολογίσουμε την ισχύ κοπής [σχέση (7.10)] μας χρειάζονται η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής  $F_T$  και η ταχύτητα κοπής που μας είναι γνωστή. Η συνιστώσα  $F_T$  με τη σειρά της θα βρεθεί [σχέση (7.11)] από τη θεωρητική

διατομή του αποβλίτου  $A = a \cdot s$  (γνωστή) και από την ειδική αντίσταση κοπής  $k_s$ , την οποία παίρνομε από τον Πίνακα 1.6.1 συναρτήσει του θεωρητικού πάχους  $h$  του αποβλίτου. Επειδή στο πλάνισμα το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου δίνεται ως (σχ. 7.3a):

$$h = s \cdot \eta k = 0,5 \times \eta m 60^\circ = 0,5 \times 0,866 = 0,433 \text{ mm}$$

η ειδική αντίσταση κοπης για το χυτοσίδηρο που θα πλανίσομε προκύπτει ως  $k_s \approx 145 \text{ kp/mm}^2$ .

Η δύναμη  $F_T$  κατά συνέπεια θα είναι:

$$F_T = a \cdot s \cdot k_s = 4 \times 0,5 \times 145 = 290 \text{ kp}$$

και η ισχύς κοπής:

$$N_K = \frac{290 \times 15,2}{6120} = 0,72 \text{ kW}$$

Η διορθωμένη ισχύς κοπής προσδιορίζεται από την ισχύ  $N_K$  που βρήκαμε, αν λάβομε υπόψη τους διορθωτικούς συντελεστές  $K_y$ ,  $K_u$ ,  $K_e$  και  $K_\phi$  (παράγρ. 2.6.2).

Στην περίπτωσή μας θα έχομε:

$$K_y = 1 - \frac{Y - Y_0}{66,7} = 1 - \frac{6 - 2}{66,7} = 1 - \frac{4}{66,7} = 1 - 0,06 = 0,94$$

από τη σχέση (1.11).

$K_u = 1,26$  από το σχήμα 1.6γ.

$K_e = 1,0$  και  $K_\phi = 1,3$  (το εκλέγομε).

Η διορθωμένη κατά συνέπεια ισχύς κοπής θα προκύψει:

$$N_{K\delta} = K_y \cdot K_u \cdot K_e \cdot K_\phi \cdot N_K = 0,94 \times 1,26 \times 1,0 \times 1,3 \times 0,72 = 1,1 \text{ kW}$$

ε) Η ονομαστική τέλος ισχύς του ηλεκτροκινητήρα της πλάνης για τη διορθωμένη ισχύ κοπής θα είναι [σχέση (2.12)]:

$$N_0 = \frac{N_{K\delta}}{\eta} = \frac{1,1}{0,7} = 1,58 \text{ kW}$$

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη ισχύς ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 3.4.1) είναι 1,5 kw, που όπως βλέπουμε συμπίπτει περίπου με την ισχύ που υπολογίσαμε, δηλαδή τη  $N_0 = 1,58 \text{ kW}$ . Άρα μπορούμε να εκτελέσουμε το πλάνισμα αυτό σε μια πλάνη με ονομαστική ισχύ τουλάχιστο 1,5 kW.

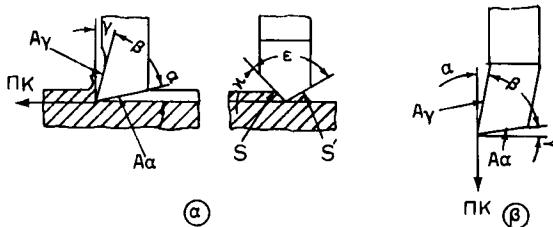
## 7.4 Εκτέλεση του πλανίσματος.

### 7.4.1 Τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος και πώς αυτά εκλέγονται.

Τα κοπτικά εργαλεία που μεταχειρίζομαστε στο πλάνισμα είναι εργαλεία μιας κύριας κόψης δμοια με το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως, για το οποίο μιλήσαμε στην παράγραφο 2.3.1 (σχ. 2.3a), παρουσιάζουν δμως διαφορές κάθε φορά στις τιμές των γωνιών κοπής.

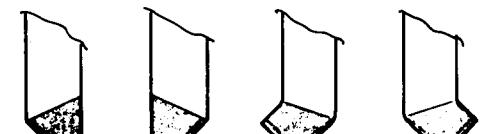
Οι γωνίες κοπής ενός εργαλείου για πλάνισμα σε οριζόντια βραχεία πλάνης ή σε τραπεζοπλάνη και κατακόρυφη βραχεία πλάνης εικονίζονται στο σχήμα 5.4α.

Τα εργαλεία πλανίσματος τα διακρίνομε σε **εργαλεία εκχονδρίσεως** και σε **εργαλεία αποπερατώσεως**. Εξάλλου η διάκριση αυτή, όπως γνωρίζομε, γίνεται στα κο-

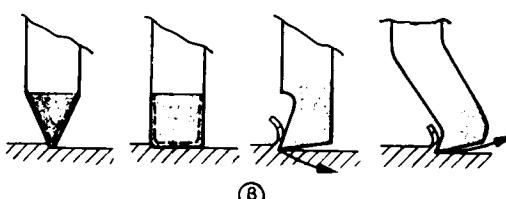


**Σχ. 7.4α.**

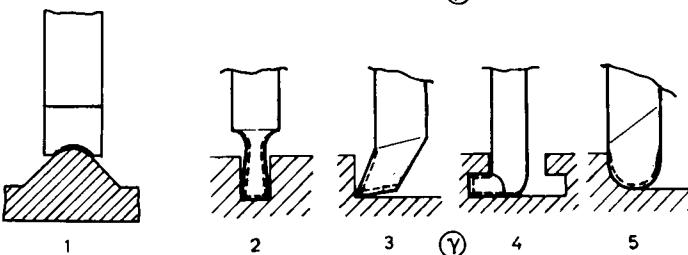
Οι γωνίες κοπής στα εργαλεία πλανίσματος: α) Εργαλείο οριζόντιας πλάνης, β) Εργαλείο κατακόρυφης βραχείας πλάνης. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, γ γωνία αποβλίτου, α ελεύθερη γωνία, β γωνία σφήνας, κ γωνία θέσεως της κύριας κόψης, ε περιεχόμενη γωνία, Αγ επιφάνεια αποβλίτου, Αα ελεύθερη επιφάνεια, S κύρια κόψη, S' δευτερεύουσα κόψη).



**(a)**



**(b)**



**Σχ. 7.4β.**

Είδη κοπτικών εργαλείων πλανίσματος. α) Εργαλεία εκχονδρίσεως, β) Εργαλεία αποπερατώσεως, γ) Ειδικά εργαλεία. 1 εργαλείο μορφής, 2 εργαλείο για αυλάκια, 3 πλευρικό εργαλείο, 4 εργαλείο με κάμψη για πλάνισμα αυλακιών μορφής Τ, 5 εργαλείο με κυκλική μύτη.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.1.**

**Συνωτρίψεις κατόπιν ήρων αποβάθρου για ελεύθερη γωνία σ και γωνία λοξότητας λ σχ. 1.3ε) για τα κοπτικά εργαλεία πλανισμάτος.**

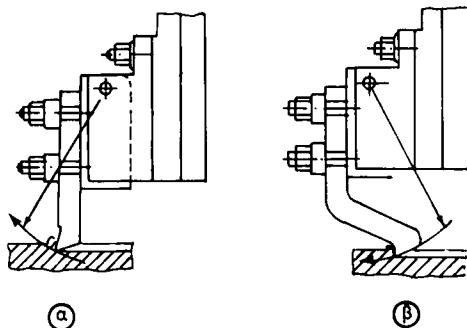
Υλικό κομματιού	Όριο θραύσεως [kp/πμ²]	Ταχυχάλυβας						Σκληρομέταλλο					
		Εγχόνδριση	Υ [°]	λ [°]	α [°]	γ [°]	Αποπεράσωση	Υ [°]	λ [°]	α [°]	γ [°]	Λ [°]	
St34 - St37	ως 40	10-12	20-26	8	12-14	18-22	8-12	16-22	6-10	6-10	12-16	5-8	
St42	ως 50	8-10	18-24	10	10-12	16-20	-	-	6-10	6-10	10-16	-	
St50	ως 60	8-10	16-20	12	10-12	14-18	30	6-10	5-8	5-8	8-14	-	
St60	ως 70	6-8	14-18	15	8-10	12-16	-	-	-	-	-	-	
St70	ως 80	6-8	10-14	18	8-10	8-12	4-8	8-12	4-6	4-6	6-10	6-8	
St85	80-100	4-6	10-12	20	6-8	8-10	-	-	-	-	-	-	
Χαλυβόκραματα		ως 80	6-8	8-14	18	8-10	8-12	4-8	6-10	6-8	6-8	6-8	-
Χαλυβόκραματα		85-100	6-8	8-12	18	8-10	6-10	4-8	6-8	6-8	6-8	6-8	-
Χαλυβόκραματα		άνω 100	4-6	6-8	20	6-8	5-8	4-6	6-8	6-8	6-8	6-8	8
Ανοξείδωτοι χάλυβες	60-80	6-8	8-12	-	6-10	8-10	-	-	5	4-6	8	-	-
Χάλυβες εργαλείων	150-180	6-8	6-8	-	4-6	6-8	-	-	5	4	6	-	-
Χαλυβάλυβες	30-70	6-8	8-14	-	6-10	10-16	-	-	5	4-6	8	-	-
Φαιοί χαλυβάλυβοι:	άνω 70	6-8	8-10	-	8-10	8-12	-	-	5	2-4	8	-	-
GG - 12, GG - 14	ως 22	8-10	8-14	12	8-14	6-12	30	6-8	30	8-12	30	-	-
GG - 18, GG - 26	άνω 22	6-8	2-8	20	6-8	0-6	30	4-6	30	2-8	30	-	-

Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		6-8	10-12	-	6-8	10-12	-	6-8	10-12	-	6-8	10-20	-	-
Κράματα χαλκού	ως 35 ως 45 δίνω 45	8-10 6-8 4-6	12-25 8-16 2-8	-	10-12 8-10 6-8	10-20 6-14 0-6	-	10-20 6-14 0-6	10-20 6-14 0-6	-	4-6 2-4	6-12 0-2	-	-
Αργίλιο		10-12	24-30	-	8-10	20-24	-	8-10	20-24	-	8-10	20-24	-	-
Κράματα αργιλίου	ως 15 δίνω 15	8-10 6-8	40-50 25-35	10 20	6-10 4-8	30-40 20-25	40 50	8-10 5-8	30-40 23-30	45	8-10 5-8	30-40 23-30	45	-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.2.**  
**Συστάσεις για την επονή της ταχύτητας κοπής κατά το πλάνιμα με φραγέλειο από ταχυβλυφά.**

Υλικό κομματού	Ταχύτητα κοπής $u^*$ $\text{m/min}$ για πλάνιμα σε ορίζοντα πλάνη η $u^*$ για πλάνιμα σε κατακόμυφη πλάνη συναρτίστει της προώσεως σε ποσοστό ανά παλινόρρυθμηση.													
	0,16	ρ.2	0,25	0,32	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	
St38, St42, C15, C22	33	31	29	27	25	23	22	20	19	17,5	16,5	15,5	14,5	14,5
St50, C35	25	23	21,5	20	18,5	17,5	16	15	14	13	12	11,5	10,5	10,5
St 60, C 45	20	18,5	17,5	16	15	14	13	12,5	11,5	10,5	10	9,5	8,5	8,5
St 70, C 60	16	15	14	13	12,5	11,5	10,5	10	9,5	8,5	8,0	7,5	7,0	7,0
GS 38	27	25	23	21	19,5	18	16,5	15,5	14,5	13,5	12,5	11,5	10,5	10,5
GS 45	21	19,5	18	16,5	15	14	13	12	11,5	10,5	9,5	9,0	8,5	8,5
GS 52	16,5	15	14	13	12	11	10,5	9,5	9,5	8,0	7,5	7,0	6,5	6,5
GG 14	36	32	29	26	23	21	18	16	15	13	11,5	10,5	10,5	9,5
GG 20	25	23	20	18	16	14,5	13	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	7,5	7,5
Κράματα χαλκού	για εκχόνδριση για αποπεράση													
Κράματα αργιλίου	30 ... 25	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40
GS: Χυτοχόδηλυφας, GG: Φαινός χυτοσίδηρος.														
Για βάθος κοπής $a > 12 \text{ mm}$ οι ταχύτητες κοπής πολλαπλασιάζονται επί 0,85.														
* $u_{120}$ και $u_*$ είναι η ταχύτητα κοπής για ζωή του κοπτικού εργαλείου ίση τρος 120 min και 60 min αντίστοιχα.														

πτικά εργαλεία όλων των κατεργασιών κοπής. Τα εργαλεία έκχονδρίσεως (κόβουν με ταχύ ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου, όπου η θεωρητική διατομή του αποβλίτου θα πρέπει να είναι μεγάλη, σχέση (7.8), άρα μεγάλες και οι δυνάμεις που καταπονούν το εργαλείο) διαμορφώνονται έτσι, ώστε να είναι ισχυρά στην περιοχή της κόψης [σχ. 7.4β (α)]. Τα εργαλεία αποπερατώσεως από την άλλη μεριά καταπονούνται πολύ πιο λίγο από τα εργαλεία εκχονδρίσεως και μορφοποιούνται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να δίνουν στην κατεργασμένη επιφάνεια βελτιωμένη τραχύτητα επιφάνειας [σχ. 7.4β (β)]. Ανάλογα με το είδος της εργασίας, τα εργαλεία πλανίσματος είναι δυνατό να πάρουν διάφορα σχήματα, όπως βλέπομε στο σχήμα 7.4β (γ). Με πολλή επιτυχία χρησιμοποιείται το εργαλείο αποπερατώσεως σε μορφή «λαιμού χήνας» [σχ. 7.4β (β), σχ. 7.4γ]. Το εργαλείο αυτό, αν για κάποιο λόγο (αν συναντήσει π.χ. ένα σκληρό κόκκο μετάλλου) παραμορφωθεί ελαστικά προς τα πί-



**Σχ. 7.4γ.**

Το εργαλείο σε μορφή «λαιμού χήνας».

σω, δεν επηρεάζει καθόλου την κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού [σχ. 7.4γ(β)], ενώ ένα κανονικό ευθύ κοπικό εργαλείο αποπερατώσεως [σχ. 7.4γ (α)] θα εισχωρούσε μέσα στην επιφάνεια του κομματιού και θα χειροτέρευε την τραχύτητά της.

Για την πρόσδεση των κοπικών εργαλείων ανάλογα με το είδος πλανίσματος θα μιλήσομε στην παράγραφο 7.4.3.

Τα εργαλεία πλανίσματος κατασκευάζονται ως επί το πλείστο από ταχυχάλυβα γενικής χρήσεως (όπως είναι ο ταχυχάλυβας 18 - 4 - 1 ή ισοδύναμος του, Πίνακας 3.6.5, MT-EI), που αποδίδει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται σε δυο λόγους: ο ένας είναι ότι το πλάνισμα δεν γίνεται σε ψηλές ταχύτητες κοπής (από τη μια μεριά η κινηματική και η κατασκευαστική διαμόρφωση της πλάνης δεν επιτρέπουν ψηλές ταχύτητες κοπής και από την άλλη το πλάνισμα χρησιμοποιείται για παραγωγή κατά μονάδα ή σε μικρές παρτίδες, όπου δεν εφαρμόζονται ψηλές ταχύτητες κοπής), στις οποίες πλεονεκτούν τα σκληρομέταλλα και ο άλλος είναι ότι στην αρχή της ενεργού διαδρομής το εργαλείο κτυπά επάνω στο κομμάτι και αν αυτό είναι από σκληρομέταλλο, μπορεί να υποστεί απολέπιση.

Υπάρχουν όμως και αρκετές περιπτώσεις, όπου χρησιμοποιούνται αποδοτικώς πλακίδια από σκληρομέταλλο τόσο ως επικολλούμενα, όσο και ως ένθετα σε κα-

τάλληλο στέλεχος. Ως τέτοιες περιπτώσεις μπορούμε να αναφέρουμε το πλάνισμα σε ψηλές σχετικά ταχύτητες κοπής (αυτή η δυνατότητα υπάρχει σε πλάνες νεώτερης κατασκευής), το πλάνισμα αποπερατώσεως επιφανειών με απαιτήσεις καλής τραχύτητας επιφάνειας (π.χ. μήτρες διαμορφώσεως), το πλάνισμα δυσκατέργαστων υλικών, όπως είναι οι πυρίμαχοι χάλυβες και άλλες.

Εξαιτίας του κρουστικού φορτίου που υφίσταται το εργαλείο στην αρχή της ενέργού διαδρομής του, όπως είπαμε προηγουμένως, συνιστούνται σκληρομέταλλα αντοχής σε κρούσεις, δηλαδή ποιοτήτων 30 και άνω (Πίνακας 2.3.1).

Οι γωνίες κοπής του εργαλείου πλανίσματος εκλέγονται με βάση το υλικό κατασκευής του (ταχυχάλυβας ή σκληρομέταλλο) και το υλικό του κομματιού που κατεργάζεται. Στον Πίνακα 7.4.1 παραθέτομε στοιχεία για μια τέτοια εκλογή γωνιών κοπής κοπτικών εργαλείων πλανίσματος.

#### **7.4.2 Πώς εκλέγομε τις συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής.**

Το **βάθος κοπής** το εκλέγομε ανάλογα με το αν κάνομε στο κομμάτι εκχόνδριση ή τελική κατεργασία. Στην κατεργασία εκχονδρίσεως θέτομε στην πλάνη μεγάλο βάθος κοπής [εφόσον βέβαια η πλάνη μπορεί να ανταποκριθεί από άποψη ισχύος, σχέσεις (7.10), (7.11) και το κοπτικό εργαλείο από άποψη αντοχής], ενώ στην κατεργασία αποπερατώσεως μικρό βάθος κοπής. Αυτό είναι μία βασική αρχή που, πέρα από το πλάνισμα, ισχύει και στις άλλες κατεργασίες κοπής. Αν το πάχος του μετάλλου, που πρόκειται να αφαιρέσουμε, είναι μεγάλο, τότε πλανίζομε το κομμάτι σε δύο ή και σε περισσότερα «πάσσα». Η πιο καλή πρακτική είναι, αν απαιτείται και τελική κατεργασία της επιφάνειας, να κάνομε ένα πάσσα εκχονδρίσεως (εφόσον αυτό το επιτρέπει το πάχος του υλικού που θα πρέπει να αφαιρεί) και ένα πάσσα αποπερατώσεως εκλέγοντας αντίστοιχα το βάθος κοπής. Ενδεικτικά μπορούμε να πούμε ότι το βάθος κοπής για κατεργασία εκχονδρίσεως σε βραχείες πλάνες μπορεί να φθάσει και τα 6 mm περίπου (ενας πρακτικός κανόνας είναι το βάθος κοπής να λαμβάνεται 4 ως 7 φορές η πρόωση), ενώ για πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη το βάθος κοπής είναι δυνατό να υπερβεί και τα 20 mm. Για αποπεράτωση το βάθος κοπής εκλέγεται συνήθως μικρότερο από 0,5 mm.

Άλλη μία γενική αρχή που ισχύει τόσο στο πλάνισμα, όσο και στις λοιπές κατεργασίες κοπής των μετάλλων είναι ότι: στην μεν εκχόνδριση χρησιμοποιούμε μεγάλες πρώσεις και ταχύτητες κοπής, ανάλογα με το υλικό του κοπτικού εργαλείου, που να εναρμονίζονται με την ισχύ που μπορεί να δώσει η εργαλειομηχανή (για να επιτύχομε ψηλό ρυθμό αφαιρέσεως υλικού), ενώ στην αποπεράτωση εφαρμόζομε μικρές πρώσεις και μεγάλες ταχύτητες κοπής, για να επιτύχομε βελτιωμένη τραχύτητα επιφάνειας.

Την ταχύτητα κοπής την εκλέγομε ανάλογα με το υλικό του κομματιού που πρόκειται να πλανίσομε, με το υλικό κατασκευής του κοπτικού εργαλείου και την πρώση επιφέροντας και κάποια διόρθωσή για μεγάλα βάθη κοπής (Πίνακας 7.4.2). Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής δίνομε στους Πίνακες 7.4.2 και 7.4.3 για κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα και από σκληρομέταλλο αντίστοιχα.

