



ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

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 συμβολή 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 Κατώτερων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών 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 συμπληρουόμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική 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 γλωσσική 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 εκπαίδευσης. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται 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 θέσει στη διάθεση τού Κράτους όλη αυτή την πείρα 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 Υ.ΠΕΠΘ.

Του βιβλίου αυτού υπάρχει τρίτη έκδοση με τίτλο: «Μηχανουργική Τεχνολογία – Εργαστήριο II».

Το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο προτίμησε ως καταλληλότερη για τους μαθητές προς τους οποίους απευθύνεται τη Β' έκδοση του 1984.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκράσας, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ.Α. 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 Σπετσιέρης (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 Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Γεώργιος Σταμάτου (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Σωτ. Γκλαβάς (1989-1993) Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, Εμ. Τρανούδης (1993-1996) Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.



ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

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

ΑΘΗΝΑ
1998





1954

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

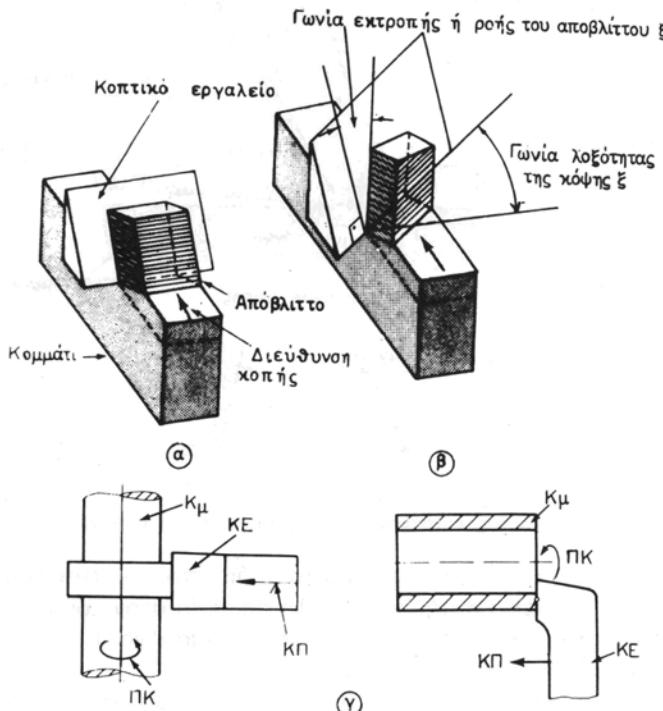
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

1.1 Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων.

1.1.1 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. 4.3, Μηχ. Τεχν. Β' Τάξεως), όσο και σε εκείνες που γίνονται με εργαλεία του χεριού (Μ.Ε. Κεφάλαιο 8 ως 16).

Για τη μελέτη του μηχανισμού της κοπής μεταχειρίζομαστε χάριν απλότητας τη λεγόμενη **ορθογωνική κοπή** [σχ. 1.1α(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



Σχ. 1.1α.

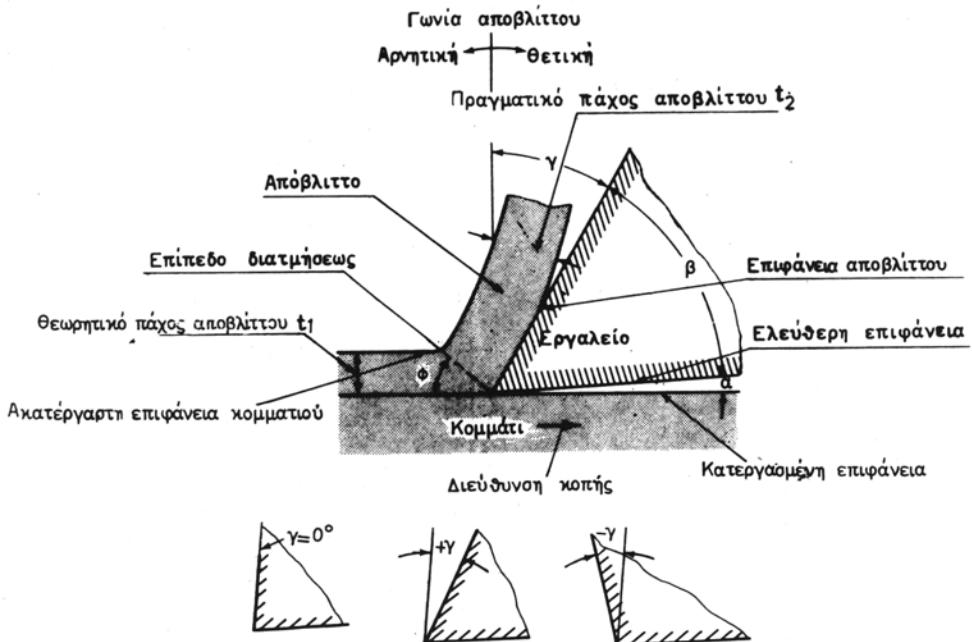
α) Ορθογωνική κοπή. β) Λοξή κοπή. γ) Ορθογωνική τόρνευση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, Κμ κομμάτι, ΚΕ κοπτικό εργαλείο).

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 βλέπομε στο σχήμα 1.1α(γ).

Οι βασικές αρχές που ισχύουν στην ορθογωνική κοπή επεκτεινόμενες έχουν εφαρμογή και στη **λοξή κοπή** [σχ. 1.1α(β), παράγρ. 1.3.1(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 γ , την οποία καλούμε **γωνία λοξότητας της κόψης**.

Το κοπτικό εργαλείο της ορθογωνικής κοπής (σχ. 1.1β) έχει τις εξής γωνίες:

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



Σχ. 1.1β.

Χαρακτηριστικές γωνίες, επιφάνειες και μεγέθη κατά την ορθογωνική κοπή.

του (επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το απόβλιτο) 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. 1.1.3]. Μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδενική.

β) Την **ελεύθερη γωνία 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

ελεύθερη γωνία όμως επηρεάζει τη φθορά του εργαλείου [παράγρ. 1.4.3 (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:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (1.1)$$

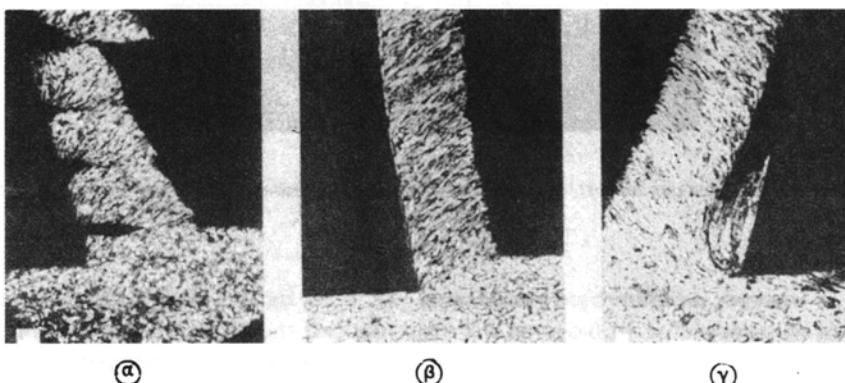
Το πάχος t_1 του στρώματος του μετάλλου που αφαιρείται με τη βοήθεια του εργαλείου είναι γνωστό ως **θεωρητικό πάχος αποβλίτου**, ενώ το πάχος t_2 που αποκτά το απόβλιττο μετά την κοπή ονομάζεται **πραγματικό πάχος αποβλίτου**.

1.1.2 Είδη και μορφές αποβλίτου.

Όπως γνωρίζομε (παράγρ. 4.1, Μηχ. Τεχν. Β'), 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 απόβλιττο κατά συνέπεια είναι το προϊόν της κοπής των μετάλλων και η μέλέτη του μας δίνει τη δυνατότητα να βγάζομε ενδιαφέροντα συμπεράσματα για το φαινόμενο της κοπής.

Το απόβλιττο, 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 απόβλιττο** [σχ. 1.1 γ (α)], το **συνεχές απόβλιττο** [σχ. 1.1γ (β)] και το **συνεχές απόβλιττο με ψευδόκοψη** [σχ. 1.1 γ(γ)].



Σχ. 1.1γ.

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

A. Τα βασικά είδη αποβλίτου.

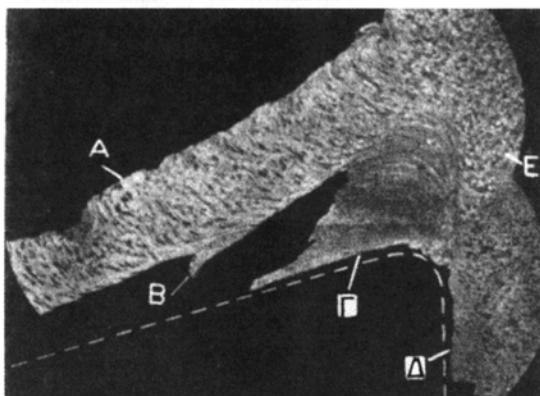
1). Το **ασυνεχές απόβλιττο**. Κατά το σχηματισμό του ασυνεχούς αποβλίτου, το μέταλλο που βρίσκεται μπροστά από την κόψη του εργαλείου, υφιστάμενο σημαντικές παραμορφώσεις, **θραύεται** στη ζώνη διατμήσεως [παράγρ. 1.1.2] συνήθως περιοδικά* και το απόβλιττο **τεμαχίζεται**. Τέτοιο απόβλιττο συναντούμε 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 σε χαμηλές ταχύτητες κοπής, σε μεγάλες προώσεις και με εργαλεία με μικρές τιμές της γωνίας αποβλίτου.

2) Το **συνεχές απόβλιττο**. Στην περίπτωση αυτή το μέταλλο, που βρίσκεται μπροστά από την κόψη του εργαλείου, υφίσταται **συνεχή πλαστική παραμόρφωση σε διάτμηση** (χωρίς βέβαια να θραύεται) στη ζώνη διατμήσεως [θα το εξηγήσουμε αυτό παρακάτω στην παράγραφο 1.1.3] 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. 1.3.2 (B)].

Το απόβλιττό 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 (η ζωής) του κοπτικού εργαλείου (παράγρ. 1.4).



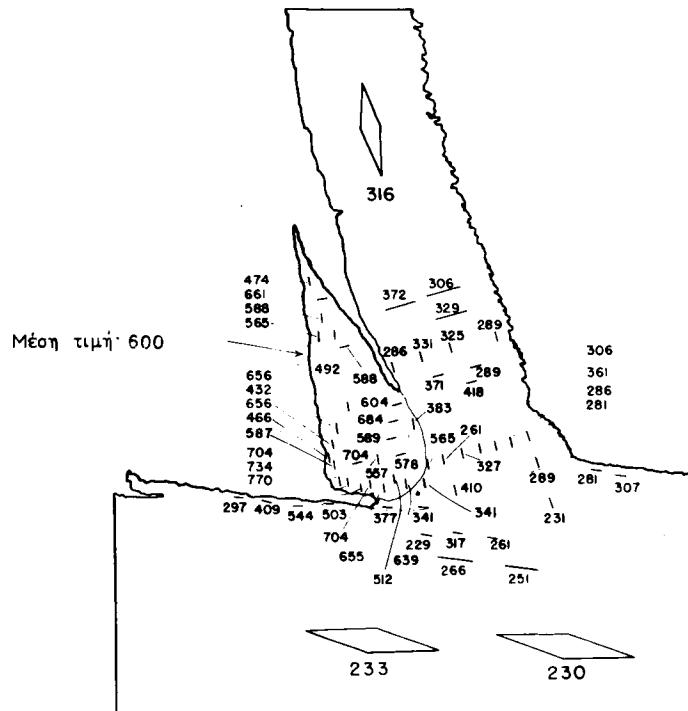
Σχ. 1.16.

Μικροφωτογραφία που μας δείχνει τη ψευδόκωψη Γ και τα τεμαχίδια Β και Δ που προκύπτουν από τον τεμαχισμό της.

Α απόβλιττο, Ε κομμάτι.

3) Το **συνεχές απόβλιττο με ψευδόκωψη** [σχ. 1.1δ, σχ. 1.1 γ(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 σχήμα από ισχυρά παραμορφωμένο και σκληρωμένο (σχ. 1.1ε) μέταλλο. Δημιουργείται κατά την κοπή από επάλληλα λεπτά στρώματα μετάλλου, προσκολλούμενη στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, κάτω από συνθήκες ψηλού μέσου συντελεστή τριβής [παράγρ. 1.1.3] 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 (Β) (σχ. 1.1δ) παρασυρόμενα προσκολλούνται στην προς το εργαλείο πλευρά του αποβλίτου, ενώ άλλα (Δ) επάνω στη νεοσχηματιζόμενη (κατεργασμένη) επιφάνεια του κομματιού.



Σχ. 1.1ε.

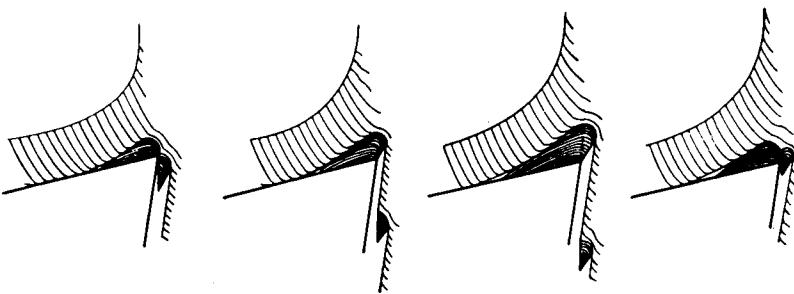
Διανομή της σκληρότητας στο απόβλιτο, στην ψευδόκοψη και στο κομμάτι. Είναι ολοφάνερη η σκλήρωση της ψευδόκοψης (μέση τιμή περίπου 600 βαθμοί σκληρότητας) απέναντι στους περίπου 230 του απαραμόρφωτου υλικού (χάλυβας) του κομματιού.

Ο σχηματισμός και ο τεμαχισμός της ψευδόκοψης λαμβάνει χώρα περιοδικά, όπως χαρακτηριστικά βλέπομε στο σχήμα 1.1στ.

Η δημιουργία της ψευδόκοψης παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον για δύο λόγους: Ο πρώτος είναι ότι τα τεμαχίδια της ψευδόκοψης, τα οποία προσκολλούνται επάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού, **χειροτερεύουν** την τραχύτητα της. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι η παρουσία της ψευδόκοψης 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 ψευδόκοψη είναι ασταθής, τότε τα πολύ σκληρά τεμαχίδια της, που προσκολλούνται στην προς το εργαλείο επιφάνεια του αποβλίτου (τεμαχίδια Β του σχήματος 1.1δ), φθείρουν το εργαλείο στην επιφάνεια αποβλίτου με το μηχανισμό αποξέσεως [παράγραφος 1.4.2 (Α)]. Αν δυμώς η ψευδόκοψη είναι σταθερή σχετικά, τότε προφυλάσσει το εργαλείο από φθορά. Και αυτό, γιατί η ψευδόκοψη εκτελεί την εργασία της κόψης του εργαλείου.

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

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



Σχ. 1.1στ.

Ο κύκλος σχηματισμού και τεμαχισμού της ψευδόκωφης.

- 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 1.5.2 (B), τις συνθήκες τριβής αποβλίτου – εργαλείου.

B. Διάφορες μορφές αποβλίτων.

Στο σχήμα 1.1ζ εικονίζονται μορφές αποβλίτων που σχηματίζονται κατά την τόρνευση χάλυβα ταξινομούμενες σε επτά κατηγορίες από 1 ως 7 με μεταβαλλόμενες την ταχύτητα κοπής, την πρώση 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.

G. Γρεζοθραύστες.

Στην πράξη, πολλές φορές (π.χ. στην κοπή ολκίμων μετάλλων ή κραμάτων σε ψηλές ταχύτητες κοπής) σχηματίζεται απόβλιτο με μεγάλο μήκος (π.χ. ταινιοειδές, ή ελικοειδές, σχ. 1.1ζ). Τέτοιας μορφής απόβλιτο παρουσιάζει δυσκολίες στην εκτέλεση της κατεργασίας και εγκυμονεί κινδύνους για ατύχημα στον τεχνίτη και βλάβες στο εργαλείο και στην εργαλειομηχανή.

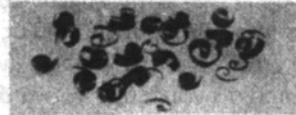
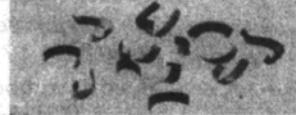
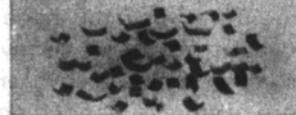
Σε τέτοιες περιπτώσεις ελέγχομε τη μορφή και τό μέγεθος του αποβλίτου με κατάλληλη διαμόρφωση του κοπτικού εργαλείου δημιουργώντας **γρεζοθραύστες** (σχ. 1.1η).

1.1.3 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 έχομε αναφέρει [παράγρ. 1.1.2 (A) (2)].

Παραδεχόμαστε ότι η κοπή είναι συνεχής και ορθογωνική (παράγρ. 1.1.1), 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. 1.1θ). Ο μηχανισμός της κοπής όμως δεν θα άλλαζε, αν συνέβαινε

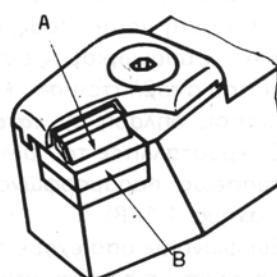
Κατηγορία μορφής αποβλίτου	Μορφή αποβλίτου	Όνομασία
1		Ταινιοειδές ευθύ
2		Ταινιοειδές άτακτο
3		Ελικοειδές
4		Ελικοειδές τεμαχισμένο
5		Σπειροειδές τεμαχισμένο
6		Τεμάχια σπειροειδούς
7		Τεμαχίδια αποβλίτου

Σχ. 1.1ζ.

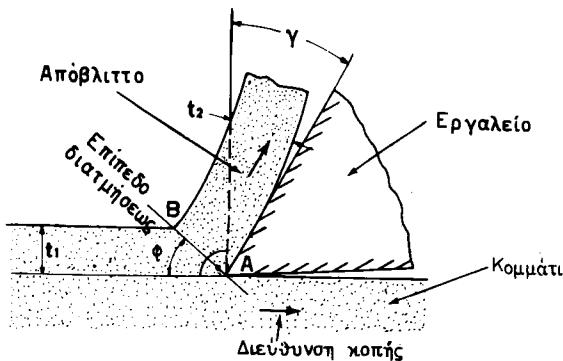
Διάφορες μορφές αποβλίτου που μπορούν να σχηματισθούν κατά την τόρνευση ενός χάλυβα.



Σχ. 1.1η.
Γρεζοθραύστες.



Α γρεζοθραύστης, Β πλακίδιο από σκληρομέταλλο.



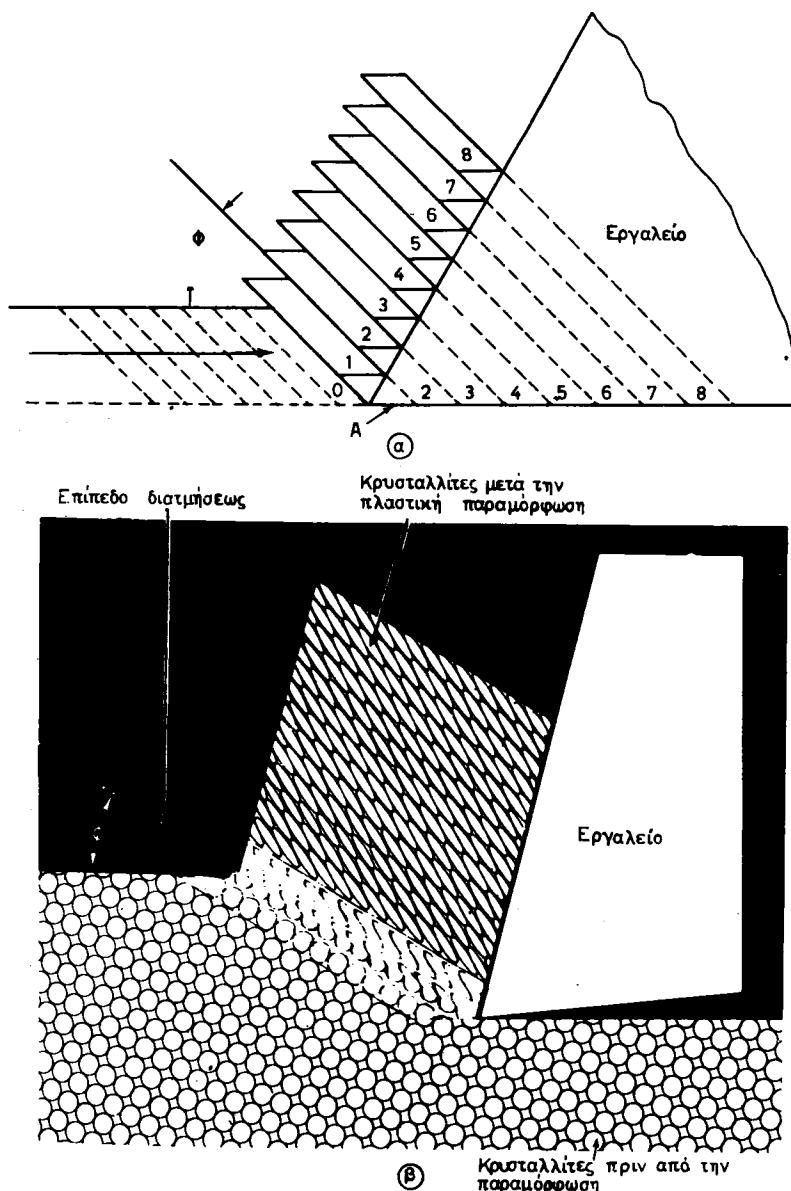
Σχ. 1.18.
Πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιττο.

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 απόβλιττου (με πάχος t_2). Το απόβλιττο σχηματισμένο πλέον κινείται πρός τα επάνω (μας το δείχνει το βέλος, σχ. 1.10) στην επιφάνεια απόβλιττου του εργαλείου, εφαπτόμενο κατά τη ζώνη τριβής, υπό μορφή ταινίας (συνεχές απόβλιττο) υπερικώντας σημαντική τριβή. Το επίπεδο διατμήσεως κλίνει ως προς τη διεύθυνση κοπῆς κατά μία γωνία Φ , 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 κοπῆς μεγαλώνει. Γι' αυτό, για τις ταχύτητες κοπῆς της πράξεως, η ζώνη διατμήσεως είναι δυνατό να προσεγγισθεί με το **επίπεδο διατμήσεως**, που διευκολύνει την ανάλυση και μελέτη της κοπῆς.

Ο μηχανισμός σχηματισμού του συνεχούς απόβλιττου με πλαστική διάτμηση μπορεί να εξομειωθεί, για να κατανοθεί καλύτερα, με την ολίσθηση μιας δέσμης από παιγνιόχαρτα, που βρίσκονται μπροστά σε ένα εργαλείο και ωθουνται από αυτό [σχ. 1.11 (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 Ο, παρατηρείται ολίσθηση μεταξύ τους, οπως και αποχωρισμός του από τη στοιχειώδη επιφάνεια A. Ο αποχωρισμός αυτός στην πραγματικότητα σημαίνει θραύση ενός στοιχείου του απόβλιττου στο κάτω ακρο του και σχηματισμό της νέας επιφάνειας του κομματιου, δηλαδή της **κατεργασμένης επιφάνειας**, οπως την έχουμε αποκαλέσει.

Οι κρυσταλλίτες του μετάλλου του κομματιου καθώς διέρχονται από τη ζώνη διατμήσεως, παραμορφώνονται (επιμηκύνονται), οπως χαρακτηριστικά βλέπομε στο σχήμα 1.11(β).

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



Σχ. 1.1.
Εξομοίωση του σχηματισμού του συνεχούς 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 θράυση του μετάλλου.

Ας μιλήσουμε τώρα για το σύστημα των δυνάμεων, που αναπτύσσονται κατά το σχηματισμό του συνεχούς αποβλίτου (σχ. 1.1α) με ορθογωνική βέβαια κοπή. Οι δυνάμεις που επενεργούν στο απόβλιττο, αν το θεωρήσουμε ως σώμα ελεύθερο, απόλυτα στερεό, που βρίσκεται σε ηρεμία ή σε ομαλή κίνηση, είναι οι ακόλουθες:

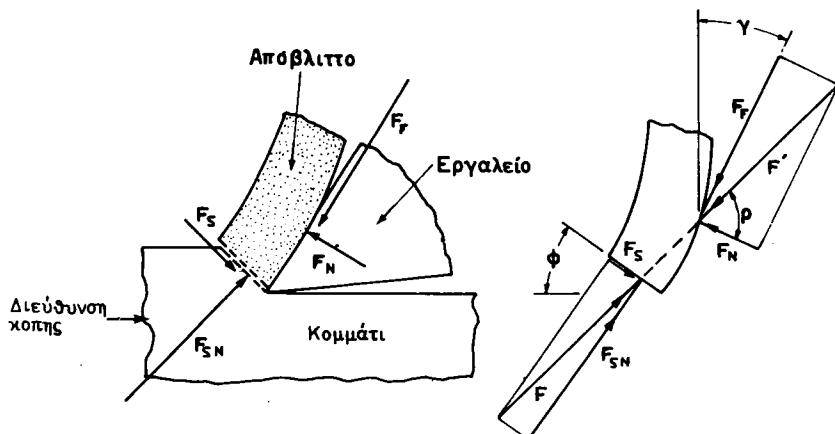
α) Η δύναμη διατμήσεως F_S . Είναι η αντίσταση σε διάτμηση που παρουσιάζει το κατεργαζόμενο υλικό.

β) Η κάθετη στο έπιπεδο διατμήσεως δύναμη F_{SN} , που αποτελεί κατά κάποιον τρόπο μιαν αγτίδραση 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 .

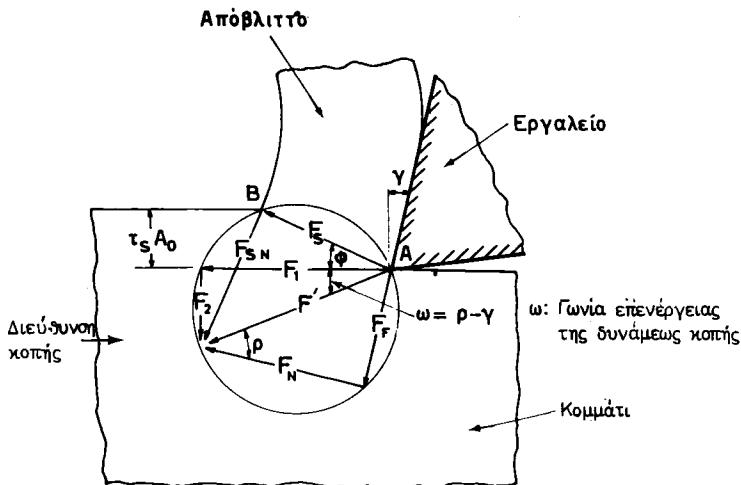
Οι δυνάμεις F_S και F_{SN} μας δίνουν ως συνισταμένη τη δύναμη F και οι δυνάμεις F_F και F_N τη δύναμη F' . Αν τώρα θεωρήσουμε ότι δεν επενεργεί στο απόβλιττο καμιά ροπή, τότε για να έχουμε στατική ισορροπία του αποβλίτου ή ομαλή κίνηση του, θα πρέπει η F και F' να είναι ίσες και αντίθετες. Τη συνισταμένη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



Σχ. 1.1α.
Το σύστημα των δυνάμεων στην ορθογωνική κοπή.

Στο σχ. 1.1β εικονίζεται το σύστημα αύτό των δυνάμεων κοπής σε μορφή κυκλικού διαγράμματος πολύ εύχρηστου 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 έχει μεγάλη σημασία, γιατί από αυτή μαζί με την ταχύτητα κοπής υπολογίζομε την ισχύ κοπής [σχέσεις (1.9)]. 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. 1.6.1).

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 $\rho = \text{τοξ εφμ καλούμε μέση γωνία τριβής}$. Ο μέσος συντελεστής τριβής (ή η μέση γωνία τριβής) αποτελεί αντιπροσωπευτικό μέγεθος για τα φαινόμενα, που λαμβάνουν χώρα στη ζώνη τριβής.



Σχ. 1.1iβ.

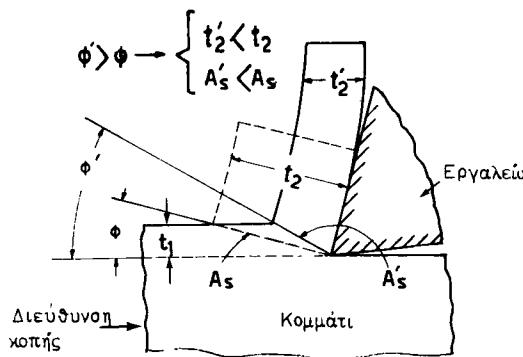
Οι δυνάμεις στην ορθογωνική κοπή, όπως ασκούνται από το εργαλείο στο κομμάτι στη μορφή ενός κυκλικού διαγράμματος.

1.1.4 Η γωνία διατμήσεως και ο δείκτης συμπιέσεως του αποβλίτου.

Η γωνία διατμήσεως αποτελεί βασικό μέγεθος της κοπής των μετάλλων και εκφράζει ποσοτικά ό,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 διατυπώσομε την αρχή ότι **μεγάλες γωνίες διατμήσεως χαρακτηρίζουν αποδοτική κοπή**. Και αυτό με την έννοια ότι σε μεγάλες γωνίες διατμήσεως ανάπτυσσονται μικρότερες δυνάμεις κοπής, η ισχύς που ξοδεύεται είναι επίσης μικρότερη και οι θερμοκρασίες χαμηλότερες με ευνοϊκές συνέπειες στη φθορά και στη ζώη του κοπτικού εργαλείου.

Έστω ότι αυξάνεται η γωνία διατμήσεως από μια τιμή Φ σε μια άλλη Φ' (σχ. 1.1iγ). Με το μεγάλωμα αυτό της γωνίας Φ έχουμε μείωση της επιφάνειας διατμήσεως από την τιμή A_S στην τιμή A'_S 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 στιγματικό όριο διαρροής του κατεργαζόμενου υλικού σε διάτμηση T_{S_0}), η ελάττωση στην επιφάνεια διατμήσεως έχει ως επακόλουθο μείωση και στην απαιτούμενη για το σχηματισμό του αποβλίτου δύναμη διατμήσεως ($F_S = A_S \cdot T_{S_0}$) και κατ' επέκταση στη δύναμη κοπής. Εξάλλου με ελάττωση της γωνίας διατμήσεως συμβαίνει το αντίθετο, αυξάνεται δηλαδή η επιφάνεια δια-



Σχ. 1.1ιγ.

Αύξηση της γωνίας διατμήσεως συνεπάγεται μείωση της επιφάνειας διατμήσεως και του πραγματικού πάχους του αποβλίτου.

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

Η γωνία διατμήσεως εξαρτάται από τη μέση γωνία τριβής ρ (ή το μέσο συντελεστή τριβής μ) στη ζώνη επαφής ανάμεσα στο απόβλιτο 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 ρ στο μέσο συντελεστή τριβής μ να έχει ως συνέπεια αύξηση στη γωνία διατμήσεως Φ , άρα και αποδοτική κοπή, σύμφωνα με όσα έχομε 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 ζωής του, παράγρ. 1.4.3 (Γ) (2)] και να πάρνομε κάθε δυνατό μέτρο για τη μείωση του μέσου συντελεστή τριβής [π.χ. να χρησιμοποιούμε κατάλληλο υγρό κοπής σε χαμηλές και μέσες ταχύτητες κοπής, παράγρ. 1.5.2 (Β)].

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

Ο δείκτης λ μας δίνει το μέτρο της πλαστικής παραμορφώσεως που υφίσταται το μέταλλο, για να σχηματισθεί το απόβλιτο. Ψηλές τιμές του λ σημαίνουν ισχυρή πλαστική παραμόρφωση του μετάλλου, ενώ χαμηλές του τιμές υποδηλώνουν η-πιότερη παραμόρφωση του μετάλλου. Ο δείκτης συμπιέσεως 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.

1.1.5 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 έπιδρά 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 μηχανισμό 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:

$$\epsilon\phi\Phi = \frac{\sigma_{\text{V}}}{\lambda - \eta\mu\gamma}$$

1.2 Θερμότητα και θερμοκρασίες κατά την κοπή των μετάλλων.

1.2.1 Η θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή

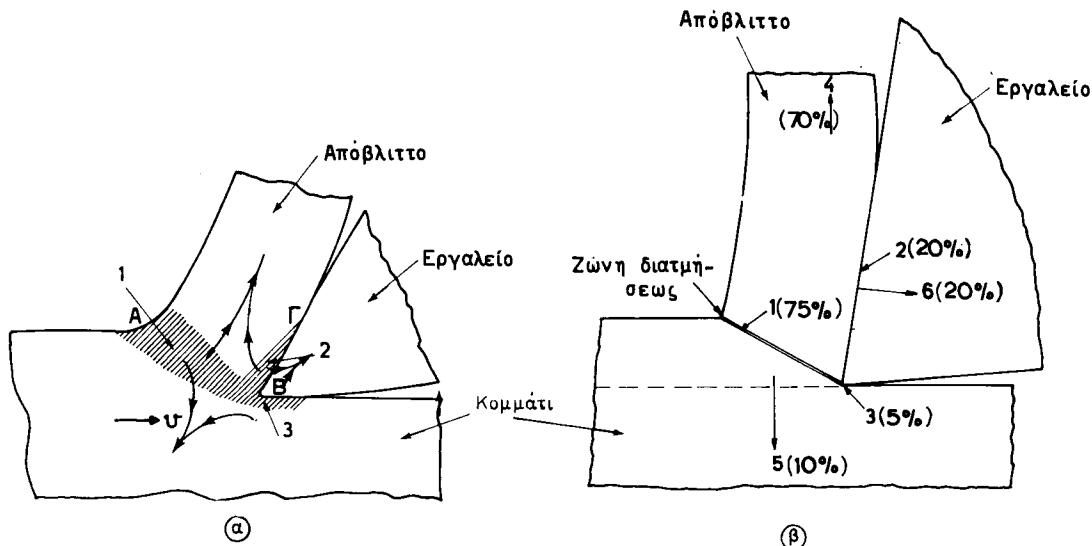
Η συνολική ενέργεια, που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η κοπή ενός μετάλλου ξοδεύεται σε δύο βασικά περιοχές [σχ. 1.2α(α)]: στη ζώνη διατμήσεως (1) και στη ζώνη τριβής (2) (παράγρ. 1.1.3). Υπάρχει όμως και μια τρίτη ζώνη, (3) όχι τόσο σημαντική, όσο οι προηγούμενες: η επιφάνεια, όπου εφάπτεται η 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. 1.3.1) και από το άλλο για την υπερνίκηση της τριβής που αναπτύσσεται στη ζώνη αυτή, ιδιαίτερα όταν το εργαλείο έχει προχωρημένη φθορά στην ελεύθερή του επιφάνεια.

Επειδή η μηχανική ενέργεια που διαθέτουμε 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 1.2α(α) θα είναι πηγές θερμότητας.

Το σχήμα 1.2α(β) μας δίνει μιαν εικόνα πώς κατανέμεται χονδρικά η παραγόμε-

νη θερμότητα στις τρεις ζώνες 1, 2 και 3 και πως η θερμότητα αυτή απάγεται στο απόβλιττο (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 απόβλιττο.



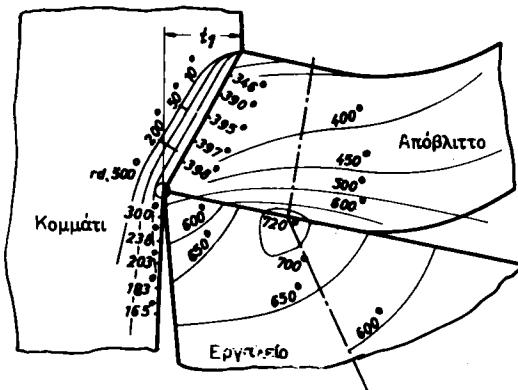
Σχ. 1.2α.

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

1.2.2 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 που 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, όπως 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 μικραίνει.



Σχ. 1.2β.

Διανομή Θερμοκρασιών στο εργαλείο, στο κομμάτι και στο απόβλιττο κατά την κατεργασία ενός σκληρού ανθρακούχου χάλυβα. (Οι θερμοκρασίες δίνονται σε $^{\circ}\text{C}$).

Στο σχήμα 1.2β εικονίζεται η διανομή θερμοκρασιών στο απόβλιττο, στο εργαλείο και στο κομμάτι για την αναφερόμενη στο σχήμα πέριπτωση 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:

- Ότι οι θερμοκρασίες είναι κατά πολύ ψηλότερες στο εργαλείο από ότι είναι στο απόβλιττο και φυσικά και στο κομμάτι και
- 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. 1.4.2 (Γ)].

1.2.3 Ερωτήσεις.

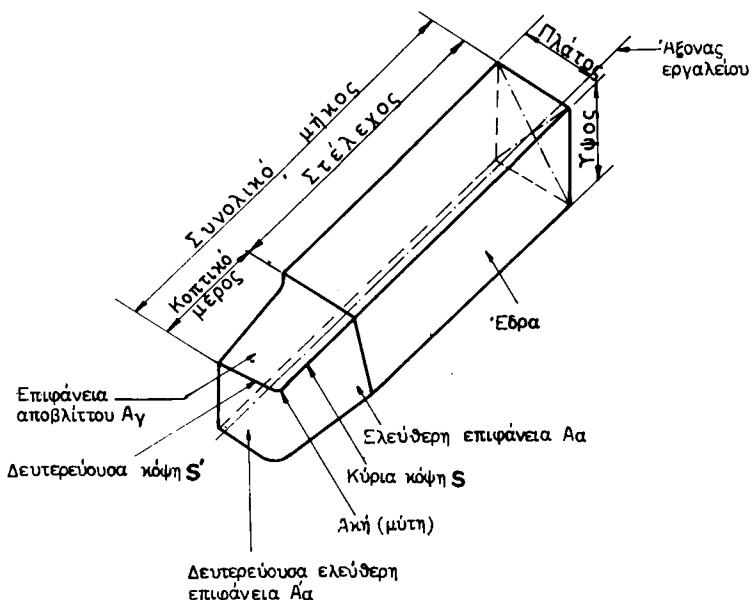
- Γιατί παράγεται θερμότητα κατά την κοπή των μετάλλων;
- Σε ποιες ζώνες εκλύεται θερμότητα κατά την κοπή των μετάλλων; Να τις σημειώσετε κάνοντας το απαραίτητο σκίτσο.
- Να δώσετε χονδρικά σε ποσοστά το ποσό της θερμότητας που παράγεται ξεχωριστά σε κάθε μια ζώνη της αμέσως προηγούμενης ερωτήσεως.
- 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.
- Να μηνημονεύσετε δύο παράγοντες που επιδρούν επάνω στη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στη ζώνη τριβής κατά την κοπή.
- 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;

1.3 Το κοπτικό εργαλείο.