Η συνηθισμένη πρακτική είναι να μην χρησιμοποιούμε υγρό κοπής στο πλάνισμα. Και τούτο, γιατί η ψυκτική δράση του υγρού κοπής [παράγρ. 2.5.2 (Γ)], όπως και η δυνατότητα για απομάκρυνση των γρεζιών από το χώρο κοπής που αυτό μας

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4.3.

**Συστάσεις για την εκλογή της τροχύτρας κοπής καθώς το πλένωμα με εργαλείο από σκληρομέταλλο.**

Υλικό κομματιού	Τροχύτρα κοπής Ζ <sub>120</sub> σε m/min συναρτήσει της πρωσεως σε ποην ανά παλινδρόμηση.												
	0,16	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5
St 00 ως St 42	77	72	68	65	60	57	54	51	48,5	46	43	40,5	38
St 50	68	65	60	57	54	51	48,5	44	43	40,5	38	36	34
St 60	60,5	58	55	52	49,5	47	44	41	39	37	34,5	33	31
St 70	52	49,5	47	44	41	39	37	34,5	33	31	29	27,5	26
St 85	44	41	39	37	34,5	33	31	29	27,5	26	24,5	23,3	—
Χάρυβες με όριο δράσεως άνω των 100 kp/mm <sup>2</sup>	37	34,5	33	31	29	27,5	26	24,5	23,3	22	21	20	18,7
GS - 38	40,5	38,4	36	34	32,5	30,3	28,5	27	25,5	24	23,3	21,5	20,5
GS - 45	33	31	29	27,5	26	24,5	23,3	22	21	20	18,7	17,6	16,5
GS - 52, GS - 60	23,3	22	21	20	18,7	17,6	16,5	15,4	14,5	13,7	12,9	12,3	—
GG - 25	38	36	34	32	29	27	25	24	22	21	19,5	18	17
Κράματα χαλκού													
για εκκόνδριση													
30 ... 80													
50 ... 120													
για αποπεράσωση													
80 ... 150													

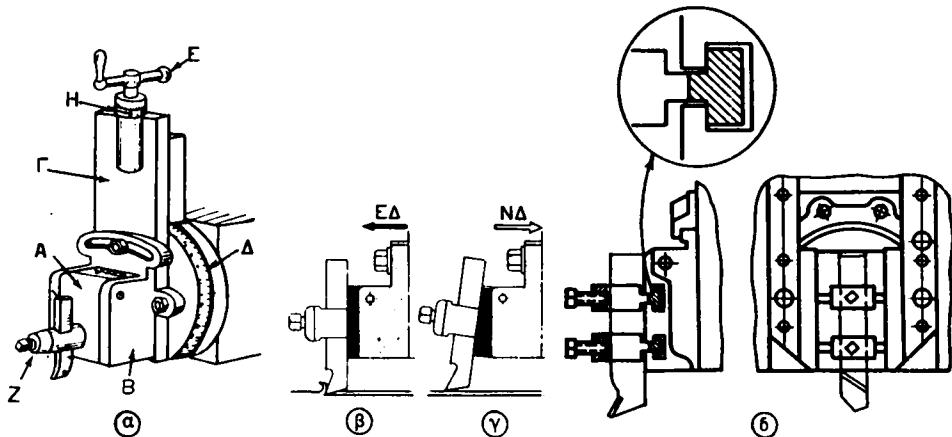
GS: Χυτοχάλυβες, GG = Φαιός χυτοσιδηρος.

παρέχει, δεν έχουν μεγάλη σημασία στο πλάνισμα όπως έχουν σε άλλες κατεργασίες. Αυτό οφείλεται από το ένα μέρος στο ότι το κοπτικό εργαλείο κόβει μόνο κατά την ενεργό διαδρομή, ενώ βρίσκει το χρόνο να αποψυχθεί αρκετά κατά τη νεκρή διαδρομή, όπου δεν κόβει και από το άλλο στο ότι το γρέζι συνήθως έχει αρκετό πάχος και απομακρύνεται από το κομμάτι ύστερα από κάθε ενεργό διαδρομή του εργαλείου. Εν τούτοις όμως σε ορισμένες περιπτώσεις πλανίσματος είναι δυνατό με χρήση κατάλληλου υγρού κοπής να επιτύχομε (εφόσον βέβαια χρειάζεται) βελτίωση στη διαστατική ακρίβεια, στην τραχύτητα επιφάνειας και στη ζωή του κοπτικού εργαλείου. Το υγρό προσάγεται κατάλληλα στο χώρο κοπής. Για το πλάνισμα χαλύβων συνιστούνται θειωμένα λάδια κοπής [παράγρ. 2.5.3 (B) (2)].

#### **7.4.3 Η πρόσδεση του εργαλείου.**

Το εργαλείο πλανίσματος (σταθερό στο πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη ή μετακινούμενο στο πλάνισμα σε βραχεία πλάνη) προσδένεται με ασφάλεια σε **εργαλειοδέτη**, όπως γίνεται για τέτοιου είδους εργαλεία (παράγρ. 3.6.2). Ο εργαλειοδέτης Ζ στο πλάνισμα (σχ. 7.2α) ανήκει, όπως είδαμε, στο συγκρότημα του εργαλειοφορείου και στηρίζεται επάνω σε μια αιωρούμενη πλάκα Α [ποδιά, σχ. 7.4δ (α)] κατά τρόπο ώστε, όταν το έλκυθρο κινείται προς τα εμπρός (ενεργός διαδρομή), η πλάκα αυτή επικάθεται στην υποδοχή της Β και έτσι επιτυγχάνεται σταθερή στήριξη του εργαλείου [σχ. 7.4δ (β)], ενώ κατά τη νεκρή διαδρομή του ελκήθρου η ποδιά ανασηκώνεται λίγο [σχ. 7.4δ (γ)] και το εργαλείο ολισθαίνει απαλά επάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού χωρίς να φθείρεται το ίδιο ή να χειροτερεύει την τραχύτητα της επιφάνειας. Στις τραπεζοπλάνες ιδιαίτερα [σχ. 7.4δ (δ)], όπου ο εργαλειοδέτης μαζί με το εργαλείο είναι αρκετά βαρύς, η ποδιά ανασηκώνεται αυτόματα (με ηλεκτρικό, υδραυλικό ή πνευματικό σύστημα) στην κατάλληλη στιγμή έτσι, ώστε το εργαλείο να μην ακουμπά στην επιφάνεια του κομματιού κατά τη νεκρή διαδρομή και να βρίσκεται στην κατάλληλη θέση του στην αρχή της ενεργού διαδρομής που θα ακολουθήσει. Η υποδοχή της ποδιάς έχει δυνατότητα περιστροφής ως προς τον ολισθητήρα Γ (μέσα σε ορισμένη περιοχή γωνιών) πράγμα που μας εξυπηρετεί σε ορισμένες περιπτώσεις πλανίσματος [π.χ. στο πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών, σχ. 7.4ε (α)]: επίσης και ο ολισθητήρας Γ μπορεί να περιστραφεί και να κλείνει ως προς την κατακόρυφο κατά γωνία που τη μετρούμε με το μοιρογνωμόνιο Δ. Με κεκλιμένο τον ολισθητήρα ή με κεκλιμένο το κομμάτι και κατακόρυφο τον ολισθητήρα πλανίζομε επιφάνειες υπό κλίση, όπως βλέπομε στα σχήματα 7.4ε (β) και 7.4ε (γ) αντίστοιχα. Το ανεβοκατέβασμα του ολισθητήρα Γ (και του κοπτικού εργαλείου μαζί με αυτόν) μπορεί να γίνει και χειροκίνητα με το χειρομοχλό Ε, και μηχανοκίνητα. Η άντυγα Η μας δείχνει πόσο μετακινείται κάθε φορά προς τα κάτω ή προς τα άνω το κοπτικό εργαλείο.

Για μεγαλύτερη απόδοση του πλανίσματος χρησιμοποιούνται και **εργαλειοδέτες διπλής ενέργειας**, όπως είναι αυτός που εικονίζεται στο σχήμα 7.4στ. Ο εργαλειοδέτης αυτός Α, στον οποίο προσδένονται δυο κοπτικά εργαλεία Β και Γ, μπορεί να πάρει δυο θέσεις έτσι, ώστε στην ενεργό διαδρομή να κόβει το ένα εργαλείο (το Β) και στη νεκρή διαδρομή το άλλο (το Γ). Έτσι είναι δυνατή αύξηση στο ρυθμό αφαιρέσεως υλικού κατά σημαντικό ποσοστό.



Σχ. 7.46.

Πως γίνεται η πρόσδεση των εργαλείων πλανίσματος.