.Στην παράγραφο 1.1.1 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 έχομε τονίσει βρίσκουν ευρύτατες πρακτικές εφαρμογές, με αντιπροσωπευτικό το έργαλείο της τορνεύσεως (έργαλείο με μία κύρια κόψη, σχ. 1.3a). Το δεύτερο αντικείμενο, για το οποίο θα μιλήσομε, θα είναι τα λοιπά υλικά για κοππικά εργαλεία, πέρα από τους ανθρακούχους χάλυβες και τα χαλυβοκράματα εργαλείων, όπως και πέρα από τους ταχυχάλυβες, με τα οποία ασχοληθήκαμε στην παράγραφο 3.5.3 Μηχ. Τεχν. Β'. Τα υλικά κοππικών εργαλείων, που θα αναπτύξουμε στις επόμενες σελίδες είναι:

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



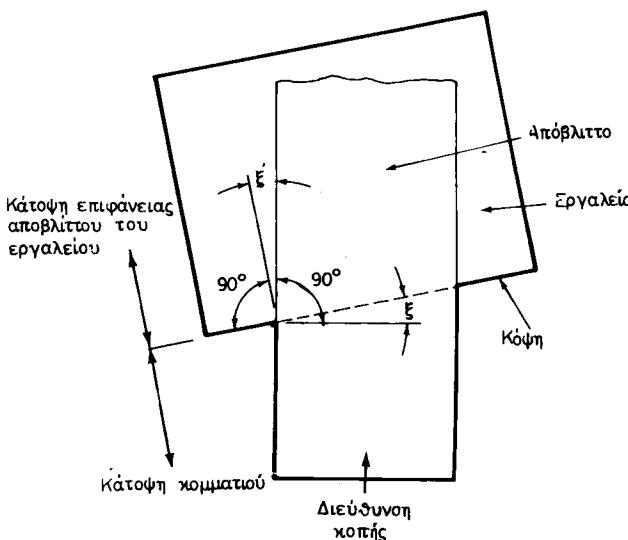
Σχ. 1.3a.
Το τυπικό έργαλείο τορνεύσεως.

1.3.1 Προτυποποίηση του έργαλείου τορνεύσεως.

A. Γενικά.

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε στις πιο βασικές από τις υπάρχουσες προδιαγραφές για τη γεωμετρική μορφή του τυπικού έργαλείου της τορνεύσεως (σχ. 1.3a) και πιο συγκεκριμένα στην προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποιήσεως και στη βρετανική, 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. 1.1.1) δεδομένου ότι το έργαλείο της τορνεύσεως, με το οποίο θα ασχοληθούμε, είναι τυπικό έργαλείο λοξής κοπής.

Στη λοξή κοπή (σχ. 1.3β, 1.1α), αν θεωρήσουμε ότι το πλάτος του αποβλίτου παραμένει αμετάβλητο κατά το σχηματισμό του, τότε το απόβλιτο θα εκτραπεί από την κάθετη στην κόψη του εργαλείου κατά μία γωνία ξ' (τη **γωνία εκτροπής ή ροής** του αποβλίτου), που προκύπτει ιστη 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 αλλάζομε (να ελέγχομε) 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 δύσμενείς του επιδράσεις. Η δυνατότητα αυτή για έλεγχο της γωνίας εκτροπής του αποβλίτου αποτελεί βασικό πλεονέκτημα της λοξής κοπής.



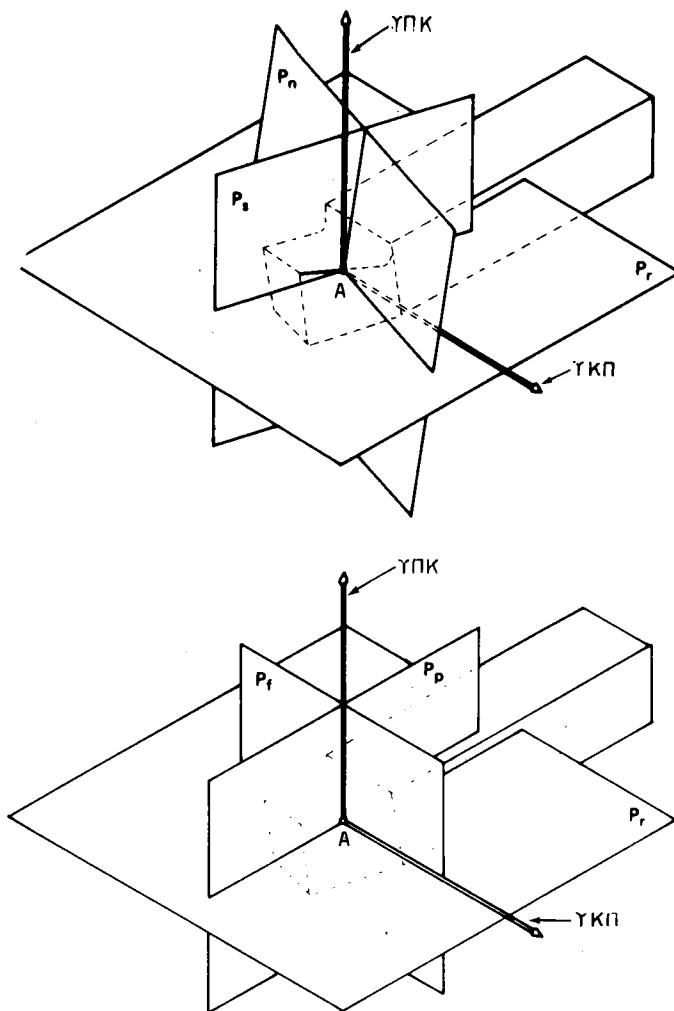
Σχ. 1.3β.

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

B. Το σχέδιο προδιαγραφής του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποιήσεως (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. 1.3α) βασίζονται στη γωνία αποβλίτου γ_η του εργαλείου, την οποία μετρούμε στο κάθετο στην κόψη επίπεδο (σχ. 1.3δ).

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 καθορίζουμε τη γεωμετρική μορφή του κοπικού εργαλείου για λόγους κατασκευής, τροχίσματος και ελέγχου των γωνιών του. Το άλλο, το **σύστημα των ένεργων επιπέδων αναφοράς** απαιτείται για τον καθορισμό της γεωμετρίας του εργαλείου κατά

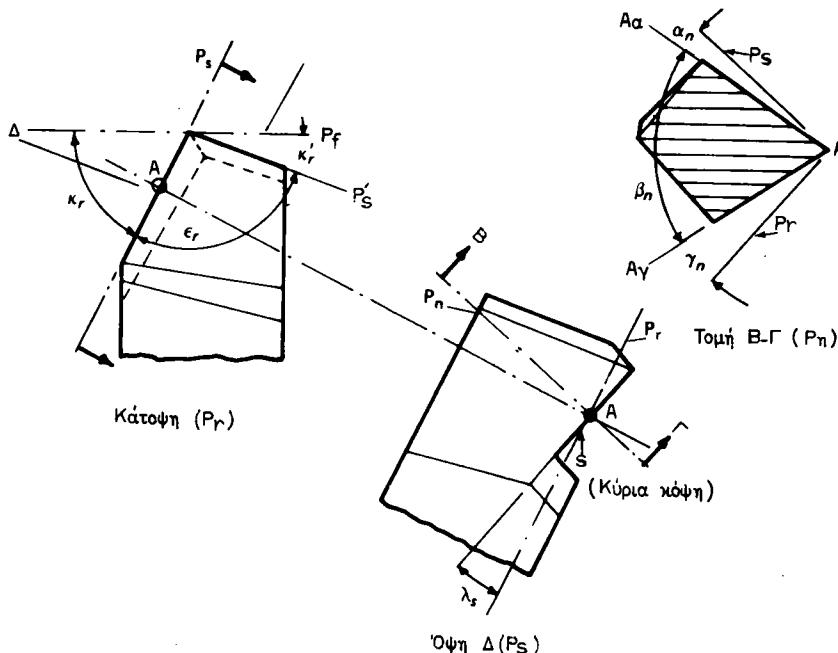


Σχ. 1.3γ.

Το σύστημα των ονομαστικών επιπέδων αναφοράς (γ_{PK} υποθετική πρωτεύουσα κίνηση, γ_{KP} υποθετική κίνηση προώσεως).

τη χρήση του. Εξ αιτίας δηλαδή της κινήσεως προώσεως κατά την εργασία του εργαλείου, αλλάζει η κατεύθυνση της συνισταμένης κινήσεως κοπής [παράγ. 4.2, σχ. 4.2β Μηχ. Τεχν. Β'] και από αυτό μεταβάλλεται το σύστημα των επιπέδων αναφοράς και οι ποικίλες γωνίες του εργαλείου.

Στο σχήμα 1.3γ εικονίζεται το σύστημα των ονομαστικών επιπέδων αναφοράς (με αυτό θα ασχοληθούμε μόνο εδώ) και στο σχήμα 1.3δ 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 και για την κίνηση προώσεως.



Σχ. 1.3δ.

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

Το σύστημα των ονομαστικών επίπεδων απαρτίζεται από τα ακόλουθα επίπεδα (σχ. 1.3γ):

α) Το επίπεδο αναφοράς του εργαλείου P_r : Επίδεδο διερχόμενο από τό τυχόν σημείο A της κόψης και παράλληλο προς την έδρα του στελέχους του εργαλείου.

β) Επίπεδο κόψης P_s : Επίπεδο που εφάπτεται στην κύρια κόψη S του εργαλείου και είναι κάθετο στο επίπεδο αναφοράς P_r .

γ) Κάθετο στην κόψη επίπεδο P_n : Επίπεδο κάθετο στην κόψη στο τυχόν σημείο της A.

δ) 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.

ε) 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:

α) Γωνία θέσεως της κύριας κόψης κ_r : Σχηματίζεται μεταξύ των επιπέδων P_s και P_f και μετριέται στο επίπεδο P_r .

β) Γωνία θέσεως δευτερεύουσας κόψης κ'_r : Σχηματίζεται ανάμεσα στα επίπεδα

P_s' (επίπεδο εφαπτόμενο στη δευτερεύουσα κόψη και κάθετο στο έπίπεδο αναφοράς P_r) και P_f .

γ) Περιεχόμενη γωνία ϵ_r : Σχηματίζεται ανάμεσα στα επίπεδα P_s και P_s' μετρούμενη στο επίπεδο P_r .

δ) Γωνία λοξότητας της κόψης λ_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 γ_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 β_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 α_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 αναπτύχθησαν, σε ό,τι άφορά τα συστήματα επιπέδων αναφοράς, διαφέρει όμως ως προς τον ορισμό της γωνίας αποβλίτου του εργαλείου. Προτυποποιεί τη **βασική γωνία αποβλίτου γ σε κάθετο όμως επί το επίπεδο κόψης επίπεδο** (σχ. 1.3ε). Προβλέπει ακόμα και αλλες δύο γωνίες αποβλίτου: την **πλευρική γωνία αποβλίτου** γ_x στο ύποθετικό ενεργό επίπεδο P_f και την **οπίσθια γωνία αποβλίτου** γ_y σε επίπεδο κάθετο στο υποθετικό ενεργό επίπεδο.

Οι διάφορες ονομαστικές γωνίες του εργαλείου εικονίζονται στο σχήμα 1.3ε.

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

Προτυποποιούνται οι ακόλουθες γωνίες του κοπτικού εργαλείου (σχ. 1.3στ):

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 .

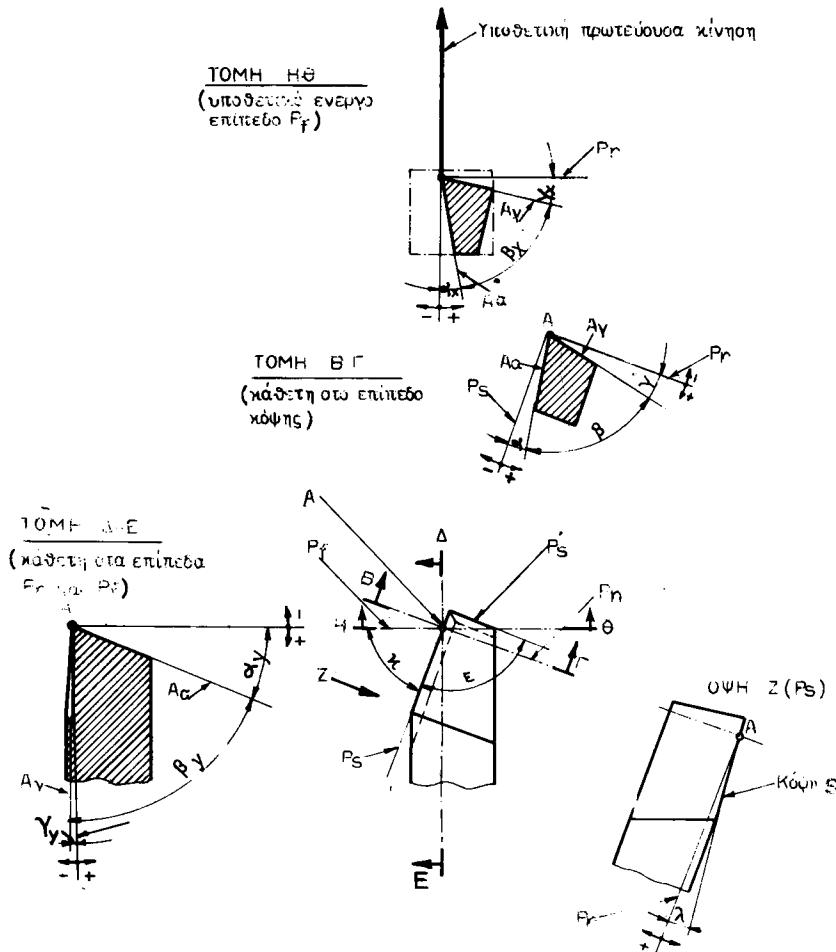
Προτυποποιείται ακόμα και η ακτίνα καμπυλότητας της μύτης του εργαλείου r_n .

Σύμφωνα με την αμερικανική αυτή προδιαγραφή, η γεωμετρική μορφή ενός εργαλείου τορνεύσεως χαρακτηρίζεται, όπως φαίνεται στο παράδειγμα της σελίδας 22.

1.3.2 Υλικά κοπτικών εργαλείων (συμπλήρωση).

Α. Χυτευτικά κράματα (στελλίτες).

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



Σχ. 1.3ε.

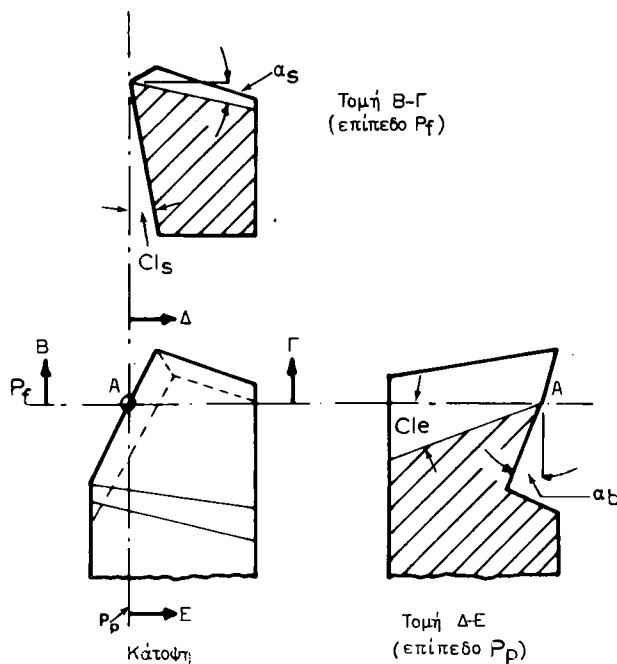
Οι ονομαστικές γωνίες του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως κατά τη γερμανική προτυποποίηση.

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 απαίτησεις για αντοχή στη φθορά από τριβή.

Ως τυπικά χυτευτικά κράματα κοπτικών εργαλείων αναφέρομε τα παρακάτω δύο:

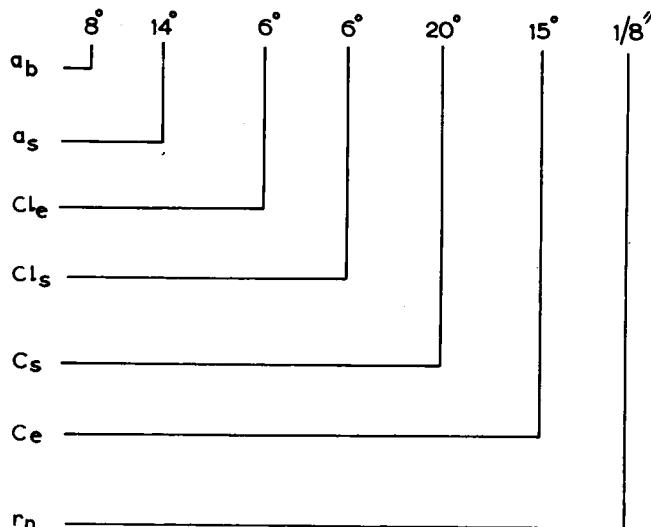
- α) $\pi(\text{Co}) = 53\%$, $\pi(\text{Cr}) = 31\%$, $\pi(\text{W}) = 10\%$ και $\pi(\text{C}) = 1,5\%$
- β) $\pi(\text{Co}) = 41\%$, $\pi(\text{Cr}) = 32\%$, $\pi(\text{W}) = 17\%$ και $\pi(\text{C}) = 2,5\%$

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



Σχ. 1.3στ.

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



Γεωμετρικά χαρακτηριστικά εργαλείου τορνεύσεως.

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 τό κριτήριο αυτό; να τα παρεμβάλλομε ανάμεσα στους ταχυχάλυβες και στα σκληρομέταλλα [παράγρ. 1.3.2 (B)].

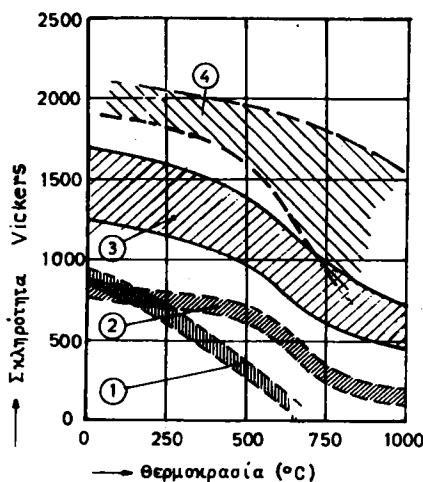
Τα χυτευτικά κράματα δεν υφίστανται θερμικές κατεργασίες και μορφοποιούνται σε κοπτικά εργαλεία με λείανση. Επειδή έχουν χαμηλή σχετικά μηχανική αντοχή και δυσθραυστότητα χρησιμοποιούνται πολύ περιορισμένα για ολόσωμα εργαλεία. Τα μεταχειρίζόμαστε όμως στη μορφή πλακιδίων για εργαλεία τορνεύσεως ή λεπίδων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

B. Σκληρομέταλλα (ή κεραμευτικά με καρβίδια).

1. Γενικά.

Πέρα από τα υλικά για κοπτικά εργαλεία που έχομε συναντήσει μέχρις εδώ, η κονιομεταλλουργία [παράγρ. 3.8, Μηχ. Τεχν. Β'] 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. 1.3ζ) σε σύγκριση με τους στελλίτες, τους ταχυχάλυβες και βεβαίως ακόμα περισσότερο σε σύγκριση με ανθρακούχους χάλυβες και τα λοιπά χαλυβοκράματα εργαλείων. Για παράδειγμα,



Σχ. 1.3ζ.

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 όμως γνωρίζομε (παράγρ. 1.2.2), 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 επιτυγχάνουμε 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 (4.4) - χαμηλότερες δυνάμεις και ισχύ κοπής, παράγρ. 1.6.2 και καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας, παράγρ. 1.1.2 (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. 3.8.2, Μηχ. Τεχν. Β'] 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 ή του μολυβδαινίου, που πυροσυσσωματώνονται με νικέλιο ή κράμα του νικελίου ως συνδετικό υλικό. Τα σκληρομέταλλα αυτά χρησιμοποιούνται στην τελική ίδιως 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 3.8.2 και τις φάσεις για την παραγωγή ενός κληρομετάλλου τις δώσαμε στό σχήμα 3.8α(α) του βιβλίου Μηχ. Τεχν. Β'.

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

a) 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 1.3.1).

* Βαθμοί σκληρότητας κατά τη μέθοδο δοκιμασίας Vickers.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.1
Προτυπωποίηση, ιδιότητες και εφαρμογές των σκληρομετάλλων.

Κατηγορίες	Ποιότητες	Διακριτικό χρώμα	Σύνθεση %			Σκληρότητα [VHN]	Πυκνότητα [g/cm³]	Κατεργαστα				ΜΣ	ΓΣΥ
			WC	TIC + TaC	Co			X	XX	ΦΧΣ	ΜΧΣ		
P	P01 ₃		51	43	6	1800	3,5	a,a	a,a				
	P10 ₂		65	26	9	1600	10,7	a	a,d				
	P20 ₂		76	14	10	1500	11,9	a,d	a,d				
	P25 ₁	Μπλε	70	20	10	1450	12,5	b,d	a,b,d				
	P30 ₁		82	8	10	1450	13,1	b,d	b,d				
	P40 ₁		74	12	14	1350	12,6	b,c	b,c				
M	M50 ₂		67	15	18	1250	12,4	b,c	b,c				
	M10 ₂		84	10	6	1700	13,1	a,d	a,d	a,d	a,d	a,b	
	M20 ₂		82	10	8	1550	13,3	a,b,d	a,b,d				
	M30 ₁		81	10	9	1450	13,4	b,c,d	b,c,d				
	M40 ₁		79	6	15	1300	13,6	b					
	K01 ₂		92	4	4	1800	15,0	a ³	a	a,c,d,e	a,c,d,e		
K	K05 ₂		91	3	6	1750	14,5	a ³	a,e,d	a	a		
	K10 ₁	Κόκκινο	92	2	6	1650	14,8	a ³	a,b,d	a	a		
	K20 ₁		92	2	6	1550	14,8	b ³	a - e	a - e	b		
	K30		91	-	9	1400	14,6		b - e	b - e	b		
	K40		88	-	12	1300	14,3		a - d	a - d	a - d		

Κατά τη φορά του τόξου 1: Αύξηση σκληρότητας ανοχής σε φθορά, ταχύτητας κομής. Ελάττωση της διασθραυστότητας.
Κατά τη φορά του τόξου 2: Αύξηση διασθραυστότητας ταχύτητας προώσσεως. Ελάττωση σκληρότητας ανοχής σε φθορά, ταχύτητας κομής.

Χ: Χάλιμες XX: Χυτοχάλιμες, ΦΧΣ: Φαιστ. Χυτοσίδηροι.
ΜΧΣ: Μαλακτικοποιητέναι χυτοσίδηροι, ΛΧΣ: Λευκός χυτοσίδηρος.
ΜΣ: Μη σιδηρούχα μεταλλα και κρύστατα, ΓΣΥ: Πλαστικές συνθετικές ύλες.
α: Τόρνευση αποπερατώσεως έως τόρνευση μέσης κατεργαστας.
β: Τόρνευση εγκονδρίσεως έως τόρνευση μέσης κατεργαστας.
γ: Πλάναρα, δ: Φρακάδρισμα, ε: Εσωτερική τόρνευση.
ζ: Χάλιμες καπασιτεύων με σΒ < 50 kp/mm².

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 1.3.1 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 πώση της δυσθραυστότητάς του.** Αντίθετα, **αύξηση** των αριθμών ποιότητας (φορά βελών στον Πίνακα 1.3.1 προς τα κάτω) **συνεπάγεται μείωση της σκληρότητας και της αντοχής του σκληρομετάλλου σε φθορά από τριβή και αύξηση της δυσθραυστότητάς του.**

Στον Πίνακα 1.3.1 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. 1.3.2 (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 1.3.1) 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:

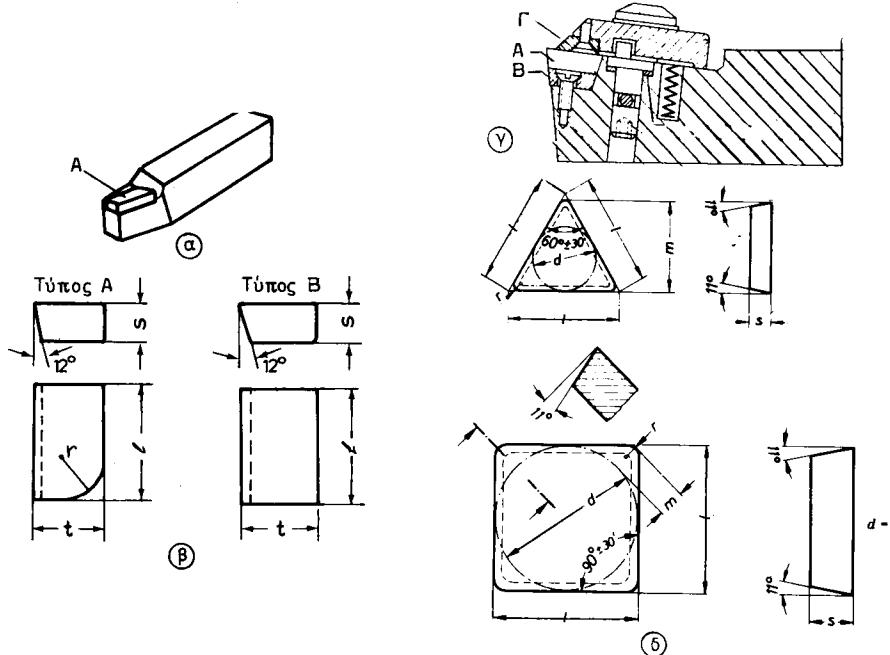
α) Τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας P κατά DIN 4990 και τα ισοδύναμα τους κατά την αμερικανική προτυποποίηση χρησιμοποιούνται για την κατεργασία κατά κύριο λόγο χαλύβων, χυτοχάλυβα και μαλακτικοποιημένου χυτοσιδήρου.

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 1.3.1 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, χυτοσίδηροι, μη σιδηρούχα μετάλλα και κράματα κλπ.).



Σχ. 1.3η.

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 ενθέτων πλακιδίων.

Τα σκληρομέταλλα προσφέρονται στο εμπόριο με τη μορφή πλακιδίων σε προτυποποιημένα σχήματα και μεγέθη (σχ. 1.3η).

Το πλακίδιο (για κοπτικά εργαλεία με μια κύρια κόψη) ή τα πλακίδια (για εργαλεία με πολλές κύριες κόψεις, όπως είναι π.χ. οι φραιζες) είτε επικολλούνται σε κατάλληλο στέλεχος η σώμα με ψυχρή κόλληση [επικολλούμενο πλακίδιο, σχ. 1.3η(α)] είτε προσαρμόζονται με μηχανικά μέσα [ένθετο πλακίδιο, σχ. 1.3η(γ)].

Τα εργαλεία με ένθετα πλακίδια πλεονεκτούν σημαντικά έναντι των έργαλείων 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), χω-

ρίς να απαιτείται αφαίρεση του έργαλείου 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 πολυκρυσταλλικά 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 βλέπουμε στο σχήμα 1.3ξ, 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. 1.1β) 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. 4.3 (ΣΤ), Μηχ. Τεχν. Β'] που χρησιμοποιούνται στους λειαντικούς τροχούς, στα σμυριδόπανα, στα σμυριδόχαρτα κ.α.

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: B₄C σε κρυσταλλική μορφή

1.3.3 Ερωτήσεις.

1. Να μνημονεύσετε τα τρία πιο σπουδαία υλικά, με τα οποία κατασκευάζομε κοπτικά εργαλεία.
2. Να σχεδιάσετε προσπικά το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως μαζί με την ονοματολογία του.
3. Να σχεδιάσετε το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως σε κάποψη και να σημειώσετε με τά σύμβολα τους τη γωνία θέσεως της κύριας και δευτερεύουσας κόψης, όπως και την περιεχόμενη γωνία σύμφωνα με το σύστημα προτυποποιήσεως 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 εργαλείων;
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 οποίες 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 εργαλείων;

1.4 Φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου.

1.4.1 Γενικά.

Κατά την κοπή των μετάλλων, οπως γνωρίζουμε, το κοπτικό εργαλείο υπόκειται σε ψηλές θερμοκρασίες των οποίων η διανομή μάλιστα παρουσιάζει απότομες μεταβολές (σχ. 1.2β), 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. 1.5.2(A)] 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. 1.5.2(B)]. Κάτω 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 πάει 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. 1.4a(A)].

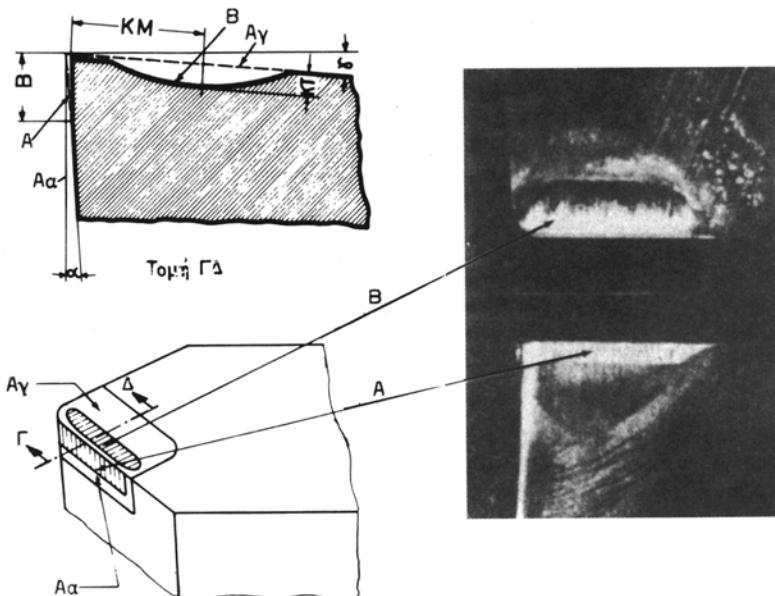
β) Στη δημιουργία φθοράς επάνω στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου, την οποία θα καλέσομε **φθορά κρατήρα** [σχ. 1.4a(B)] από τη χαρακτηριστική μορφή, την οποία πάρνει.

γ) Στην απολέπιση του εργαλείου στην κόψη του και στην επιφάνεια αποβλίτου κατά τον τεμαχισμό της ψευδόκοψης [παράγρ. 1.1.2(3)].

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

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. 1.4a.

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.

1.4.2 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 τριβής [παράγρ. 1.5.2 (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 κομματίου.

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 ψευδόκοψης 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 εξασθενίστηκε 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 αναπτύσσεται.

B. Η ζώνη φθοράς [σχ. 1.4a(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. 1.1α) 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. 1.4α(Β)].

Στην επιφάνεια αποβλίτου του εργαλείου σχηματίζεται με την πρόοδο 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. 1.4.2 (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.

1.4.3 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 ωφέλιμη (ή ενεργό) την 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 αποβλίτου, μήκους κατεργασμένης επιφάνειας ή σε αριθμό κατεργασμένων κομματιών κλπ.).

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

* Με τον όρο αυτό εννοούμε μαζί τις συνθήκες κοπής (ταχύτητας κοπής, πρόωση και βάθος κοπής, παράγρ. 4.2 Μ.Τ.Β'), 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 κριτηρίου αστοχίας του εργαλείου εξαρτάται από τη συγκεκριμένη περίπτωση κατεργασίας. Φια 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 θέσουμε ως κριτήριο του κοπτικού εργαλείου ένα ανώτερο όριο για την τραχύτητα ή την ανοχή των διαστάσεων του κομματιού ή για το πλάτος φθοράς B.

B. Η σχέση του Ταίυλορ (Taylor).

Ο αμερικανός μηχανικός Ταίυλορ 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:

$$u \cdot T^n = C \quad \text{ή} \quad T \cdot u^{1/n} = C^{1/n} = C' \quad (1.2)$$

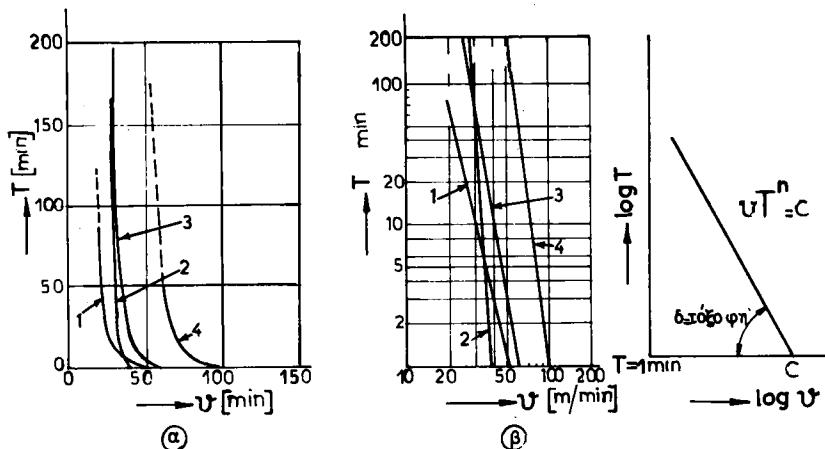
όπου u είναι η ταχύτητα κοπής σε m/min , T η ζωή του εργαλείου σε min (με κριτήριο αστοχίας τη στόμωση της κόψης) και όπου η C είναι εκθέτης και C' σταθερά, που εξαρτώνται από το υλικό του κομματιού και του εργαλείου, από τις συνθήκες κοπής, από τη γεωμετρική μορφή του εργαλείου και από το υγρό κοπής. Όπως προκύπτει από τη σχέση (1.2), η σταθερά C πάριστανε την ταχύτητα κοπής για ζωή του εργαλείου ίση με 1 min ($T = 1 min$, $u = C$).

Γενικά η σχέση Ταίυλορ παίρνει τη μορφή του σχήματος 1.4β(α) σε γραμμικές συντεταγμένες και παρουσιάζεται ως ευθεία γραμμή σε λογαριθμικές συντεταγμένες [σχ. 1.4β (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 Ταίυλορ με την προσθήκη του δείκτη B στο T, η και C, ακριβώς για να υποδηλωθεί το κριτήριο αστοχίας, δηλαδή:

$$u \cdot T_B^{nB} = C_B$$

Η σταθερά C_B ορίζεται όπως η σταθερά C στη σχέση (1.2), δηλαδή για $T_B = 1 min$.



Σχ. 1.48.

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

Οι συνηθισμένες τιμές του B , 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 γνωρίζουμε [παράγρ. 1.1.4], αύξηση στη γωνία αποβλίτου του εργαλείου έχει ευνοϊκά αποτελέσματα στην κοπή, άρα και στη ζωή του εργαλείου. Αυτό όμως ισχύει μέχρι ένα δριο στην τιμή της γωνίας αποβλίτου. Και τούτο, γιατί, αν μεγαλώσει υπέρμετρα η γωνία αυτή, τότε θα ελαπτωθούν 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 αποβλίτου του εργαλείου. Πιο συγκεκριμένα, π.χ. για τόρνευση ξεχονδρίσματος σκληρού χάλυβα με εργαλείο από ταχυχάλυβα και από σκληρομέταλλο η βέλτιστη τιμή της γωνίας αποβλίτου παίρνεται 14° 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 έξασθένιση του έργαλείου. Συνιστώμενες τιμές της γωνίας α είναι κατά μέσο όρο 8° για εργαλείο από ταχυχάλυβα και 6° για εργαλείο από σκληρομέταλλο.

3. Το υλικό του εργαλείου.

Είδαμε στή Μηχ. Τεχν. Β' [παράγρ. 3.5.3 και 5.3.2 (Β)] ότι οι ταχυχάλυβες και τα σκληρομέταλλα κατά κύριο λόγο και κατόπι τα κεραμευτικά από πυρίμαχα οξείδια βρίσκουν ευρύτατη χρησιμοποίηση στην πράξη ως υλικά για κοπτικά εργαλεία. Από τα υλικά αυτά τα πιο ευαίσθητα (σε ό,τι αφορά τη διατήρηση της σκληρότητας 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 ευαίσθησία αυτή των υλικών για κοπτικά εργαλεία σε μεταβολές της ταχύτητας κοπής έκφραζεται με τον εκθέτη $1/n$ της ταχύτητας κοπής στη σχέση (1.2). 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 n 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 οξείδια.

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, παράγρ. 3.3.2, Μηχ. Τεχν. Β'], η σκληρότητα, η ι-

κανότητά 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 μορφοποίησεως ενός υλικού με κατεργασίες κοπής, αναφορικά όμως προς κάποιο ή κάποια κριτήρια, την ονομάσαμε **κατεργαστικότητα** [Μ.Ε., παράγρ. 2.4(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 όγκου αφαιρούμενου υλικού είναι χαμηλό κλπ. Ακόμα, αν το απόβλιττο απομακρύνεται εύκολα από τη θέση κοπής ή αν η ακρίβεια διαστάσεων πού 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 τίποι και με κριτήριο τη στόμωση του εργαλείου. Ο συμβολισμός π.χ. u_{60} ή 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:

$$\Delta = \frac{u_{60}}{u_{600}} \times 100 \quad [\%] \quad (1.4)$$

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 στή φθορά και στη ζωή του κοπτικού εργαλείου [παράγρ. 1.5.2 , σχ. 1.5β].