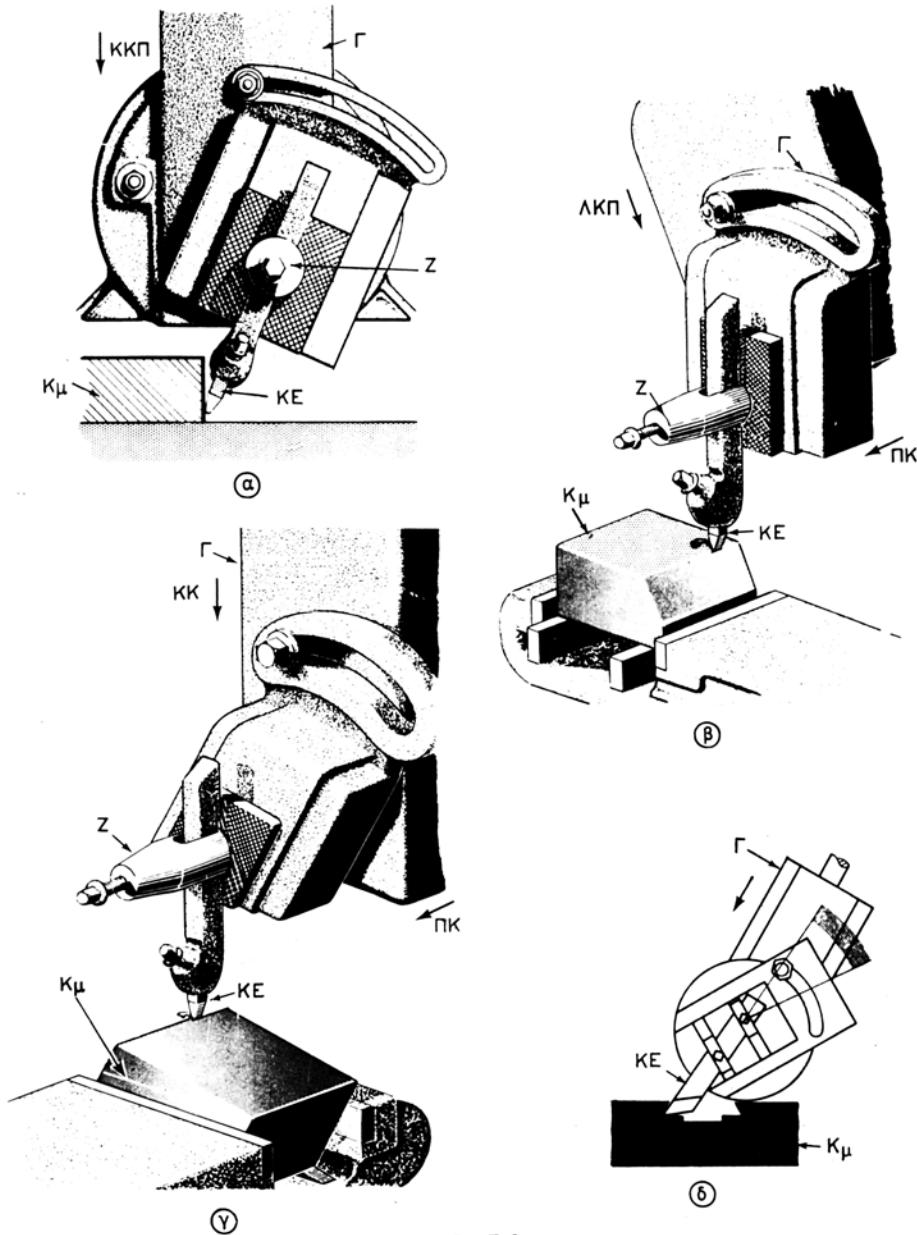
#### 7.4.4 Η πρόσδεση των κομματιών.

Τα κομμάτια προσδένονται στην τράπεζα της πλάνης (βραχείας πλάνης ή τραπέζιο πλάνης) τόσο με τις γνωστές τυπικές συσκευές προσδέσεως [παράγρ. 3.6.3 (B), σχ. 3.6θ, 3.6ι], όσο και με τη βοήθεια ιδιοσυσκευών, που δικαιολογούνται μόνο στο πλάνισμα μεγάλου αριθμού απαράλλακτων κομματιών.

Η συνηθισμένη όμως πρακτική στο μηχανουργείο είναι η συγκράτηση των κομματιών στη μέγγενη εργαλειομηχανών (σχ. 3.6θ) ή κατευθείαν στην τράπεζα της πλάνης με τη βοήθεια βλήτρων μορφής Τ και ειδικών σφιγκτήρων (φουρκετών) ή σφιγκτήρων μορφής Σ, γωνιακών πλακών, τερματικών στηριγμάτων (στοπ), υποστηριγμάτων σχήματος Β ή βαθμιδωτών, κοχλιωτών ανυψωτήρων (γρύλλων) κ.ά. Και πιο συγκεκριμένα:

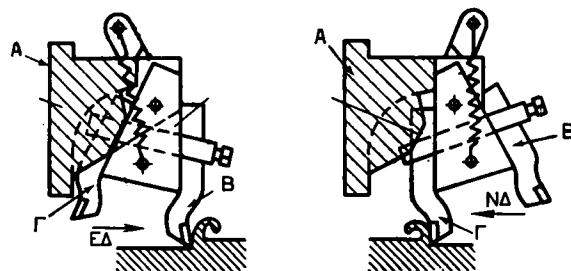
Τα μικρά κομμάτια, εφόσον το επιτρέπει η μορφή τους, στηρίζονται κατά κανόνα στη μέγγενη (σχ. 7.4ζ) και η μέγγενη με τη σειρά της στερεώνεται στην τράπεζα της πλάνης (στα αυλάκια της που έχουν σχήμα Τ) με ανάλογα βλήτρα. **Παράλληλα** σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου ή υπό κλίση υποβοηθούν στη σωστή τοποθέτηση και σύσφιξη των κομματιών στη μέγγενη. Κυλινδρικά κομμάτια για πλάνισμα σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη προσδένονται σε σφιγκτήρες (με τρεις ή τέσσερεις σιαγόνες) που και αυτοί στερεώνονται με βλήτρα στην τράπεζα της πλάνης.

Μεγάλα κομμάτια προσδένονται οπωσδήποτε στην τράπεζα της πλάνης. Η πρόσδεση τους γίνεται με τα μέσα που αναφέραμε παραπάνω, όπως χαρακτηριστικά βλέπουμε στο σχήμα 7.4η. Υπάρχει και η δυνατότητα προσδέσεως κομματιών για κατακόρυφο πλάνισμα σε αυλάκια που βρίσκονται στις κατακόρυφες πλευρές της τράπεζας της πλάνης (σχ. 7.4θ).



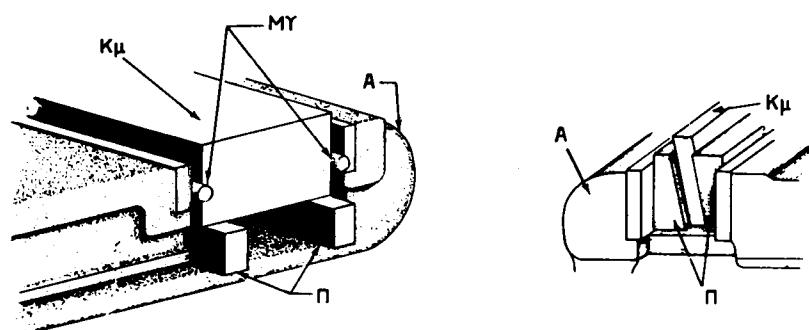
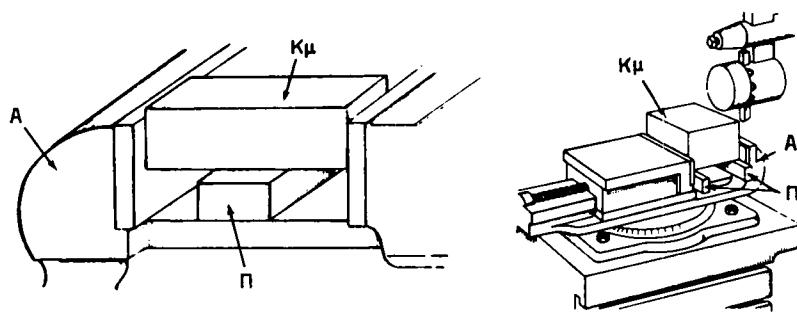
Σχ. 7.4ε.

α) Πλάνισμα κατακόρυφης επιφάνειας. β) Πλάνισμα κεκλιμένης επιφάνειας με περιστροφή του ολισθητήρα  $\Gamma$  του εργαλειοφορέου και ορίζοντιωμένο το κομμάτι. γ) Πλάνισμα εξωτερικής επιφάνειας υπό κλίση με κεκλιμένη την επιφάνεια του κομματιού (είτε με χρησιμοποίηση κατάλληλου σφηνοειδούς υποστηρίγματος είτε με κλίση της τράπεζας της πλάνης, αν η πλάνη έχει αυτή τη δυνατότητα) και κατακόρυφο τον ολισθητήρα  $\Gamma$  του εργαλειοφορέου της πλάνης. δ) Πλάνισμα εσωτερικής κεκλιμένης επιφάνειας. (ΚΚΠ κατακόρυφη κίνηση προώσεως, ΛΚΠ λοξή κίνηση προώσεως, ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, KE κοπικό εργαλείο, Κμ κομμάτι, Z εργαλειοδέτης, Γ ολισθητήρας εργαλειοφορέου).



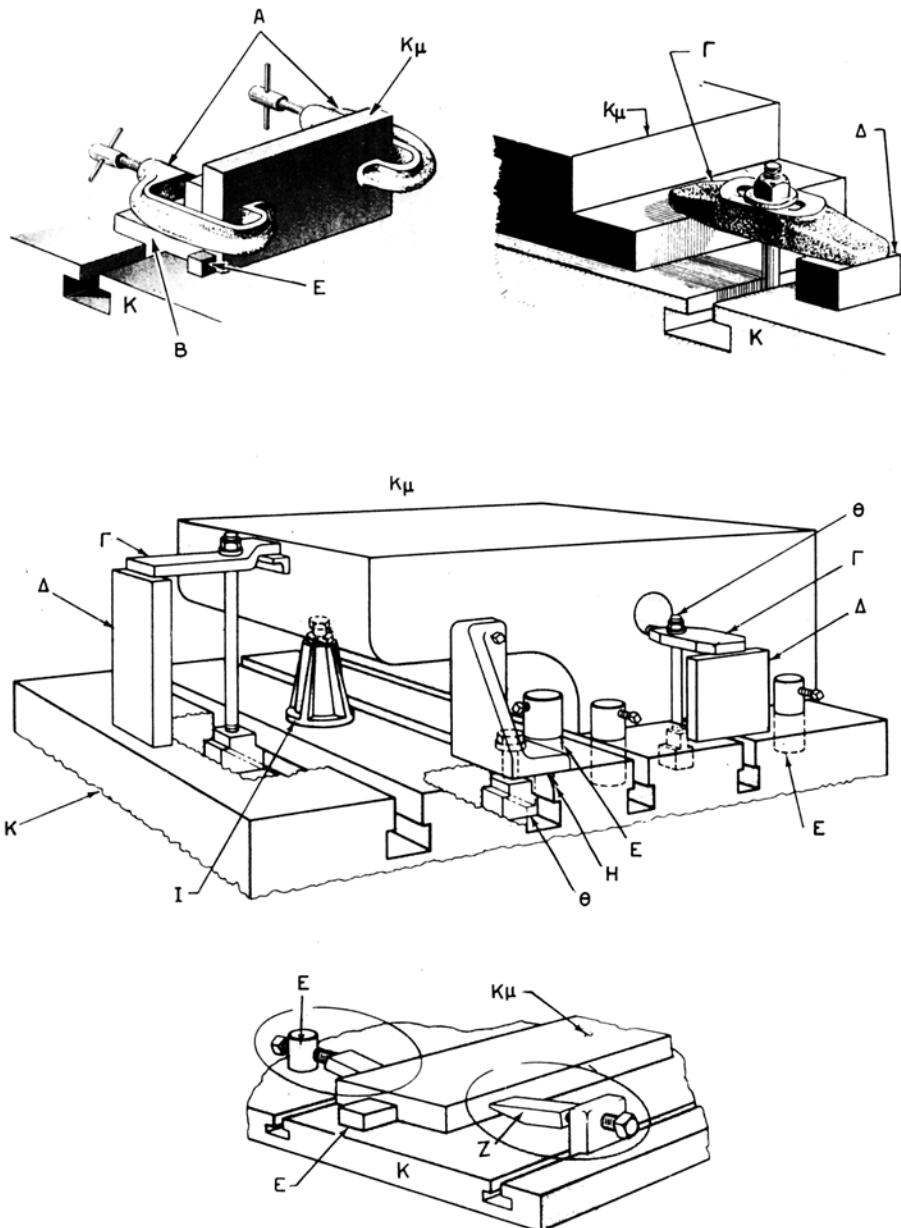
Σχ. 7.4στ.