1.4.4 Ερωτήσεις.

1. Τι ονομάζομε **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 Ταινίλορ και τι μας λέγει;
7. Πώς επιδρά στη ζωή του κοπτικού εργαλείου η πρόωση 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 $\text{U}_{1,2,3}$;

1.5 Υγρά κοπής.

1.5.1 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. 1.5.2 (Β)] είτε ως **ψυκτικό** [παράγρ. 1.5.2(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 επίφανεια επαφής εργαλείου και κομματιού σε περιπτώσεις που αναπτύσσεται σημαντική σχετικά ζώνη φθοράς, παράγρ. 1.4.2 (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. 1.2.1] μέσω της **ψυκτικής δράσεως** του υγρού κοπής.

γ) Μείωση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου (και επιμήκυνση της ζωής του) έμμεσα, ως αποτέλεσμα της ελαττώσεως 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.

στ) 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 ένα 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. 1.5.3 (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 εκλέγοντάς κάθε φορά υγρό κοπής με κατάλληλες ιδιότητες.

Τα υγρά κοπής που μεταχειρίζομαστε είτε είναι **γαλακτώματα** [παράγρ. 1.5.3 (Γ) (1)] είτε **απλά λάδια κοπής** [1.5.3. (B) (1)] είτε **λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πιέσεως** [παράγρ. 1.5.3. (B) (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.

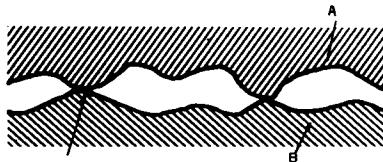
1.5.2 Οι δράσεις του υγρού κοπής.

A. Ο μηχανισμός της τριβής ολισθήσεως.

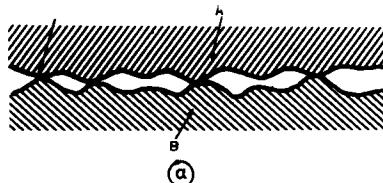
Πριν να προχωρήσουμε στην ανάλυση του μηχανισμού δράσεως του υγρού κοπής ως λιπαντικού, θεωρούμε απαραίτητο να μιλήσουμε πολύ σύντομα για την αντίληψη που επικρατεί σήμερα σχετικά με το φαινόμενο της τριβής ολισθήσεως δύο τριβόμενων μεταλλικών επιφανειών Α και Β (σχ. 1.5a).

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. 1.5a (a)], που προέρχονται από την κατεργασία, όσο μικρές και αν είναι

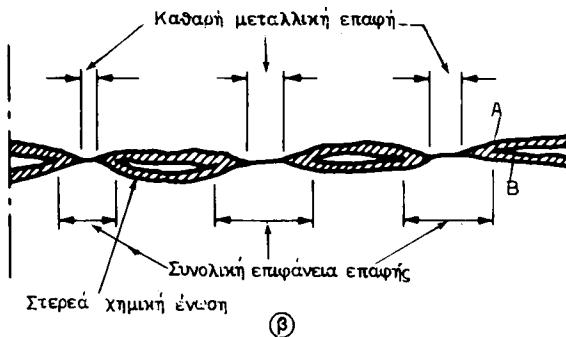
αυτές. Επειδή οι επιφάνειες αυτές επαφής των εξοχών είναι στοιχειώδεις, οι ασκούμενες εκεί πιέσεις είναι ψηλές (ξεπερνούν το όριο διαρροής του υλικού των εξοχών) και λαμβάνει έτσι χώρα πλαστική παραμόρφωση του υλικού. Με την πλαστική αυτή ροή του υλικού οι επιφάνειες επαφής απλώνονται τόσο, όσο χρειάζεται 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.



Θέσεις καθαρής μεταλλικής επαφής,
όπου σχηματίζονται συγκολλητικά δεσμοί



(a)



Σχ. 1.5a.

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 Α σε σχέση προς την άλλη Β, **καταστρέφονται (λύνονται) οι συγκολλητοί μικροδεσμοί** (και καθώς λύνονται συγκολλητοί δεσμοί, άλλοι δημιουργούνται με την πρόσοδο της ολισθήσεως) **με διάτηση** 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. 1.4(2) (Α)] και ορισμένες τέλος εξοχές των επιφανειών **αλληλοεμπλέκονται** μεταξύ τους. Από όσα 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, όση 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 παρατηρθεί ότι λαμβάνει χώρα η λεγόμενη **συνοριακή τριβή** (σύναντούμε και τον όρο **συνοριακή λίπανση**, που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει λίπανση υπό συνθήκες συνοριακής τριβής).

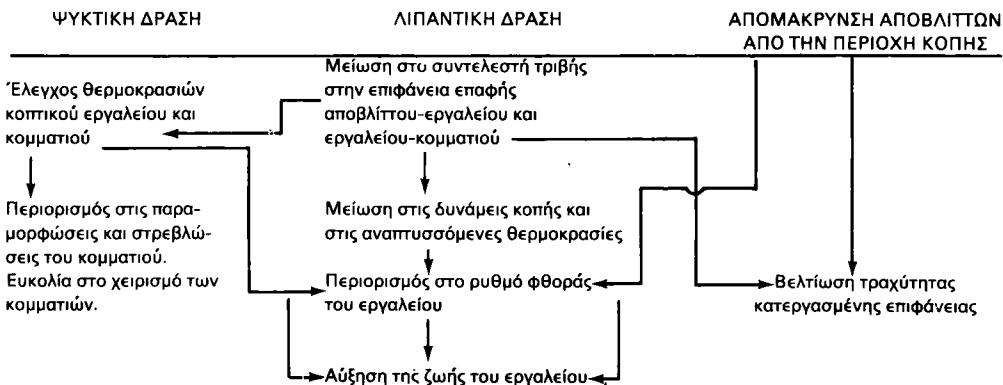
Η συνοριακή τριβή παρουσιάζεται υπό δύο μορφές: Είτε μόρια του λιπαντικού (αν αυτό π.χ. είναι λιπαρό έλαιο) προσκολλούνται στις τριβόμενες επιφάνειες με **φυσική** ή με **χημική προσρόφηση** (με μοριακό ή χημικό δεσμό αντίστοιχα) είτε σχηματίζεται μεταξύ των επιφανειών λεπτό στρώμα (**συνοριακό στρώμα ή στιβάδα**) μιας στερεάς χημικής ενώσεως [αν το λιπαντικό περιέχει **πρόσθετα ψηλής πέσεως** [παράγρ. 1.5.3 (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. 1.5a (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) **επιτυχάνομε 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. 1.4.2 (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 έπικρατούν 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 πινέπειες (σχ. 1.5β):



Σχ. 1.5β.

α) Αύξηση στη γωνία διατμήσεως [παράγρ. 1.1.4] 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 κοπτικού εργαλείου ως επακόλουθο της μειώσεως των θερμοκρασιών [(a) παραπάνω] και

γ) καλλιτέρευση στην τραχύτητα επιφάνειας του κομματιού μέσω περιορισμού (η και εξαφανίσεως ακόμα) της ψευδόκοψης [παράγρ. 1.1.2 (B)].

Η λιπαντική δράση του υγρού κοπής, όπως την έχουμε 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 απόβλιττο.

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 συντελούν 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. 1.5β)· 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.

1.5.3 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 έχουμε 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. 1.5.3 (Β)].

- Χημικώς μη ενεργά ή απλά λάδια κοπής.
- Χημικώς ενεργά ή λάδια κοπής με πρόσθετα ψηλής πιέσεως.

b) **Υδατικά υγρά κοπής** [παράγρ. 1.5.3 (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.

α) **Λιπαρά λάδια.** Περιέχουν ασυμμετρικά πολικά μόρια μακριάς αλυσίδας και προσκολλούνται επάνω στις μεταλλικές επιφάνειες με φυσική ή χημική προσρόφηση [παράγρ. 1.5.2 (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 πιέσεως.

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 πιέσεως**. 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 1.5.2 (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 γαλακτοματοποιήσεως** και από μία **αντισκωριωτική ουσία**. Ο παράγοντας γαλακτοματοποιήσεως 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 βόρακα ή τριφωσφορικού νατρίου. Είναι εξαίρετα από ψυκτική άποψη και προφυλάσσουν το κατεργαζόμενο κομμάτι και την εργαλειομηχανή από την οξείδωση.

Ως τυπικό σύγχρονο υδατικό διάλυμα αναφέρομε εκείνο με νιτρώδες νάτριο και προσθήκη τριεθανολαμίνης.

1.5.4 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 m/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 ενδέκνυται 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:

- α) 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, δύναται είδαμε στη Μηχ. Τεχν. Β', παρουσιάζουν διαφορετικό **βαθμό δυσκολίας** κατά την εκτέλεσή τους. Η σπειροτόμηση [σχ. 4.3β (α) (4) Μ.Τ.Β'] 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 προοδευτική φθορά του σπειροτόμου. Η θερμότητα που παράγεται είναι μεγάλη και οι θερμοκρασίες ψηλές και υπό δε χρησιμοποιήθει 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. 4.3 (Δ)], σπειροτόμηση, κοπή οδοντώσεων, γλύφανση [σχ. 4.3β (α) (2)], τρυπάνισμα [παράγρ. 4.3 (β)], φραιζάρισμα [παράγρ. 4.3(Ε)], πλάνισμα [παράγρ. 4.3 (Γ) Μ.Τ.Β'], τόρνευση και πριόνισμα.

Η κατεργαστικότητα [παράγρ. 1.4.3 (Γ) (4)] του υλικού του κατεργαζόμενου κομματιού είναι αποτελεσματικός παράγοντας στην εκλογή του λιπαντικού. Όσο πιο δυσκατέργαστο είναι 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 κάμομε 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 μεταχειρίζομαστε έίτε λάδια κοπής (χημικώς μη ενεργά ή χημικώς ενεργά) έίτε 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 μεταχειρίζομαστε 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 πο 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 δερματίτιδας, 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 μεταχειρίζομαστε 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.

1.5.5 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 πώς 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 μεταχειρίζόμαστε 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;

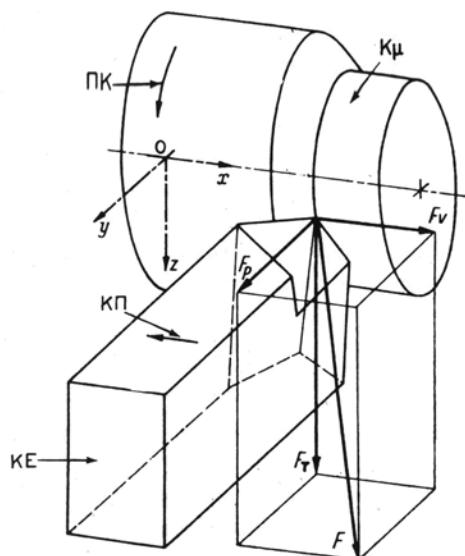
1.6 Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής.

1.6.1 Γενικά.

Είδαμε στην παράγραφο 1.1.3 και στο σχήμα 1.1α το σύστημα των δυνάμεων στην ορθογωνική κοπή. Στη λοξή κοπή η δύναμη κοπής αναλύονται σε τρεις συνιστώσες κατά μήκος τριών αξόνων κάθετων ανάμεσα τους (Ox, Oy, Oz). Στο σχήμα 1.6α εικονίζεται μια τέτοια ανάλυση της δυνάμεως κοπής για τη διαμήκη εξωτερική τόρνευση [σχ. 4.3α(α)(1), Μηχ. Τεχν. Β'].

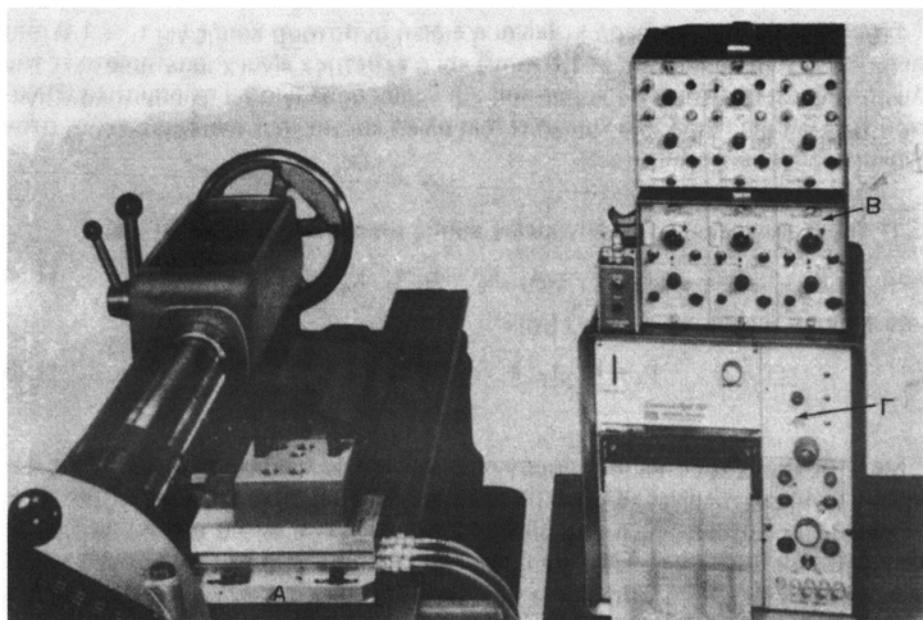
Η γνώση των δυνάμεων κοπής παρουσιάζει ενδιαφέρον τοσο στους κατασκευαστές εργαλειομηχανών για τη σχεδίαση γενικά κάθε εργαλειομηχανής, όσο και στους χρήστες για την εκμετάλλευσή της. Τους τελευταίους ενδιαφέρει ιδιαίτερα η γνώση της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής (F_t , στην ορθογωνική κοπή, σχ. 1.1α ή F_t στην τόρνευση, σχ. 1.6α) 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 1.6β 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. 1.6α.

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, Κμ κομμάτι, ΚΕ κοπικό εργαλείο).



Σχ. 1.6β.

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).

1.6.2 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^2 δίνεται από τη σχέση:

$$k_s = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_1}{b_1 t_1} \quad (1.5)$$

όπου F_1 σε kp είναι η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής και A_1 σε mm^2 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:

$$k_s = k_1 \cdot t_1^{-z} \quad (1.6)$$

Στον τύπο αυτό η σταθερά k_1 (είναι η ειδική αντίσταση κοπής για $t_1 = 1,0 \text{ mm}$ και $b_1 = 1,0 \text{ mm}$, δηλαδή $A_1 = 1,0 \text{ mm}^2$) και ο εκθέτης z είναι χαρακτηριστικές του υλικού του κατεργαζόμενου κόμματού και έχουν υπολογισθεί πειραματικά (Πίνακας 1.6.1) για μια σειρά από τυπικά τέτοια υλικά και για τους αναφερόμενους στον πίνακα παράγοντες κοπής.

Η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$F_1 = A_1 \cdot k_s = b_1 \cdot t_1 \cdot k_s \quad (1.7)$$

ή αν λάβομε ύποψη τη σχέση (1.6):

$$F_1 = b_1 \cdot t_1 \cdot k_1 \cdot t_1^{-z} = b_1 \cdot k_1 \cdot t_1^{1-z} \quad (1.8)$$

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. 1.1.4] και η ταχύτητα κοπής μεγαλώνουν. Το υγρό κοπής ασκεί ευνοϊκή επίδραση στην κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής στις χαμηλές σχετικές ταχύτητες κοπής [παράγρ. 1.5.2 (β), σχ. 1.5β].

Τώρα από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής F_1 σε kp [σχέση (1.8)] και την ταχύτητα κοπής υ σε m/min είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την ισχύ κοπής N_k σε PS ή σε kW από τις σχέσεις:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.6.1

Τιμές της σταθεράς k_1 και του $(1 - z)$ της σχέσεως (5.8), δύος και τιμές της ειδικής αντιστάσεως κοπής k_2 για δίσφορα υλικά και τιμές του θεωρητικού πόχου αποβλίτου.

	Υλικό κομματού	σ_B [kp/mm ²] η BHN*	1 - z	k_1 [kp/mm ²]	k ₂ [kp/mm ²] για θεωρητικό πόχος αποβλίτου σε πιν						
					0,06	0,1	0,13	0,25	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	435	383	340	302	286	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	361	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	0,76	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 Μαλακτικοποιημένος	0,74 0,74	116 127	236 258	211 230	187 184	166 184	147 164	130 144	116 127	103 113
Χαρκού Κρατέρωμα Ορείχαλκος											
Kρατήτρα											

* Σεληνόβραχτα σε βαθμούς Brinell.

$$N_k = \frac{F_1 \cdot u}{4500} \text{ [PS]}$$

$$\text{ή} \quad N_k = \frac{F_1 \cdot u}{6120} \text{ [kW]} \quad (1.9)$$

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 , του Πίνακα 1.6.1) 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 επιφέρουμε διορθώσεις στη συνιστώσα F_1 , [σχέση (1.7) ή (1.8)], εισάγοντες κατάλληλους συντελεστές διορθώσεως, ως εξής:

$$F_{1\delta} = (K_u \cdot K_y \cdot K_e \cdot K_\phi) \cdot F_1 \quad (1.10)$$

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_ϕ : συντελεστής διορθώσεως λόγω φθοράς του εργαλείου.

Σχετικά με τις τιμές παίρνουν οι συντελεστές αυτοί διορθώσεως της συνιστώσας F_1 προσθέτομε τα ακόλουθα:

Ο συντελεστής διορθώσεως K_u υπολογίζεται από την καμπύλη του σχήματος 1.6γ συναρτήσει της ταχύτητας κοπής.

Ο συντελεστής διορθώσεως K_y προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$K_y = 1 - \frac{Y - Y_0}{66,7} \quad (1.11)$$

όπου $Y_0 = 6^\circ$ για χάλυβες και $Y_0 = 2^\circ$ 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_ϕ κυμαίνεται από 1,3 μέχρι 1,5 ανάλογα με το κριτήριο αστοχίας του εργαλείου που χρησιμοποιούμε [παράγρ. 1.4.3]. Αν π.χ. εφαρμόζουμε ως κριτήριο αστοχίας τη στόμωση της κόψης του εργαλείου μπορούμε να εκλέγουμε $K_\phi = 1,5$, ενώ αν πάρομε ως κριτήριο αστοχίας κάποια καθορισμένη τιμή στο πλάτος φθοράς είναι δυνατό να λάβομε μικρότερη τιμή για το συντελεστή K_ϕ .

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 (1.9) 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:

$$N_0 = \frac{N_k (\text{ή } N_{k\delta})}{\eta} \quad (1.12)$$

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. 1.1α (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 κοπικό 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 $N_{k\delta}$ και από αυτή η ονομαστική ισχύς N_0 του τόρνου, στον οποίο θα εκτελέσουμε την κατεργασία.