Εργαλειοδέτης διπλής ενεργείας. (Α εργαλειοδέτης, Β, Γ κοπτικά εργαλεία, ΕΔ ενεργός διαδρομή, ΝΔ νεκρή διαδρομή).

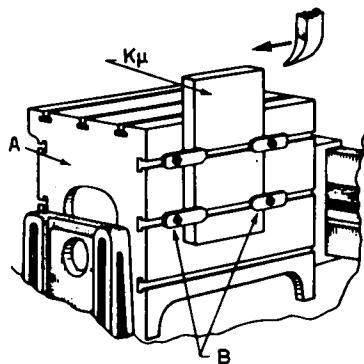


Σχ. 7.4ζ.

Πώς προσδένομε κομμάτια στη μέγγενη για πλάνισμα. (Α μέγγενη, Π παράλληλα, ΜΥ ράβδοι από μαλακό υλικό, Κμ κομμάτι).

**Σχ. 7.4η.**

Πρόσδεση κομματιών στην τράπεζα της πλάνης. [Α σφιγκτήρες μορφής Σ, Β γυνιακή πλάκα, Γ φουρέττα, Δ προσθήκη ευθυγραμμίσεως, Ε τερματικό οδηγητικό στήριγμα, Ζ ειδικός σφηνοειδής σφιγκτήρας, Η γυνιακός βραχίονας (μπρακέττο), Θ βλήτρο μορφής Τ, Ι κοχλιωτός ανυψωτήρας (γρύλλος), Κ τράπεζα της πλάνης, Κμ κομμάτι].

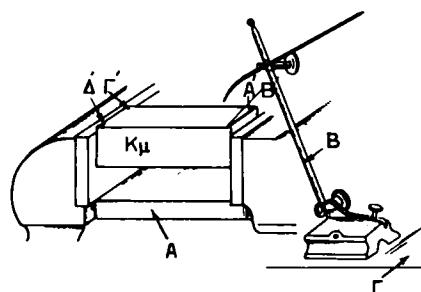


Σχ. 7.4θ.

Στήριξη ενός κομματιού στη μία κατακόρυφη πλευρά της τράπεζας της πλάνης που φέρει και αυτή αυλάκια μορφής Τ. (Α τράπεζα πλάνης, Β φουρκέττες, Κμ κομμάτι).

Για να επιτύχουμε κανονική πρόσδεση των κομματιών στη μέγγενη ή στην τράπεζα της πλάνης, θα πρέπει η δύναμη συγκρατήσεως του κομματιού που επιβάλλεται να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε μετακίνησή του κατά την ενεργό διαδρομή, δηλαδή τη διαδρομή κοπής, όπου και ασκούνται δυνάμεις επάνω στο κομμάτι. Πολύ μεγάλη δύναμη συγκρατήσεως μπορεί να προξενήσει στρεβλώσεις στο κομμάτι, ενώ μικρότερα από αυτή που απαιτείται δεν το στερεώνει επαρκώς.

Η οριζοντίωση ή κατακορύφωση κομματιών στην τράπεζα της πλάνης γίνεται συνήθως (και αυτός είναι ένας αρκετά ακριβής τρόπος) με τη βοήθεια του μετρητικού ρολογιού (σχ. 5.9στ). Για μικρότερη ακρίβεια για την οριζοντίωση κομματιών στην τράπεζα της πλάνης χρησιμοποιούμε τον απλό υψομετρικό χαράκτη (γράφτη) (σχ. 7.4ι) ή κατάλληλα παράλληλα, όπως π.χ. στο σχήμα 7.4ζ.



Σχ. 7.4ι.

Οριζοντίωση κομματιού με τη βοήθεια του απλού υψομετρικού χαράκτη (γράφτη). Η βελόνη του υψομετρικού χαράκτη φέρεται στα σημεία Α', Β', Γ', Δ' και ελέγχεται αν ακουμπά, όπως στο αρχικό σημείο π.χ. στο Α, οπότε το κομμάτι είναι οριζοντιωμένο. Αν η βελόνη δεν ακουμπά σε όλα αυτά τα σημεία, τότε διορθώνομε κατάλληλα τη θέση του κομματιού. (Α μέγγενη, Β υψομετρικός χαράκτης, Γ τράπεζα πλάνης, Κμ κομμάτι).

Τέλος, για να αποφύγουμε σημαδέματα από το σφίξιμο στις επιφάνειες των κομματών κατά τη συγκράτησή τους στις θέσεις που ακουμπούν οι σιαγόνες της μέγιγνης ή διάφοροι σφιγκτήρες χρησιμοποιούμε στις θέσεις αυτές φύλλα ή ράβδους από μαλακό υλικό (σχ. 7.4ζ).

#### **7.4.5 Πώς ελέγχουμε πλανισμένα κομμάτια.**

Οριζόντιες επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, σαν αυτές που μορφοποιούμε στη τραπεζοπλάνη, ελέγχονται με την αεροστάθμη [σχ. 5.9η(β)], όπως είδαμε στην παράγραφο 5.9.1. Μικρότερες επιφάνειες ελέγχονται με το μετρητικό ρολόι προσαρμοσμένο σε κατάλληλο υποστήριγμα επάνω στη πλάκα εφαρμογής [σχ. 5.9η (α)] ή στην οριζοντιωμένη τράπεζα της πλάνης.

Η καθετότητα πλευρών ελέγχεται με την ορθή γωνία (σχ. 5.5γ) ή με τη βοήθεια του μετρητικού ρολογιού στηριγμένο σε κατάλληλο υποστήριγμα στην πλάκα εφαρμογής [σχ. 5.9ζ (γ)] ή στη τράπεζα της πλάνης. Ο έλεγχος επιφανειών υπό κλίση γίνεται με τη βοήθεια του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο (σχ. 5.5ιε).

Ο έλεγχος της παραλληλότητας κεκλιμένων επιφανειών ως προς τη βάση του κομματιού γίνεται στην πλάκα εφαρμογής, όπως μας δείχνει το σχήμα 7.4ια(α).

Για τον έλεγχο της μορφής πλανισμένων κομματιών, όπως π.χ. κομματών σε μορφή V, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον κατάλληλο για κάθε περίπτωση ελεγκτήρα μορφής (καλίμπρα), όπως βλέπουμε στο σχήμα 7.4ια(β).

Οι διάφορες διαστάσεις (μήκος, πλάτος, ύψος ή βάθος) πλανισμένων κομματιών ή το πλάτος και το βάθος αυλακιών μετρούνται, ανάλογα με την ακρίβεια που επιζητούμε, τόσο με το παχύμετρο, όσο και με το μικρόμετρο ή με το ραβδίο βάθους του παχυμέτρου (σχ. 5.2α) ή με το παχύμετρο βάθους (MT-EI, σχ. 2.4ιζ) ή με μικρόμετρο βάθους (MT-EI, σχ. 1.4κε).

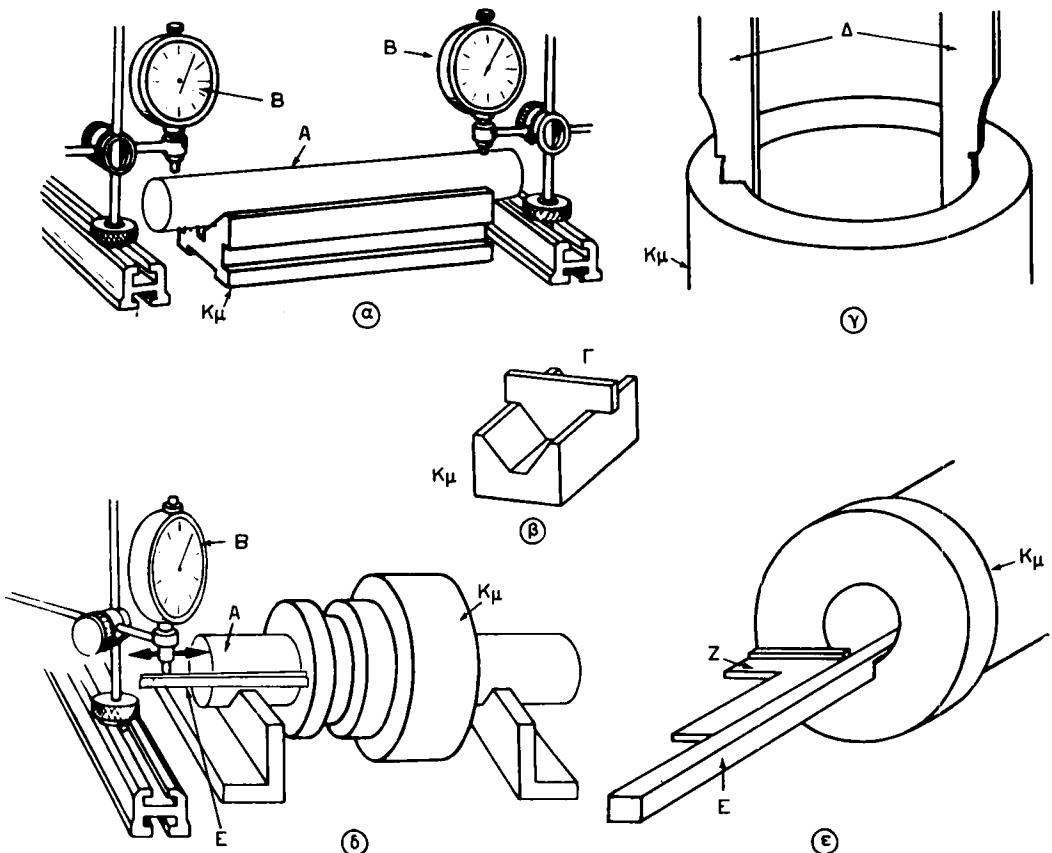
Τέλος, ο έλεγχος εσωτερικών σφηνοδρόμων εκτελείται, όπως εικονίζεται στα σχήματα 7.4ια (γ), (δ), (ε). Το βάθος του σφηνοδρόμου μετριέται με παχύμετρο [σχ. 7.4ια(γ)] και το πλάτος του συνήθως με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων. Για να ελέγξουμε τη παραλληλότητα του σφηνοδρόμου με το κοίλο, στο οποίο πλανίζεται όπως και την καθετότητά του ως προς το πρόσωπο του κομματιού μεταχειρίζομαστε τις διατάξεις που εικονίζονται αντίστοιχα στα σχήματα 7.4ια (δ) και 7.4ια (ε).