Το πρώτο βήμα που κάνουμε 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 1.6.1 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 (1.6), αφού λάβομε τις τιμές της σταθεράς k_1 και του z για το δοσμένο χάλυβα Ck45 από τον Πίνακα 1.6.1, δηλαδή $k_1 = 222 \text{ kp/mm}^2$ και $z = 0,14$. Έτσι καταλήγουμε στην αριθμητική σχέση:

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

από την οποία, λογαριθμίζοντας την, παίρνομε:

$$\begin{aligned} \text{λογ } k_s &= \text{λογ } 222 - 0,14 \times \text{λογ } (0,2) = 2,3464 - 0,14 \times 1,3010 \\ \text{λογ } k_s &= 2,3464 - 0,14 (-1,000 + 0,3010) = 2,3464 + 0,14 - 0,14 \times 0,3010 = \\ &= 2,3464 + 0,14 - 0,04214 = 2,4443 \end{aligned}$$

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 ή πήραμε από τον Πίνακα 1.6.1 χρησιμοποιώντας τη σχέση (1.7), 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_ϕ σύμφωνα με τα στοιχεία που έχομε δώσει. Έτσι βρίσκομε:

$$K_u = 1,15 \text{ για } u = 40 \text{ m/min} \text{ από την καμπύλη του σχήματος 1.6γ.}$$

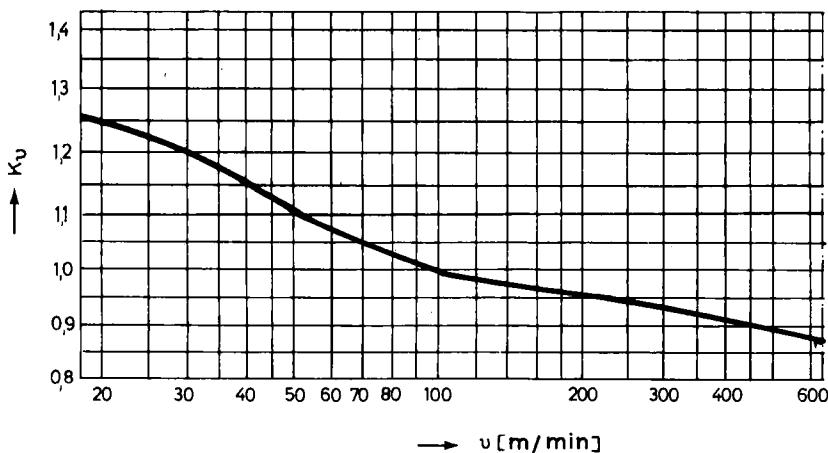
$$K_y = 1 - \frac{14 - 6}{66,7} = 1 - \frac{8}{66,7} = 1 - 0,12 = 0,88 \quad [\text{σχέση (1.11)}]$$

$K_\epsilon = 1,0$ 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. 1.6g.

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

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

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

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

Εκλέγοντας συνολικό μηχανικό βαθμό αποδόσεως του τόρνου $\eta = 0,70$ υπολογίζομε τελικά την ονομαστική ισχύ του [σχέση (1.12)]:

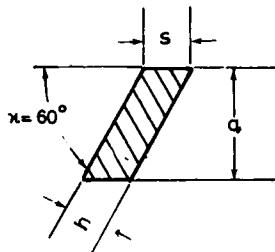
$$N_q = \frac{3,47}{0,70} = 4,96 \text{ PS} \simeq 5,0 \text{ PS}$$

$$\eta \quad N_0 = \frac{2,64}{0,70} = 3,80 \text{ kW}$$

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

1.6.3 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 σ νιστώσα 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 πρόωση $s = 0,4 \text{ mm/στρ}$. Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου παίρνει κατά την τόρνευση τη μορφή του σχήματος:



Ζητούμε να προσδιορισθούν:

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

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

2.1 Τα κύρια μέρη μιας εργαλειομηχανής κοπής.

Είδαμε στην παράγραφο 4.2 (Μ.Τ.Β*), ότι κάθε μία από τις κατεργασίες κοπής εκτελείται σε ειδικά γι' 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. 2.1):

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 έδρανα της. Στα σχήματα 4.3α(γ), 4.3β(γ), 4.3γ(β), 4.3δ(β), 4.3στ(β), (δ) Μ.Τ.Β' κ.α. εικονίζονται σχηματικά τα ποικίλα δομικά στοιχεία των βασικών εργαλειομηχανών κοπής, ενώ στα σχήματα 1.1γ ως 1.1ια Μ.Τ.Β' τα βλέπομε σε φωτογραφίες πραγματικών εργαλειομηχανών.

β) **Τα στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως**. Είναι μηχανισμοί που πραγματοποιούν την πρωτεύουσα κίνηση και την κίνηση προώσεως (σχ. 4.2β Μ.Τ.Β') 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 διακοπόμενης κινήσεως ή μηχανισμοί για την υλοποίηση βοηθητικών κινήσεων. Οι σύγχρονες εργαλειομηχανές παίρνουν συνήθως την κίνηση τους από ξεχωριστό κατάλληλο ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 2.4.1) ή από περισσότερους ηλεκτροκινητήρες [π.χ. από δύο, σχ. 2.1(β)].

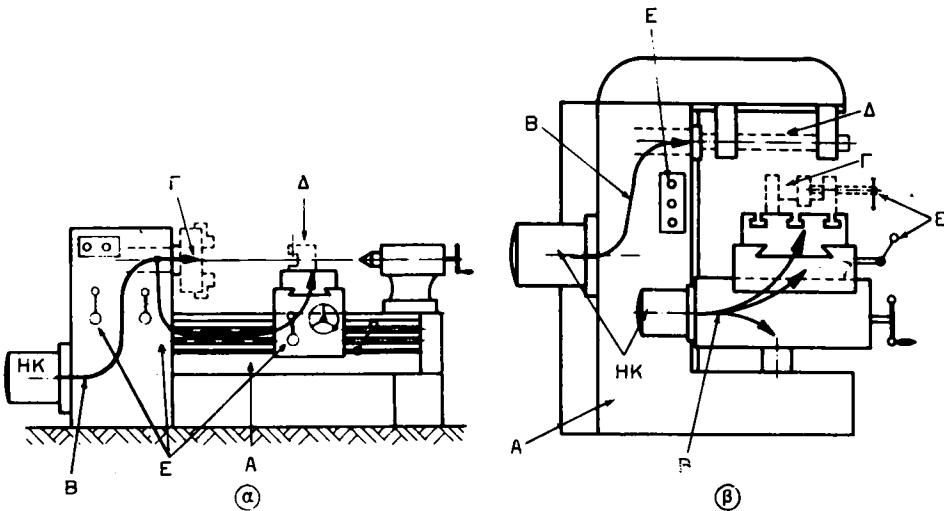
γ) **Τα ποικίλα εξαρτήματα, συσκευές και διατάξεις για την πρόσδεση των κοπτικών εργαλείων και των κομματιών και**

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 Μ.Τ.Β' εικονίζεται μια 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. 2.3) και της ηλεκτρικής μεταδόσεως κινήσεως (παράγρ. 2.4.2).

Στο σχήμα 2.1 βλέπομε σχηματικά τα κύρια μέρη ενός τόρνου και μιας φραιζομηχανής, όπως και τη ροή της κινήσεως στις-εργαλειομηχανές αυτές.

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

* Μηχανουργική Τεχνολογία Β' Τεχνικού Λυκείου.



Σχ. 2.1.

Τα κύρια μέρη α) Ενός τόρνου. β) Μιας φραιζομηχανής. (ΗΚ πλεκτροκινητήρας, 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 διεπίστωση ότι μια εργαλειομηχανή κοπής είναι ένα περίπλοκο σύστημα, που εκτός από τα μηχανικά του μέρη περιλαμβάνει, όπως θα δούμε στη συνέχεια (παράγρ. 2.4, 2.5) και ηλεκτρικά, υδραυλικά ή πνευματικά μέρη. Και ως 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 συντομίς, 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 απολλάξει από περιπτές επαναλήψεις κατά τη μελέτη των ιδιαίτερων κατεργασιών κοπής και των συναφών με αυτές εργαλειομηχανών, που θα γίνει στα επόμενα κεφάλαια.

2.2 Τα δομικά στοιχεία μιας εργαλειομηχανής κοπής.

2.2.1 Το σώμα της εργαλειομηχανής και οι ολισθητήρες (ευθυντηρίες, πρισματόδηροι 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. 4.3α(γ) Μ.Τ.Β'] στηρίζεται η κεφαλή Α και οδηγούνται ο κεντροφορέας Γ και το εργαλειοφορέο Ε· επίσης στη βάση Ε [σχ. 4.3δ(β) Μ.Τ.Β'] μιας τραπεζοπλάνης οδηγείται η παλινδρομούσα τράπεζα Γ κλπ.

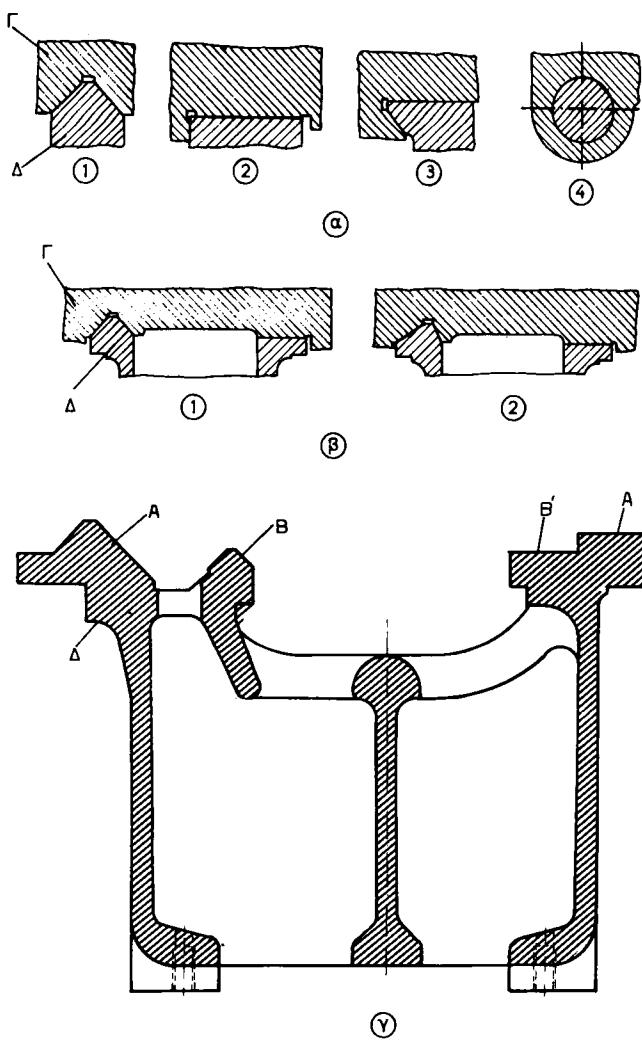
Το σώμα κάθε εργαλειομηχανής υπολογίζεται έτσι, ώστε οι παραμορφώσεις που προκαλούνται στα διάφορα στοιχεία της από τα φορτία που επιβάλλονται να είναι παραδεκτές ανάλογα βέβαια με την ακρίβεια κατασκευής της κάθε εργαλειομηχανής. Ακόμα το σώμα της εργαλειομηχανής θα πρέπει να αποκρίνεται ικανοποιητικά 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. 3.6.2(β) Μ.Τ.Β'], όσο και από **χυτοχάλυβα**. Μπορεί όμως το σώμα μιας 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 χρησιμοποίησεως διαφόρων ειδών χάλυβα σε συγκεκριμένες θέσεις ανάλογα με τις απαιτήσεις αντοχής της καθεμιάς, όπως ακόμα και δυνατότητα για τροποποιήσεις στο σώμα της εργαλειομηχανής (στα συγκολλητά σώματα δεν χρησιμοποιούνται καλούπια, καρδιές 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 εργαλειοφορέο Ε ενός τόρνου στο σχήμα 4.3α(γ) Μ.Τ.Β' 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 γλίστρες)**.



Σχ. 2.2α.

α) Διάφορα είδη ολισθητήρων: 1) Μορφής V. 2) Επίπεδος. 3) Μορφής χελιδονοσουράς. 4) Κυλινδρικός. β) Συνδυασμός ολισθητήρων μορφής V (1 συμμετρικού, 2 μη συμμετρικού) με επίπεδους ολισθητήρες. γ) Η κλίνη ενός τόρνου με τους ολισθητήρες της. Στους εξωτερικούς ολισθητήρες Α και Α' οδηγείται το εργαλειοφορέιο, 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 οποίων το ένα μέλος ενσωματώνεται στο σώμα της εργαλειομηχανής [σχ. 2.2α(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 φραιζομηχανή του σχήματος 4.3στ(β) Μ.Τ.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 2.2α(α). Ο συνδυασμός επίπεδου ολισθητήρα και ολισθητήρα μορφής V [σχ. 2.2α(β)] είναι πολύ συνηθισμένος και πολύ επιτυχημένος κινηματικά. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 2.2α(γ), όπου εικονίζεται η κλίνη ενός τόρνου με τους ολισθητήρες της.

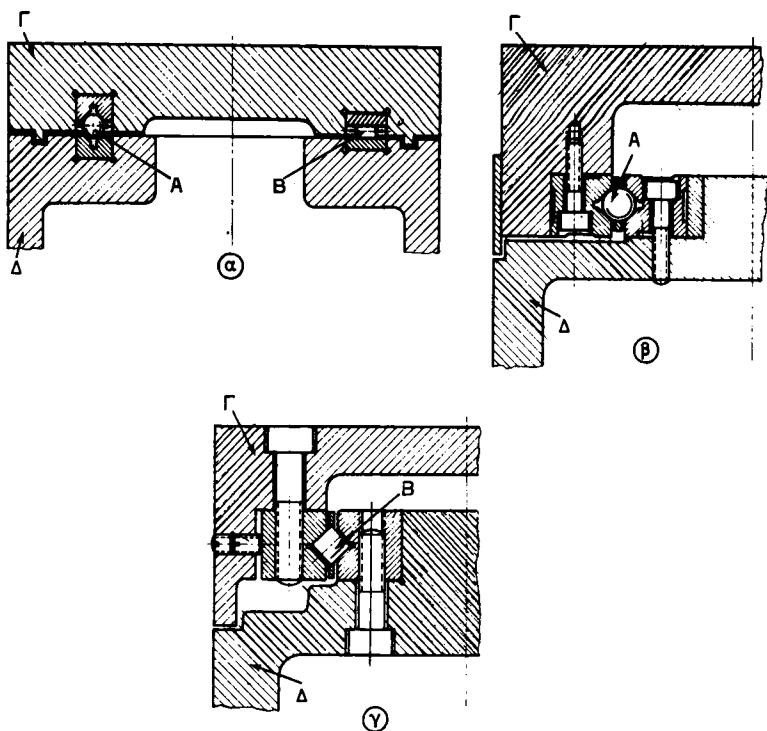
Οι ολισθητήρες είναι κατασκευασμένοι από φαιό χυτοσίδηρο και όπως είναι φυσικό, **ενσωματώνονται** στο χυτοσίδηρο σώμα της εργαλειομηχανής, όπως και στην αντίστοιχη ολισθαίνουσα δομική μονάδα, αν βέβαια είναι και αυτή από φαιό χυτοσίδηρο. Χρησιμοποιούνται όμως και ολισθητήρες από κατάλληλο χάλυβα (π.χ. 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 χυτοσίδηρο σώμα εργαλειομηχανής. Τελευταία είναι δυνατή και η χρησιμοποίηση πλαστικών (που να έχουν καλές αντιτριβικές και αντισκωριωτικές ιδιότητες) [παράγρ. 3.9.3, 3.9.6 Μ.Τ.Β'] για ολισθητήρες, που προσαρμόζονται κατάλληλα στο σώμα της εργαλειομηχανίς.

Πέρα από τους ολισθητήρες που έχουμε αναφέρει, συναντούμε και **ολισθητήρες αντιτριβής**, όπου χρησιμοποιούνται σφαίρες ή κύλινδροι (σχ. 2.2β) 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. 2.2γ). 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) Μ.Τ.Β']. Κατά τον ίδιο τρόπο αντί για λιπαντικό είναι δυνατή η χρησιμοποίηση πεπιεσμένου αέρα, οπότε έχουμε το λεγόμενο **αεροστατικό ολισθητήρα**.

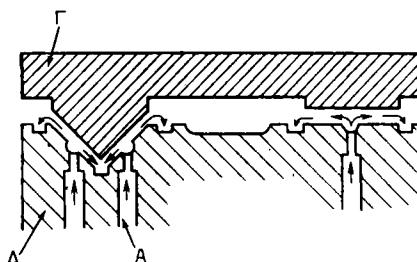
2.2.2 Κεφαλή, τράπεζα και φορεία.

Η **κεφαλή** μιας εργαλειομηχανής παρέχει τα μέσα για την πρόσδεση και την περιστροφή του κομματιού [πρωτεύουσα κίνηση, π.χ. στον τόρνο σχ. 4.3α(γ) Μ.Τ.Β']



Σχ. 2.2β.

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. 2.2γ.

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

η του κοπτικού εργαλείου [π.χ. στη φραιζομηχανή, σχ. 4.3στ(δ)] ή για περιστροφή (πρωτεύουσα κίνηση) και πρόωση (κίνηση προώσεως) του εργαλείου [στο δράπανο, σχ. 4.3β(γ) Μηχ. Τεχν. Β'].

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

Θα δούμε παρακάτω στην παράγραφο 2.6.3. Σε ορισμένες εργαλειομηχανές η τράπεζα έχει δυνατότητα για μετακίνηση και σε δύο ή και στις τρεις κάθετες ανάμεσα τους διευθύνσεις ή ακόμα και δυνατότητα περιστροφής της.

Με τα διάφορα **φορεία** επιτυγχάνομε μετακινήσεις δομικών στοιχείων της εργαλειομηχανής κατά μήκος καθορισμένων διευθύνσεων. Στον τόρνο π.χ. [σχ. 4.3α(γ) Μ.Τ.Β'] το εργαλειοφορείο Ε εξασφαλίζει τη μετακίνηση του εργαλειοδέτη Δ, που φέρει το κοπτικό εργαλείο, προς τη διεύθυνση της προώσεως.

2.2.3 Άτρακτος και έδρανά της.

Στην παράγραφο αυτή θα μιλήσομε μόνο για τις ιδιομορφίες που παρουσιάζει το συγκρότημα της κύριας ατράκτου και των εδράνων 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 3.5.1, Μ.Τ.Β') που βάφεται και επαναφέρεται σε ψηλή σχετικά θερμοκρασία επαναφοράς. Στην κατασκευή ατράκτων για εργαλειομηχανές ακρίβειας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και κατάλληλα χαλυβοκράματα κατασκευών (Πίνακας 3.3.2 Μ.Τ.Β') με την προβλεπόμενη βαφή και επαναφορά της. Ακόμα, όπου απαιτείται μεγάλη σκληρότητα στους στροφείς μπορούμε να μεταχειρισθούμε κατάλληλο χάλυβα ενανθρακώσεως ή εναζωτώσεως [παράγρ. 3.4.3 (Η), Μ.Τ.Β'].

Η άτρακτος φέρει στην κεφαλή της (σχ. 2.6a) 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. 2.6.3 (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 οποία μας παρέχουν τα έδρανα. Για το λόγο αυτό η χάρη στροφέα ατράκτου - τριβέα θα πρέπει να είναι πολύ περιορισμένη.

B. Τα έδρανα της ατράκτου.

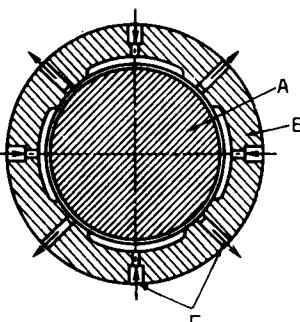
Ως έδρανα για τη στήριξη της ατράκτου μιας εργαλειομηχανής χρησιμοποιούνται τόσο **έδρανα ολισθήσεως**, όσο και **έδρανα κυλίσεως** (έδρανα αντιτριβής ή ρουλεμάν).

1. Έδρανα ολισθήσεως.

Ως υλικό για τα έδρανα ολισθήσεως, ανάλογα με την περίπτωση, μπορούμε να μεταχειρισθούμε κρατέρωμα [παράγρ. 3.7.1 (B)(2), Πίνακας 3.7.1 Μ.Τ.Β'] ή λευκό μέταλλο [παράγρ. 3.7.6(Γ) Μ.Τ.Β']. Τα έδρανα αυτά διαμορφώνονται συνήθως ως **διμερή**, όπου η επένδυση από το αντιτριβικό μέταλλο φέρεται από κατάλληλο χαλύβδινο ή χυτοσιδηρό 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. 2.2δ), στα οποία προσάγεται υπό πίεση κατάλληλο λιπαντικό (παρόμοιο σύστημα με εκείνο που συναντήσαμε στους ολισθητήρες στο σχήμα 2.2γ). 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. 2.2δ.

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

2. Έδρανα κυλίσεως (ρουλεμάν).

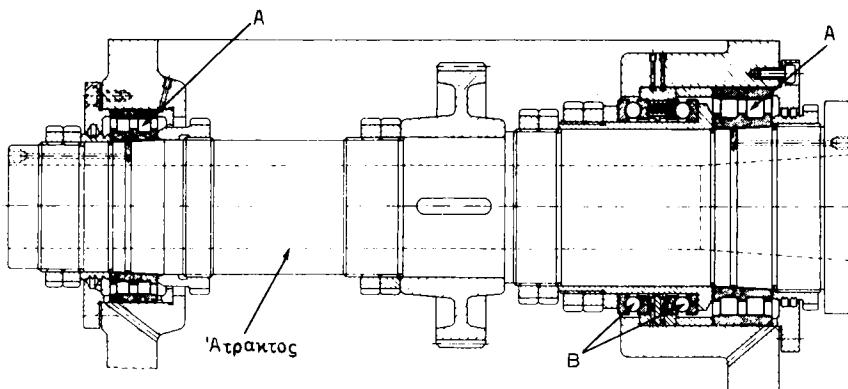
Έδρανα κυλίσεως (με σφαίρες, κυλίνδρους ή βαρελάκια) χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις εργαλειομηχανές. Αυτό οφείλεται στις αυστηρές απαιτήσεις για την ακρίβεια περιστροφής της ατράκτου των εργαλειομηχανών, που έχομε και προς τις οποίες τα έδρανα κυλίσεως ανταποκρίνονται ικανοποιητικά. Εδώ θα πρέπει να 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 2.2ε βλέπομε την κατασκευαστική διαμόρφωση της ατράκτου ενός τόρνου με τα εδρανά της.



Σχ. 2.2ε.

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

2.3 Μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

2.3.1 Γενικά.

Σε κάθε εργαλειομηχανή η κίνηση προσδίνεται από ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 2.4.1) με καθορισμένη περιστροφική ταχύτητα και ισχύ. Η κίνηση αυτή μέσω των ενδεδειγμένων στοιχείων μεταδίσεως 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 βιοθητική 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) κατέργαζόμαστε 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 υλικού (εκχόνδριση ή αποπεράτωση αντίστοιχα) και με ποικίλουσες 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 κοπτικό 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 επιτύχομε. 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 προώσεως). Και το εύρος αυτό των περιστροφικών ταχυτήτων ή των προώσεων είναι τόσο μεγαλύτερο, όσο ευρύτερη είναι η χρήση της εργαλειομηχανής.

Η πλειονότητα των εργαλειομηχανών κοπής διαθέτει περιστροφικές ταχύτητες και πρώσεις (ή ταχύτητες προώσεως) **κατά βήματα** [παράγρ. 2.3.2(A)]. Είναι φανερό ότι για πιο αποδοτική εκμετάλλευση της εργαλειομηχανής το βήμα μεταβολής της περιστροφικής ταχύτητας ή της προώσεως οφέλει να είναι όσο πιο μικρό γίνεται. Υπάρχουν όμως, όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.3.3, και εργαλειομηχανές με σύστημα **συνεχούς μεταβολής** των περιστροφικών ταχυτήτων ή προώσεων. 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 πρόσωση (ή στην ταχύτητα προώσεως) 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 προώσεων, όπως ακόμα και για τη μετάδοση μεταφορικής και περιοδικής κινήσεως. Κατόπι θα ασχοληθούμε πιο συνοπτικά με την **ηλεκτρική και υδραυλική μετάδοση κινήσεως** στις εργαλειομηχανές.

2.3.2 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:

$$u = \frac{\pi d \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}] \quad \text{και} \quad n = \frac{1000u}{\pi d} \quad [\text{στρ/min}] \quad (2.1)$$

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

Οι ακραίες περιστροφικές ταχύτητες της ατράκτου (μέγιστη n_μ και ελάχιστη n_ϵ) μπορούν να υπολογισθούν, αν είναι αντίστοιχα γνωστές η ελάχιστη d_ϵ και η μέγιστη d_μ διάμετρος του κομματιού ή του εργαλείου και η μέγιστη u_μ και η ελάχιστη u_ϵ ταχύτητα κοπής από τις παρακάτω σχέσεις:

$$n_\mu = \frac{1000u_\mu}{\pi d_\epsilon} \quad \text{και} \quad n_\epsilon = \frac{1000u_\epsilon}{\pi d_\mu} \quad (2.2)$$

Και ο λόγος των ακραίων περιστροφικών ταχυτήτων B προσδιορίζεται, αν θεωρήσει κανένας τις σχέσεις (2.2), ως:

$$B = \frac{n_\mu}{n_\epsilon} = \frac{1000u_\mu}{\pi d_\epsilon} : \frac{1000u_\epsilon}{\pi d_\mu} = \frac{u_\mu}{u_\epsilon} \cdot \frac{d_\mu}{d_\epsilon} = B_u \cdot B_d \geqslant 1 \quad (2.3)$$

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_ϵ μέχρι n_μ καλύπτεται με **κλιμακωτή διαβάθμισή τους**.

Σύμφωνα με την ισχύουσα προτυποποίηση (DIN 804) οι ν περιστροφικές ταχύτητες από n_ϵ ως n_μ ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο με λόγο ϕ , δηλαδή:

$$n_\epsilon = n_1 = n_1 \phi^0, \quad n_2 = n_1 \phi, \quad n_3 = n_1 \phi^2, \dots, \quad n_v = n_\mu = n_1 \phi^{v-1} = n_\epsilon \phi^{v-1} \quad (2.4)$$

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

Ο λόγος της γεωμετρικής πρόοδου (2.4) θα είναι:

$$\phi = \left(\frac{n_v}{n_1} \right)^{\frac{1}{v-1}} \quad \text{ή} \quad \phi = \left(\frac{n_\mu}{n_2} \right)^{\frac{1}{v-1}} \quad \text{ή} \quad \phi = B \quad (2.5)$$

λόγω της σχέσεως (2.3).

Οι περιστροφικές ταχύτητες των συστημάτων μεταδόσεως κινήσεως στις εργαλειομηχανές προτυποποιούνται με βάση τη **σειρά Ρενάρ** (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 ηλεκτροκινητήμα της εργαλειομηχανής.

Ως αφετηρία για τις περιστροφικές ταχύτητες παίρνομε συνήθως την περιστροφική ταχύτητα υπό πλήρες φορτίο του ασύγχρονου ηλεκτροκινητήματος της εργαλειομηχανής (παράγρ. 2.4.1), η οποία για διπολικό ή τετραπολικό ηλεκτροκινητήμα παίρνει αντίστοιχα τις τιμές 2800 ή 1400 στρ./min.

Στον Πίνακα 2.3.1 δίνομε προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες της α-

τράκτου εργαλειομηχανών που ανήκουν στις αναφερόμενες σειρές Ρενάρ. Όμοια στον Πίνακα 2.3.2 παραθέτομε προτυποποιημένες τιμές για την ταχύτητα προώσεως σε mm/min.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.1

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

R20*	R20/2 Φ = 1,12	R20/3 Φ = 1,25	R20/4 (1400) Φ = 1,6	R20/6 Φ = 2
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.

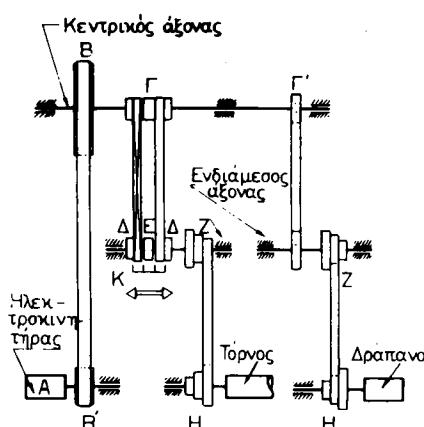
B. Η ιμαντοκίνηση στις εργαλειομηχανές.

Η μετάδοση περιστροφικής κινήσεως με ιμάντες και τροχαλίες στις εργαλειομηχανές επιτυγχάνεται με το σύστημα της καλούμενης **ομαδικής κινήσεως** (σχ. 2.3a) και με το σύστημα της **ατομικής κινήσεως** (σχ. 2.1). Στην ομαδική κίνηση ένας ηλεκτροκινητήρας δίνει κίνηση σε ένα κεντρικό άξονα και από αυτόν παίρνει

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.2**Προτυπωοιημένες ταχύτητες προώσεως σε mm/min κατά DIN 803.**

R20*	R10	R20/3	R5	R10/3
$\Phi = 1,12$	$\Phi = 1,25$	$\Phi = 1,4$	$\Phi = 1,6$	$\Phi = 2$
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	90	8
9				
10	10		10	

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

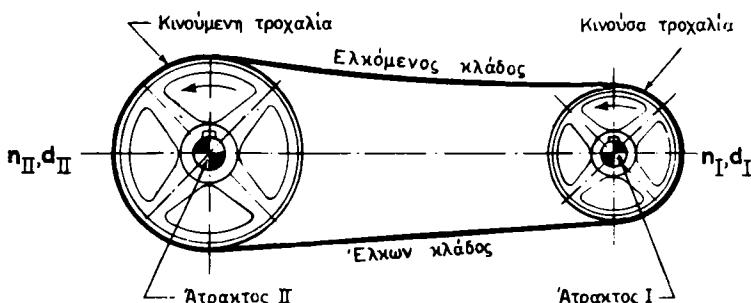
**Σχ. 2.3a.**

Σύστημα ομαδικής ιμαντοκινήσεως εργαλειομηχανών. (Α ηλεκτροκινητήρας, 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. 2.3β), όπως γνωρίζουμε από τα Στοιχεία Μηχανών, τη σχέση μεταδόσεως κινήσεως i από τον κινητήριο άξονα I στον κινούμενο άξονα II την ορίζουμε ως ένα κλάσμα, στο οποίο αριθμητής είναι η περιστροφική ταχύτητα

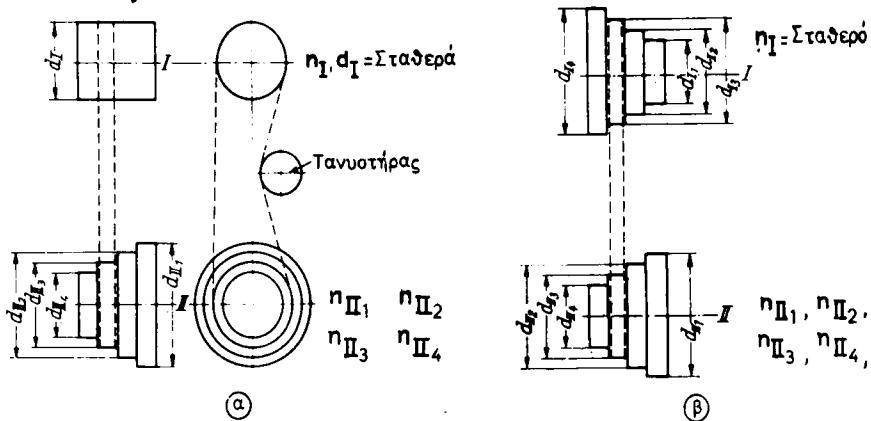


Σχ. 2.3β.
Διάταξη και χαρακτηριστικά μιας ιμαντοκινήσεως.

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 :

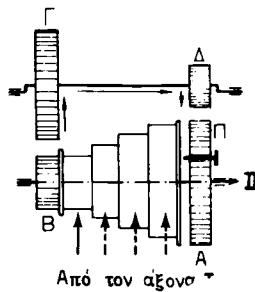
$$i = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} \quad (2.6)$$

Η ιμαντοκίνηση γίνεται κλιμακωτή είτε με κινητήρια τροχαλία σταθερής διαμέτρου και κινούμενη τροχαλία βαθμιδωτή [σχ. 2.3γ(α)] είτε με βαθμιδωτές και τις δύο τροχαλίες [σχ. 2.3γ(β)]. Για να επιτύχουμε διπλασιασμό των περιστροφικών ταχυτήτων του κινούμενου άξονα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε συνδυασμό από βαθμιδωτές τροχαλίες και οδοντοτροχούς, όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.3δ.



Σχ. 2.3γ.

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



Σχ. 2.3δ.

ινικτό σύστημα βαθμιδωτής τροχαλίας και οδοντοτροχών για αύξηση των περιστροφικών ταχυτήτων στον άξονα ΙΙ. Ο οδοντοτροχός Α είναι σφηνωμένος πάγια με την άτρακτο της έργαλειομηχανής και ο οδοντοτροχός Β στην κλιμακωτή τροχαλία. Με απευθείας σύνδεση της κλιμακωτής τροχαλίας στον οδοντοτροχό Α με το συνδετικό πέιρα Π και με αποσυμπλεγμένους τους οδοντοτροχούς Γ και Δ παίρνομε στην άτρακτο τις περιστροφικές ταχύτητες $n_{II_1}, \dots, n_{II_4}$. Με αποσύμπλεξη του οδοντοτροχού Α από την τροχαλία (τραβούμε τον πέιρα 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 (2.6) και τόν αφήνομε στους μαθητές για άσκηση.

α) Κινητήρια τροχαλία με σταθερή διάμετρο και βαθμιδωτή ή κινούμενη τροχαλία [σχ. 2.3γ(α)]:

$$\frac{d_{I_1}}{d_{II_2}} = \frac{d_{II_2}}{d_{II_3}} = \frac{d_{II_4}}{d_{II_3}} = \phi \quad (2.7)$$

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. 2.3γ(β)]:

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

$$d_{Iv} = C \left(\frac{i_v}{i_v + 1} \right) \quad \text{και} \quad d_{IIv} = C \left(\frac{1}{i_v + 1} \right) \quad (2.8)$$

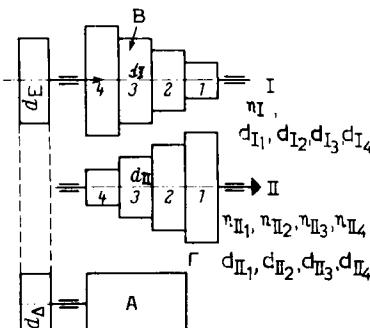
με την προϋπόθεση ότι το άθροισμα των αντιστοίχων διαμέτρων της ν-στής βαθμίδας θα είναι σταθερό, δηλαδή $d_{Iv} + d_{IIv} = C =$ σταθερό (απαίτηση για τη σταθερότητα του μήκους του ιμάντα) και όπου $i_v = d_{Iv}/d_{IIv}$ σύμφωνα με τον ορισμό (2.6).

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:

$$\eta_I = \eta_{II_1} \cdot \Phi \quad \left(\frac{v-1}{2} \right) \quad (2.9)$$

Παράδειγμα.

Στην ίμαντοκίνηση του σχήματος 2.3ε 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 $\eta_{II_1} = \eta_e = 250$ 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 $d_{I_1} = 140$ mm.



Σχ. 2.3ε.

Στοιχεία ιμαντοκίνησεως για τύπου παράδειγμα.

Ζητούμε να υπολογισθουν:

a) 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 $n_{II_1} = 250$ στρ/min και ο λόγος της γεωμετρικής προόδου που ακολουθούν οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα αυτού ($\phi = 1,4$), οι υπόλοιπες ταχύτητες είναι δυνατό είτε να εκλεγούν από τον Πίνακα 2.3.1 είτε να υπολογισθούν με τη βοήθεια των σχέσεων (2.4). Οποιονδήποτε τρόπο και αν χρησιμοποιήσουμε, οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II θα είναι περίπου:

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

β) Την περιστροφική ταχύτητα n_I την υπολογίζουμε από τη σχέση (2.9). Έτσι, αντικαθιστώντας τα n_{II_i} και ϕ με τις δοσμένες τιμές τους θα πάρουμε:

$$n_I = 250 \times 1.4^{(4-3/2)} = 250 \times 1.4^{1.5*} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ στρ/min.}$$

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

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

Για να βρούμε τώρα τις διαμέτρους των υπολοίπων βαθμίδων των τροχαλιών χρησιμοποιούμε τις σχέσεις (2.8). Θα πρέπει άρα να υπολογίσουμε 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 (2.6), 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 (2.8)] βρίσκουμε:

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

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 στη σελίδα 50.

Τέλος η διάμετρος d_E της τροχαλίας Ε υπολογίζεται από τη δοσμένη διάμετρο d_Δ της τροχαλίας Δ κατά τα γνωστά, δηλαδή:

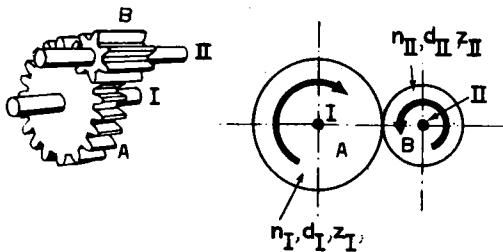
$$d_E = d_\Delta \cdot \frac{n_A}{n_I} = 80 \times \frac{1400}{425} = 264 \text{ mm.}$$

Γ. Κλιμακωτή μετάδοση κινήσεως με οδοντοτροχούς.

Το είδος αυτό μεταδόσεως κινήσεως στις εργαλειομηχανές πραγματοποιείται με τα κιβώτια ταχυτήτων και με τα κιβώτια πρώσεως, για τα οποία θα μιλήσουμε παρακάτω στην παράγραφο 2.3.2 (Δ). Εδώ θα δώσουμε μερικά στοιχεία σχετικά με την κλιμακωτή αυτή μετάδοση κινήσεως με οδοντοτροχούς.