#### **7.4.6 Μέτρα για την πρόληψη ατυχήματος στο πλάνισμα.**

Και κατά το πλάνισμα εκτός από τα γενικά προστατευτικά μέτρα που λαμβάνομε κατά την εργασία μας στο μηχανουργείο (παράγρ. 1.2, MT-IE), συνιστούμε και τα εξής επί πλέον:

— Οι δυο βασικές αιτίες ατυχήματος κατά το πλάνισμα είναι από τη μία μεριά η εκτόξευση γρεζιών και από τη άλλη «πιάσιμο» ανάμεσα στο κομμάτι και στο εργαλείο. Άρα, αν από το κοπτικό εργαλείο ξεπειούνται γρέζια, τότε ο χειριστής της πλάνης δεν θα πρέπει να παρακολουθεί το εργαλείο, καθώς αυτό κόβει επίσης δεν θα πρέπει να βάζει τα δάχτυλά του κοντά στο σταθερό ή κινούμενο εργαλείο, ανάλογα με το είδος της πλάνης στην οποία εργάζεται.

— Μετρήσεις ή ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια παλινδρομήσεως του ελκήθρου ή



Σχ. 7.4α.

Πώς μετρούμε ή ελέγχουμε πλανισμένα κομμάτια. α) Κεκλιμένες επιφάνειες. β) Τη μορφή κομματιών. γ) Το βάθος σφηνόδρομου. δ) Την παραλληλότητα του σφηνόδρομου με το κοίλο. ε) Την καθετότητα του σφηνόδρομου ως προς το πρόσωπο του κομματιού. (Α πρότυπος κύλινδρος, Β μετρητικό ρολό, Γ καλίμπρα, Δ τα δύο ράμφη παχυμέτρου για τη μέτρηση εσωτερικών διαστάσεων, Ε ολισθαίνουσα σφήνα, Ζ ελεγκτική ορθή γωνία, Κμ κομμάτι).

της τράπεζας της πλάνης απαγορεύονται. Θα πρέπει να εκτελούνται με **σταματημένη την πλάνη**.

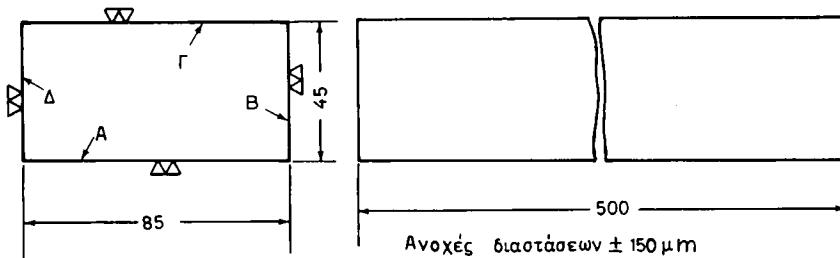
— Σε περιπτώσεις, όπου το έλκυθρο μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης στην ακραία του θέση προεξέχει σε διαδρόμους ή βρίσκεται κοντά σε τοίχο ή σε άλλο αντικείμενο, θα πρέπει αυτό (το έλκυθρο) να περιτριγυρίζεται από κατάλληλο προστατευτικό κάλυμμα.

— Επιβάλλεται προσεκτική και ασφαλής συγκράτηση των κομματιών στην τράπεζα της πλάνης ή στη μέγγενη. Και η στερέωση της μέγγενης στην τράπεζα με τη βοήθεια των γνωστών μας βλήτρων Τ θα πρέπει να γίνεται με κανονικό και ασφαλές σφίξιμο τους.

— Τέλος, επιβάλλεται και στο πλάνισμα το κανονικό ντύσιμο του τεχνίτη (σχ. 1.2 ΜΤ-ΕΙ).

#### 7.4.7 Ένα παράδειγμα πλανίσματος κομματιού.

Από μια χαλύβδινη (St 37) ράβδο του εμπορίου με διαστάσεις  $90 \times 50 \times 500$  πρόκειται να κατασκευάσουμε σε οριζόντια βραχεία πλάνη το κομμάτι (πρισματική ράβδος) που εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Η πλάνη που θα μεταχειρισθούμε για την κατεργασία του κομματιού διαθέτει τις ακόλουθες συχνότητες παλινδρομήσεως και προώσεις:

π' [παλινδρ./min]: 14 26 43 60 85 118.  
s [mm/παλινδρ.]: 0,16 0,20 0,25 0,32 0,40 0,50 0,63 0,8  
1,0 1,25 1,6 2,0.

Ζητούμε να καταρτισθεί το φύλλο κατεργασίας αυτού του κομματιού.

Από τα σύμβολα τραχύτητας επιφάνειας και από τις απαιτούμενες ανοχές των διαστάσεων του κομματιού, που δίνονται στο παραπάνω σχέδιο, συμπεραίνομε ότι και οι τέσσερεις κατά μήκος πλευρές του Α,Β,Γ και Δ θα πρέπει να κατεργασθούν με πλάνισμα αποπερατώσεως.

Το κομμάτι προσδένεται κατάλληλα (με τη βοήθεια ακραίων οδηγητικών στηριγμάτων και ειδικών σφιγκτήρων) και ευθυγραμμίζεται στην τράπεζα της πλάνης. Αρχικά κατεργαζόμαστε με πλάνισμα εκχονδρίσεως και αποπερατώσεως μία οριζόντια πλευρά του, όπως π.χ. την πλευρά Γ και κατόπιν παρόμοια μία άλλη του πλευρά κάθετο σε αυτή, δηλαδή την πλευρά Β ή Δ. Και συνεχίζομε κατά τον ίδιο τρόπο, δηλαδή μέ εκχόνδριση καί τελική κατεργασία οριζοντίως τό πλάνισμα καί των υπολοίπων δυο του πλευρών. Στο σχήμα 7.4.1β βλέπομε πλήρες το φύλλο κατεργασίας του κομματιού αυτού. Η εκλογή της γεωμετρικής μορφής του κοπτικού εργαλείου, όπως και των συνθηκών κατεργασίας έγινε με τη βοήθεια των Πινάκων 7.4.1 και 7.4.2 αντίστοιχα.

#### 7.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

- Με τη βοήθεια ενός σχεδίου να περιγράψετε τις κινήσεις που εκτελούνται από το εργαλείο και από το κομμάτι κατά το πλάνισμα: α) Σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη και β) σε μία τραπεζοπλάνη.
- Τι είδους επιφάνειες μπορούμε να μορφοποιήσουμε με το πλάνισμα;
- Ποιοι είναι οι λόγοι που καθιστούν το πλάνισμα αποδοτικό και χρήσιμο στην παραγωγή κατά μονάδα (ένα κι έξω) ή στην παραγωγή σε μικρές παρτίδες;
- Γιατί οι πλάνες γενικά είναι συγκροτημένες έτσι, ώστε η νεκρή τους διαδρομή να γίνεται πιο γρήγορα από την ενεργό τους διαδρομή;
- Να αναφέρετε χαρακτηριστικές εργασίες που εκτελούμε σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη.
- Για ποιες εργασίες ενδείκνυται: α) Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη και β) η τραπεζοπλάνη.
- Ποιο είδος πλάνης θα διαλέξουμε, για να εκτελέσουμε τις ακόλουθες εργασίες: α) Κατεργασία ενός σφηνοδρόμου σε μια τροχαλία. β) Κατασκευή ενός υποστηρίγματος σε μορφή V και γ) κατα-

**Φύλλο κατεργασίας**

Εργοστάσιο, Τμήμα: ...  
 Ονομασία (και/η κωδικός αριθμός) κοιματοιό: Πρισματική ρέβδος (...)  
 Υλικό κοιματοιού: Χάλυβας St 37 σε ρέβδο 90 × 50 × 500. Αριθμός κορυφών σημ. παρίδα: ...  
 Παραπήρεσες: ...

Συμβολισμός εργασίας ή φόρμας	Εργασία ή Φόρμα	Εργαλείο μετρητικό όργανο ή μέσο	Εργαλείο μετρητικό	$\eta_{m,20}$ [m/min]	$\eta'$ [m/min]	$\eta$ [mm/παλινόρ.]	$a$ [mm]
E1	Πρόσδεση κοιματού για κατεργασία της πλευράς Γ	Ακραία οδηγητικά στηρίγματα, ειδικοί σφιγκτήρες	—	—	—	—	—
E2	Πρόσδεση κοπτικού εργαλείου	Ευθύ αριστερό εργαλείο εκχονδρίσεως ( $\gamma = 22^\circ$ , $a = 11^\circ$ , $\lambda = 8^\circ$ ) HSS.	—	—	—	—	—
Φ1	Εκχόνδριση ορίζοντας πλευράς Γ	Εργαλείο όπως σημ. E2	23	26	0.5	2.0	
E3	Αφίρεση κοπτικού εργαλείου εκχονδρίσεως και πρόσδεση νέου για αποπεράτωση	Εργαλείο αποπεράτωσεως ( $\gamma = 20^\circ$ , $a = 13^\circ$ , $\lambda = 30^\circ$ ) HSS	—	—	—	—	—
Φ2	Αποπεράτωση πλευράς Γ	Εργαλείο όπως σημ. E3	33	43	0.2	0.5	
E4	Αφίρεση εργαλείου αποπεράτωσεως και πρόσδεση εργαλείου εκχονδρίσεως	Εργαλείο εκχονδρίσεως κεκαμένο αριστερά ( $\gamma = 22^\circ$ , $a = 11^\circ$ , $\lambda = 8^\circ$ ) HSS	—	—	—	—	—
E5	Πρόσδεση κοιματού για πλάνισμα της πλευράς Β	Κατάλληλα ακραία αδημητικά στηρίγματα και σφιγκτήρες	—	—	—	—	—
Φ3	Εκχόνδριση κατακόρυφης πλευράς Β	Εργαλείο όπως σημ. E4	23	26	0.5	2.0	

E6	Αφρίσεων εργαλείου εκχονδρίσεως και πρόσδεσης εργαλείου αποπερατώσεως	Εργαλείο αποπερατώσεως κεκαμένο αριστερά ( $\gamma = 20^\circ$ , $\alpha = 13^\circ$ , $\lambda = 30^\circ$ ) HSS	—	—	—	—
Φ4	Αποπεράτωση πλευράς Β	Εργαλείο δύτως σην E6	33	43	0,2	0,5

Επαναλαμβάνονται οι εργασίες E1, E2, E3 και E4 για την εκχόνδριση και αποπεράτωση των υπόλοιπων πλευρών Δ και Α του κομματιού. Χρησιμοποιούνται αντίστοιχα κοπτικά εργαλεία, όπως στις εργασίες E2 και E3 και συνθήκες κατεργασίας, δημιούργησης φάσεων Φ1 και Φ2.

Επιθεώρηση: Ελεγκτική υρθή γνωνία, παχύμετρο και πρότυπα πλακίδα. Τα τελευταία χρειάζονται για την ριθμιστική του βάθους κοπής στις φάσεις αποπερατώσεως των επιφανειών Δ και Α, για να επτευχθούν με την απαραίτητη ακρίβεια οι διαστάσεις 45 mm και 85 αντίστοιχα.

#### Σχ. 7.4β.

- σκευή ενός επίπεδου ολισθητήρα στο σώμα μιας εργαλειομήχανής σε μήκος 1500 mm.
8. Να δώσετε τη σχηματική παράσταση μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης, να σημειώσετε τις κύριες δομικές της μονάδες και να περιγράψετε σύντομα τη λειτουργία της.
  9. Ποιες κινήσεις μπορεί να κάμει η τράπεζα μιας πλάνης γενικής χρήσεως (Γιουνιβέρσαλ);
  10. Να περιγράψετε με τη βοήθεια ενός σκίτου το σύστημα ταλαντεύομένου βραχίονα και δισκοειδούς στροφάλου για τη μετάδοση παλινδρομικής κινήσεως στο έλκυθρο μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης.
  11. Στο σύστημα της προηγούμενης ερωτήσεως (με αύξ. αριθ. 10) να εξηγήσετε δίνοντας και το αναγκιό σχήμα πώς επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα του έλκυθρου στη νεκρή του διαδρομή.
  12. Πώς επιτυγχάνεται η διακοπόμενη κίνηση προώσεως οε μία οριζόντια βραχεία πλάνη; Να κάμετε και το απαραίτητο σκίτσο.
  13. Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζει ένα υδραυλικό σύστημα για την παλινδρομική κίνηση του έλκυθρου μιας βραχείας πλάνης σε σχέση με το μηχανικό σύστημα της ερωτήσεως με αυξοντα αριθμό 10.
  14. Για ποιες χαρακτηριστικές εργασίες προσφέρεται μια κατακόρυφη βραχεία πλάνη;
  15. Ποιες δυνατότητες κινήσεως μπορεί να έχει η τράπεζα μιας κατακόρυφης βραχείας πλάνης;
  16. Ποιες κινήσεις γίνονται σε μια τραπεζοπλάνη για την κατεργασία μιας κατακόρυφης επιφάνειας;
  17. Πώς δημιουργείται η παλινδρομική κίνηση: α) Σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη. β) Σε μία κατακόρυφη βραχεία πλάνη και γ) σε μία τραπεζοπλάνη.
  18. Να μημονεύσετε από δύο κορμάτια (από αυτά που συναντούμε στα διάφορα μηχανήματα) που να κατασκευάζονται ολικά (ή μερικά): α) Σε τραπεζοπλάνη και β) σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη.
  19. Ποιο είναι το βασικό μέγεθος, με το οποίο προδιαγράφονται: α) Οι βραχείες πλάνες και β) οι τραπεζοπλάνες.
  20. Να δώσετε από τρία συμπληρωματικά στοιχεία για την προδιαγραφή: α) Μιας κατακόρυφης βραχείας πλάνης και β) μιας τραπεζοπλάνης.
  21. Γιατί μας ενδιαφέρει η μέση ταχύτητα του έλκυθρου στην ενεργό του διαδρομή κατά το πλάνισμα σε μια βραχεία πλάνη;
  22. Πώς μπορούμε να μεταβάλομε (να αυξήσουμε ή να μειώσουμε) το μήκος της διαδρομής του έλκυθρου σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη με μηχανισμό ταλαντεύομένου βραχίονα και δισκοειδούς στροφάλου;
  23. Πώς εκφράζεται η πρόωση στο πλάνισμα; Να δώσετε και ένα αριθμητικό παράδειγμα.
  24. Πιο σοβαρό πλεονέκτημα παρουσιάζει το εργαλείο αποπερατώσεως σε μορφή «λαιμού χήνας»;
  25. Γιατί τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος κατασκευάζονται αποκλειστικά σχεδόν από ταχυδλύσια;
  26. Αν συμβεί να χρησιμοποιήσουμε σκληρομετάλλο στο πλάνισμα, ποια ποιότητα σκληρομετάλλου θα χρησιμοποιήσουμε και γιατί;
  27. Να σχεδιάσετε ένα κοπτικό εργαλείο πλανίσματος (όποιο θέλετε) για εκχόνδριση, ένα για αποπεράτωση, όπως και ένα ειδικό.
  28. Ποια γενική αρχή εφαρμόζουμε σχετικά με την εκλογή της ταχύτητας κοπής και της προώσεως στο πλάνισμα;
  29. Γιατί δεν χρησιμοποιούμε συνήθως υγρό κοπής στο πλάνισμα;
  30. Να σχεδιάσετε το σύστημα που επιτρέπει το ανασήκωμα του εργαλείου στη νεκρή διαδρομή του έλκυθρου σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη και να περιγράψεται τη λειτουργία του.
  31. Να μημονεύσετε τρόπους προσδέσεως των κορματιών για πλάνισμα.
  32. Ποια όργανα χρησιμοποιούμε συνήθως για τη μέτρηση διαστάσεων στο πλάνισμα;
  33. Να αναφέρετε δύο ειδικά μέτρα ασφάλειας που παίρνομε κατά το πλάνισμα.
  34. Σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη πρόκειται να πλανισθεί μία πλάκα μήκους 450 mm και πιλάτους 100 mm. Αν διαλέξετε με ση ταχύτητα κοπής  $u_m = 25 \text{ m/min}$  και πρόωση  $s = 0,9 \text{ mm}$  ανά παλινδρόμηση, να υπολογίσετε: α) Το μήκος της διαδρομής του έλκυθρου που θα απαιτηθεί. β) Τη συχνότητα και την περίοδο παλινδρομήσεως του έλκυθρου και γ) το χρόνο πλανίσματος της πλάκας αυτής. Η πλάνη που θα χρησιμοποιήσετε έχει λόγο  $\delta = 1,85$ .
  35. Ποια θα είναι η μέση ταχύτητα του έλκυθρου μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης στην ενεργό του διαδρομή για διαδρομές 260 mm και 460 mm και για 43 και 85 παλινδρομήσεις στο πρώτο λεπτό; Η πλάνη έχει λόγο  $\delta = 1,50$ .

36. Σε μια τραπεζοπλάνη εκχονδρίζομε μία οριζόντια επιφάνεια μήκους 1300 mm και πλάτους 200 mm ενός κομματιού από χάλυβα St 37 με κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα ( $\gamma = 20^\circ$ ,  $\kappa = 60^\circ$ ) με τις εξής συνθήκες κατεργασίας:  $u_{m,120} = 23 \text{ m/min}$ ,  $s = 0,5 \text{ mm/παλινδρ.}$  και  $a = 5 \text{ mm}$  (Πίνακας 5.4.2). Η τραπεζοπλάνη έχει λόγο  $\delta = 2,5$ .

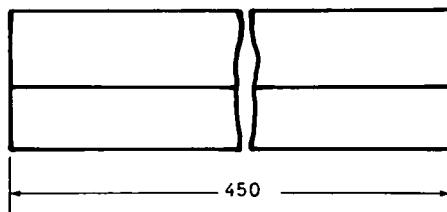
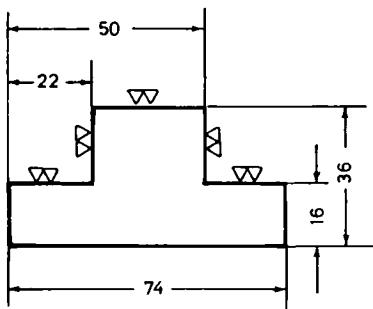
Ζητούμε να υπολογίσετε: α) Το ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου. β) Το χρόνο πλανίσματος του κομματιού και γ) τη διορθωμένη ισχύ κοπής.

37. Από χαλύβδινη ράβδο St 50, διαστάσεων  $80 \times 40 \times 450$  πρόκειται να κατασκευάσομε με πλάνισμα σε οριζόντια βραχεία πλάνη το κομμάτι (πρισματικός οδηγός) που εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Η πλάνη μας αυτή διαθέτει τις εξής συχνότητες παλινδρομήσεως και προώσεις:

ν' [παλινδρ./min] = 12 16 23 32 45 63 90 125 180

$s [\text{mm/παλινδρ.}] = 0,125 \quad 0,18 \quad 0,25 \quad 0,355 \quad 0,50 \quad 0,71 \quad 1,00 \quad 1,4 \quad 2,0$

Ζητούμε να καταρτίσετε το φύλλο κατεργασίας του κομματιού αυτού.



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**  
**ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ**

Μοίρες	Συνημίτονο							
	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	0,9575	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

Η μίτονο

Ε φ α π τ ο μέ ν η								
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

Σ υ ν ε φ α π τ ο μέ ν η

Συνεφαπτομένη									
Μοίρες		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	
0	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	49	
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
Εφαπτομένη									

Εφαπτομένη

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

#### Εισαγωγή στις κατεργασίες και στις εργαλειομηχανές κοπής

1.1 Πώς κατατάσσονται οι κατεργασίες κοπής .....	1
1.2 Γενικά για την κινηματική των κατεργασιών κοπής. Συνθήκες κατεργασίες ή κοπής .....	4
1.3 Οι κυριότερες κατεργασίες κοπής .....	6
1.4 Δύο από τις κυριότερες μη συμβατικές κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου .....	20
1.4.1 Αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα .....	20
1.4.2 Ηλεκτροχημική αφαίρεση μετάλλου .....	20
1.5 Κατάταξη των εργαλειομηχανών κοπής .....	21
1.6 Ερωτήσεις .....	25

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

#### Γενικές αρχές της κοπής των μετάλλων

2.1 Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων .....	26
2.1.1 Προκαταρκτικές έννοιες και ορισμοί .....	26
2.1.2 Είδη και μορφές αποβλίτου .....	28
2.1.3 Πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιτο .....	31
2.1.4 Η γωνία διατμήσεως και ο δεικτής συμπλέσεως του αποβλίτου .....	36
2.1.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	38
2.2 Θερμότητα και θερμοκρασίες κατά την κοπή των μετάλλων .....	38
2.2.1 Η θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή .....	38
2.2.2 Οι αναπτυσσόμενες κατά την κοπή θερμοκρασίες και η διανομή τους .....	39
2.2.3 Ερωτήσεις .....	40
2.3 Το κοπτικό εργαλείο .....	40
2.3.1 Προτυποποίηση του εργαλείου τορνεύσεως .....	41
2.3.2 Υλικά κοπτικών εργαλείων (συμπλήρωση) .....	45
2.3.3 Ερωτήσεις .....	54
2.4 Φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου .....	54
2.4.1 Γενικά .....	54
2.4.2 Φθορά του κοπτικού εργαλείου .....	55
2.4.3 Η ζωή του εργαλείου .....	57
2.4.4 Ερωτήσεις .....	62
2.5 Υγρά κοπής .....	62
2.5.1 Γενικά .....	62
2.5.2 Οι δράσεις του υγρού κοπής .....	63
2.5.3 Είδη υγρών κοπής .....	67
2.5.4 Βιομηχανικές χρήσεις των υγρών κοπής .....	68
2.5.5 Ερωτήσεις .....	71
2.6 Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής .....	71
2.6.1 Γενικά .....	71
2.6.2 Υπολογισμός της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής και της κοπής από την ειδική ανίσταση κοπής .....	73
2.6.3 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	78

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### Συγκρότηση των εργαλειομηχανών κοπής

3.1 Τα κύρια μέρη μιάς εργαλειομηχανής κοπής .....	79
3.2 Τα δομικά στοιχεία μιάς εργαλειομηχανής κοπής .....	80
3.2.1 Το σώμα της εργαλειομηχανής και οι οιλοσθήτηρες (ευθυντηρίες πρισματοδηγοί ή γλίστρες) .....	80
3.2.2 Κεφαλή, τράπεζα και φορεία .....	83
3.2.3 Άτρακτος και έδρανά της .....	85
3.3 Μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές .....	87
3.3.1 Γενικά .....	87
3.3.2 Μετάδοση περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές .....	88
3.3.3 Μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές .....	108
3.3.4 Η μεταφορική κίνηση στις εργαλειομηχανές .....	111
3.3.5 Η περιοδική κίνηση στις εργαλειομηχανές .....	113
3.4 Ηλεκτρική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές .....	114
3.4.1 Γενικά για τους ηλεκτροκινητήρες που μεταχειρίζόμαστε στις εργαλειομηχανές .....	114
3.4.2 Ρύθμιση της περιστροφικής ταχύτητας των ηλεκτροκινητήρων .....	115
3.5 Υδραυλική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές .....	116
3.5.1 Γενικά .....	116
3.5.2 Αντλίες .....	117
3.5.3 Υδραυλικοί κινητήρες .....	119
3.6 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων και κομματιών .....	120
3.6.1 Γενικά .....	120
3.6.2 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων .....	121
3.6.3 Συσκευές προσδέσεως κομματιών .....	121
3.7 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	127

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Συντήρηση εργαλειομηχανών

4.1 Γενικά .....	131
4.2 Η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών .....	132
4.2.1 Γενικά .....	132
4.2.2 Εργασίες τημερήσιας προληπτικής συντηρήσεως .....	132
4.2.3 Εργασίες τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως .....	134
4.3 Εργασίες επισκευών των εργαλειομηχανών .....	134
4.4 Ερωτήσεις .....	135

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### Μηχανουργικές μετρήσεις

5.1 Γενικά .....	136
5.2 Σύντομη επανάληψη της ύλης για τη μέτρηση διαστάσεων, που διδάχθηκε στο Μ.Ε – Ερωτήσεις. Ασκήσεις .....	137
5.2.1 Επανάληψη της ύλης .....	137
5.2.2 Ερωτήσεις – Ασκήσεις .....	141
5.3 Πρότυπα μετρήσεως μηκών .....	143
5.3.1 Οι διάφορες στάθμες ή βαθμοί ακρίβειας .....	143
5.3.2 Πρωτότυπα για τη μέτρηση μηκών .....	144
5.3.3 Πρότυπα βιομηχανικά μήκη .....	146

5.3.4 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	160
5.4 Όργανα συγκρίσεως μηκών ή συγκριτές μηκών .....	161
5.4.1 Γενικά .....	161
5.4.2 Το μετρητικό ρολόι .....	161
5.4.3 Ο επιτραπέζιος συγκριτής μηκών .....	168
5.4.4 Ο ηλεκτρικός συγκριτής μηκών .....	169
5.4.5 Ερωτήσεις .....	169
5.5 Όργανα για τον έλεγχο και τη μέτρηση γωνιών .....	169
5.5.1 Μονάδες μετρήσεως γωνιών .....	169
5.5.2 Έλεγχος γωνιών και συναφή όργανα ελέγχου .....	171
5.5.3 Μέτρηση γωνιών και συναφή όργανα μετρήσεως .....	176
5.5.4 Τριγωνομετρικός έλεγχος και μέτρηση γωνιών .....	181
5.5.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	186
5.6 Συναρμογές και ανοχές συναρμογών .....	187
5.6.1 Γενικά, βασικές έννοιες και ορισμοί .....	187
5.6.2 Ομαδοποίηση των συναρμογών με κριτήριο την κατηγορία τους .....	195
5.6.3 Το διεθνές σύστημα συναρμογών και ανοχών ISO .....	200
5.6.4 Σύνθετες ανοχές .....	207
5.6.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	211
5.7 Ελεγκτήρες και εφαρμογές τους .....	213
5.7.1 Γενικά .....	213
5.7.2 Ελεγκτήρες ορίου ή ελεγκτήρες μέγιστου-ελάχιστου .....	216
5.7.3 Μερικοί χρήσιμοι απλοί ειδικοί ελεγκτήρες .....	218
5.7.4 Ερωτήσεις .....	221
5.8 Έλεγχος και μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας .....	222
5.8.1 Γενικά .....	222
5.8.2 Προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας .....	225
5.8.3 Όργανα για τη μέτρηση και τον έλεγχο της τραχύτητας .....	233
5.8.4 Ερωτήσεις .....	237
5.9 Έλεγχος οριζοντιότητας, κατακορυφότητας, επιπεδότητας και καθετότητας επιφανειών .....	238
5.9.1 Έλεγχος οριζοντιότητας και κατακορυφότητας .....	238
5.9.2 Έλεγχος της επιπεδότητας και καθετότητας .....	242
5.9.3 Ερωτήσεις .....	244

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### Τρυπάνισμα και συναφείς κατεργασίες - Δράπανα

6.1 Γενικά για το άνοιγμα και την αποπεράτωση (τελείωμα) οπών .....	246
6.2 Το τρυπάνισμα και το δράπανο .....	247
6.2.1 Γενικά για το τρυπάνισμα .....	247
6.2.2 Το ελικοειδές τρυπάνι ως κοπτικό εργαλείο .....	248
6.2.3 Το δράπανο .....	250
6.2.4 Χαρακτηριστικά μεγέθη του τρυπανίσματος .....	257
6.2.5 Εκτέλεση του τρυπανίσματος .....	264
6.3 Κατεργασίες συναφείς με το τρυπάνισμα: Η γλύφανση και η εσωτερική σπειροτόμηση .....	274
6.3.1 Η γλύφανση .....	274
6.3K.2 Η εσωτερική σπειροτόμηση .....	231
6.4 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	285

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### Πλάνισμα και πλάνες

7.1 Γεγικά .....	288
7.2 Η πλάνη .....	289
7.2.1 Τα είδη πλανών .....	289
7.2.2 Ποιά είναι τα στοιχεία που προδιαγράφονται σε μία ιλάνη .....	293
7.3 Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του πλανίσματος .....	298
7.3.1 Οι συνθήκες κατεργασίας .....	298
7.3.2 Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου και ο ρυθμός παραγωγής .....	300
7.3.3 Ο χρόνος κοπής στο πλάνισμα .....	301
7.3.4 Η ισχύς κοπής στο πλάνισμα .....	302
7.4 Εκτέλεση του πλανίσματος .....	304
7.4.1 Τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος και πώς αυτά εκλέγονται .....	304
7.4.2 Πώς εκλέγομε τις συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής .....	309
7.4.3 Η πρόσδεση του εργαλείου .....	311
7.4.4 Η πρόσδεση των κομματιών .....	312
7.4.5 Πώς ελέγχομε πλανισμένα κομμάτια .....	317
7.4.6 Μέτρα για την πρόληψη ατυχήματος στο πλάνισμα .....	317
7.4.7 Ένα παράδειγμα πλανίσματος κομματιού .....	319
7.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις .....	319

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### Τριγωνομετρικοί Πίνακες

324

**COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**

---