Και αρχίζομε από το γνωστό μας ορισμό της σχέσεως μεταδόσεως κινήσεως υπό την ιδέα της σχέσης (2.6)]. Είναι ένα κλάσμα, στο οποίο αριθμητής είναι η περιστροφική ταχύτητα n_{II} του κινούμενου άξονα (σχ. 2.3στ) ή η αρχική διάμετρος d_I ή ο αριθμός των δοντιών Z_I του κινητήριου οδοντοτροχού και παρονομαστής ή περιστροφική ταχύτητα n_I του κινητήριου άξονα ή η αρχική διάμετρος d_{II} ή ο αριθμός δοντιών Z_{II} του κινούμενου οδοντοτροχού, δηλαδή:

$$u = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} = \frac{Z_I}{Z_{II}} \quad (2.10)$$



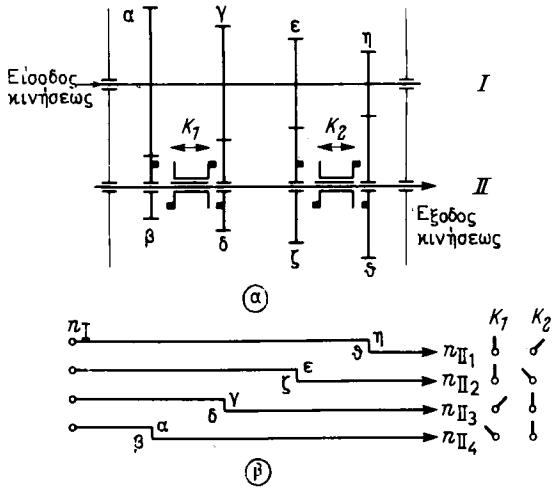
Σχ. 2.3στ.

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. 2.3ζ(α)]. Σε αυτό φαίνεται η όλη δομή της μεταδόσεως κινήσεως (τροχαλίες, ιμάντες, άξονες, οδοντοτροχοί, συμπλέκτες κ.α.) και τα διάφορα στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως τα παριστάνομε με προτυποποιημένα σύμβολα (σχ. 2.3η).

β) Με το διάγραμμα **ζεύξεως και ροής ισχύος** [σχ. 2.3ζ(β)]. Εδώ εικονίζεται από το ένα μέρος ο δρόμος των 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. 2.3ζ.

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

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

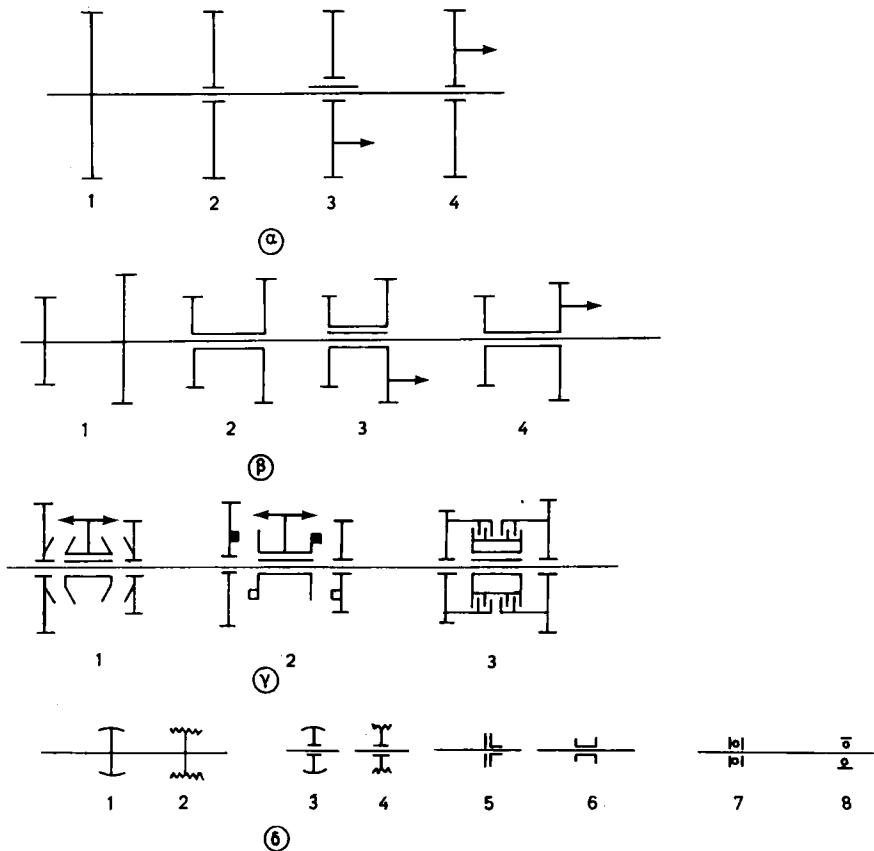
γ) με το **δικτυωτό διάγραμμα περιστροφικών ταχυτήτων** [ή διάγραμμα Γκέρμαρ, Germar] [σχ. 2.3θ(β)].

Το διάγραμμα αυτό το χαράσσομε με βάση το κινηματικό διάγραμμα του κιβωτίου μεταδόσεως κινήσεως [π.χ. το διάγραμμα του σχήματος 2.3θ(α)] ως εξής:

Σύρομε αξονικές ισαπέχουσες οριζόντιες ευθείες, που παριστάνουν τους άξονες του κιβωτίου και τις αριθμούμε αρχίζοντας από την είσοδο της κινήσεως προς την έξοδό 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 2.3θ), 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 έχομε:

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

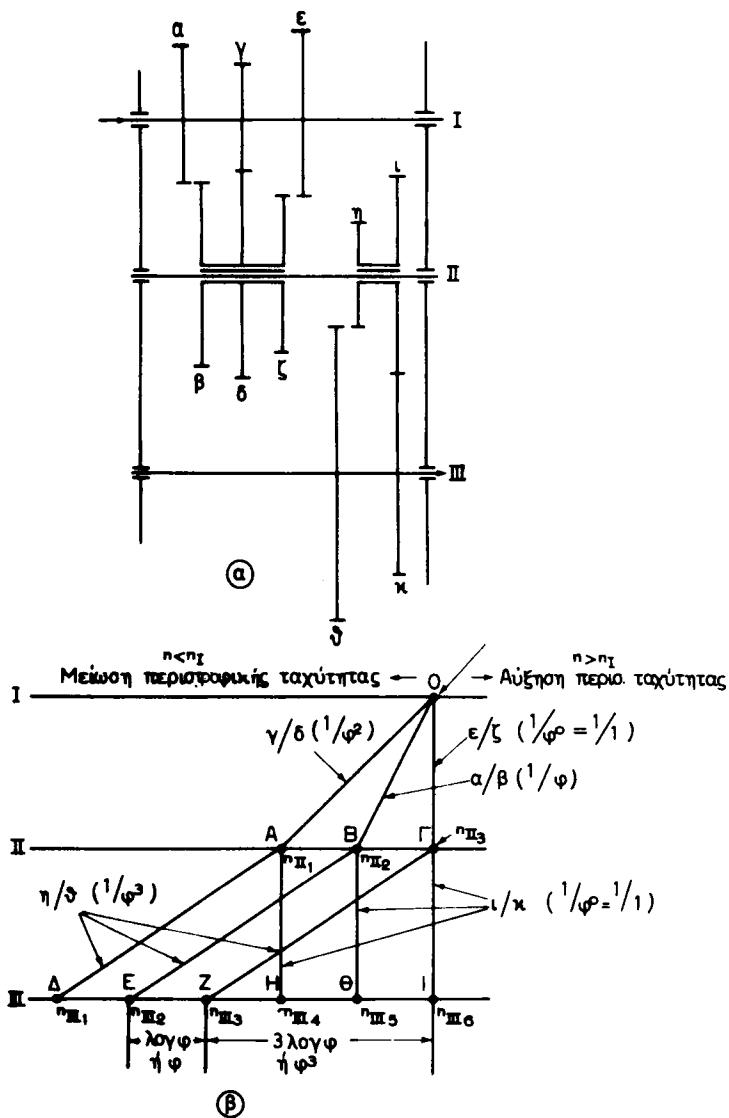
Αρχίζομε συνήθως από την περιστροφική ταχύτητα εισόδου 0 (σημείο 0) η οποία μπορεί να είναι και η περιστροφική ταχύτητα του ηλεκτροκινητήρα. Κάθε ζεύγος οδοντοτροχών με τη σχέση μεταδόσεως του παριστάνεται από μία ευθεία που ενώνει δύο σημεία διαδοχικών άξονων, δηλαδή τις δύο περιστροφικές ταχύτητες, 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. 2.3η.

Προτυποποιημένα σύμβολα διαφόρων στοιχείων μεταδόσεως κινήσεως α) Παράλληλοι οδοντοτροχοί με ίσια δόντια: 1 σταθερός, 2 ελεύθερος, 3 ολισθαίνων σε πολύσφηνο άξονα, 4 ολισθαίνων. β) Πολλαπλοί παράλληλοι οδοντοτροχοί: 1 σταθερός, 2 ελεύθερος, 3 ολισθαίνων σε πολύσφηνο άξονα, 4 ολισθαίνων. γ) Συμπλέκτες οδοντοτροχού σε πολύσφηνο άξονα: 1 συμπλέκτης τριβής, 2 οδοντωτός συμπλέκτης, 3 ηλεκτρομαγνητικός 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 όσο πηγαίνομε προς τα δεξιά, αν βέβαια οι περιστροφικές ταχύτητες είναι μεγαλύτερες από τη η_I . Π.χ. στο σχήμα 2.3θ(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 η_{II}/η_I , η οποία είναι ίση με $1/\phi^2$ (το ϕ^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 ϕ^2). Άρα, η περιστροφική ταχύτητα που αντιπροσωπεύεται από το σημείο A, δηλαδή η η_{II} , θα ισούται προς η_I/ϕ^2 . Ομοίως η περιστροφική ταχύτητα η_{III} , που φθάνει στον



Σχ. 2.30.

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

άξονα III μέσω των ζευγών οδοντοτροχών γ/δ και η/θ θα είναι ϕ^3 (το σημείο Δ απέχει κατά 3λογφ από το σημείο Η) φορές μικρότερη από τη n_{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. 2.31) που να έχουν το ίδιο μετρικό διαμετρικό βήμα (μοντούλ, $m = t/p$, όπου t είναι το βήμα της οδοντώσεως), ο αριθμός των δοντιών των οδοντοτροχών βρίσκεται ως εξής:

Έστω ότι Z_α , Z_β , Z_γ και Z_δ 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:

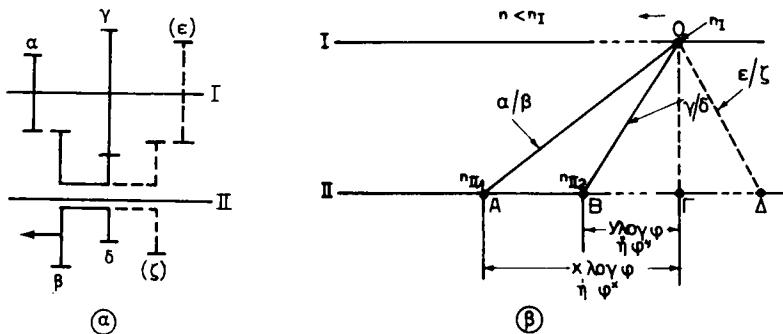
$$\frac{n_{II_1}}{n_I} = \frac{Z_\alpha}{Z_\beta} = \frac{1}{\phi^x} \quad \text{και} \quad \frac{n_{II_2}}{n_I} = \frac{Z_\gamma}{Z_\delta} = \frac{1}{\phi^y} \quad (2.11)$$

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:

$$Z_\alpha + Z_\beta = Z_\gamma + Z_\delta = K = \text{σταθερό} \quad (2.12)$$

Θεωρώντας τώρα τις σχέσεις (2.11) και (2.12) λαμβάνομε:

$$Z_\alpha = \frac{K}{1 + \phi^x} \quad Z_\beta = K - Z_\alpha, \quad Z_\gamma = \frac{K}{1 + \phi^y} \quad Z_\delta = K - Z_\gamma \quad (2.13)$$



Σχ. 2.3i.

Στοιχεία για το προσδιορισμό του αριθμού δοντιών οδοντοτροχών ζεύξεως δύο αξόνων. α) Κινηματικό 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 $d_\epsilon = 10$ mm μέχρι $d_\mu = 30$ mm και με ταχύτητες κοπής που να ποικίλλουν μέσα στην περιοχή από $u_\epsilon = 24$ m/min ως $u_\mu = 44$ m/min. Ο τόρνος διαθέτει έξι περιστροφικές ταχύτητες στην ατρακτό του και η περιστροφική ταχύτητα εισόδου στο κιβώτιο είναι: $n_i = 1400$ στρ/min.

Ζητούμε για το κιβώτιο ταχυτήτων του τόρνου αυτού τα ακόλουθα:

α) Να υπολογισθούν οι οριακές περιστροφικές ταχύτητες του κιβωτίου n_ϵ και n_μ 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 2.3θ(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 (2.2) βρίσκομε:

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

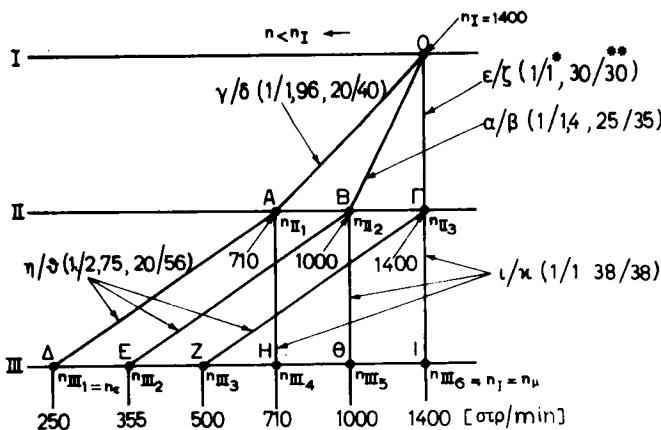
και από τη σχέση (2.5) υπολογίζομε το λόγο της γεωμετρικής προόδου που ακολουθούν οι περιστροφικές ταχύτητες του κιβωτίου, δηλαδή:

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

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη τιμή του Πίνακα 2.3.1 προς αυτή που υπολογίσαμε είναι η $\Phi = 1,4$, την οποία και εκλέγομε. Επίσης είναι δυνατό να διορθώσουμε 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 2.3.1). Αρχίζομε τη χάραξη του δικτυωτού διάγραμματος του κιβωτίου από την περιστροφική ταχύτητα εισόδου $\eta_1 = 1400$ στρ/min (σημείο Ο, σχ. 2.3ια). 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 η_{II_1} , τότε ο άξονας III μπορεί να πάρει περιστροφική ταχύτητα η_{III_1} (σημείο Δ) με έμπλεξη του ζεύγους οδοντοτροχών η/θ και η_{III_4} (σημείο H) με σύζευξη των οδοντοτροχών ι/κ. Ανάλογα, για περιστροφή του άξονα II με ταχύτητες η_{II_2} και η_{II_3} και κατάλληλη ζεύξη των οδοντοτροχών της δεύτερης μερικής μεταδόσεως είναι δυνατό να πάρει ο άξονας III και τις υπόλοιπες περιστροφικές ταχύτητες (σημεία E,Θ και Z,I).



Σχ. 2.3α.

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

* Σχέση μεταδόσεως, ** Αριθμός δοντιών των οδοντοτροχών τού 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 $n_I = 1400$ στρ/min και τις γνωστές μας σχέσεις μεταδόσεως μπορούμε να προσδιορίσουμε τις υπόλοιπες (σε στρ/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 2.3.1. Έτσι θα έχομε τελικά:

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

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

Ερώτημα (γ):

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

Εφαρμόζοντας τις σχέσεις (2.11) και (2.13) βρίσκομε:

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

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

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

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

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

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 δλα 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 [παράγρ. 3.5.2(B) M.T.B'] 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.

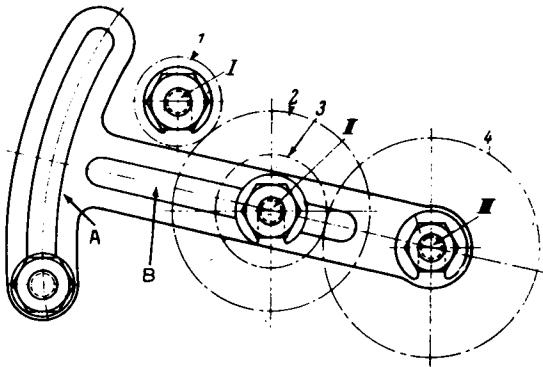
β) Τρόποι αλλαγής περιστροφικών ταχυτήτων.

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

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

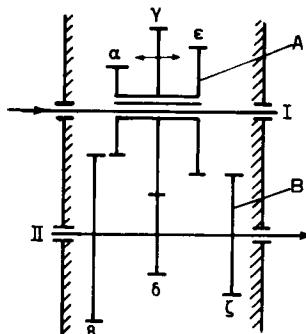
δόσεως που παρεμβάλλονται ανάμεσα σε γειτονικούς άξονες με σταθερή όμως απόσταση [ο συνολικός αριθμός δοντιών κάθε ζεύγους, εφ' όσον οι οδοντοτροχοί έχουν το ίδιο μετρικό διαμετρικό βήμα, θα πρέπει να είναι σταθερός, σχέση (2.12)]. Τα κιβώτια ταχυτήτων αυτού του είδους βρίσκουν εφαρμογή, όπου ο αριθμός 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 2.3ιβ.



Σχ. 2.3ιβ.

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. 2.3ιγ.

Η αρχή λειτουργίας ενός κιβωτίου ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς.

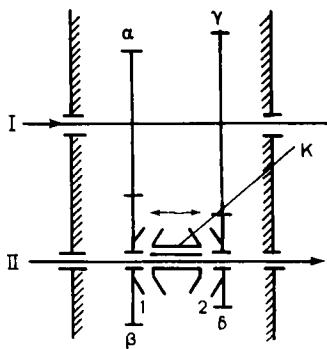
— Κιβώτια ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς. Στα κιβώτια αυτά (σχ. 2.3ιγ) χρησιμοποιούνται πολλαπλοί οδοντοτροχοί A με μικρό πλάτος (για να προ-

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 έχομε 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 οδοντωτών 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 2.3ιδ βλέπομε 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 Κ (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. 2.3ιδ.

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 έυρυτατα 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).

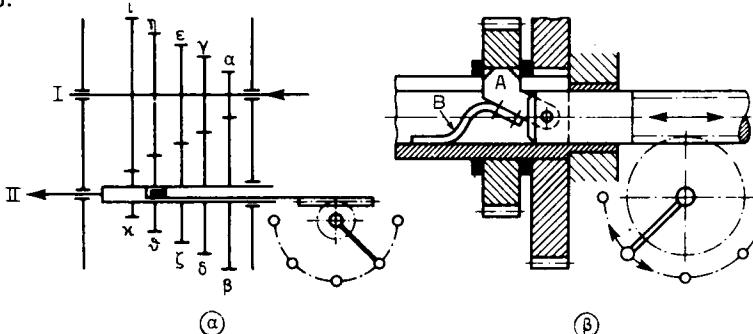
Οι παρατηρήσεις που έχουμε κάμει σχετικά με την κατασκευή των κιβωτίων ταχυτήτων στην παράγραφο 2.3.2(Δ) ισχύουν και για τα κιβώτια προώσεων.

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. 2.3ie). 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 μετακίνειται κάθε φορά ακτινικά με τη βοήθεια ενός ελατηρίου B και να εισέρχεται σε αντίστοιχη υποδοχή του οδοντοτροχού.

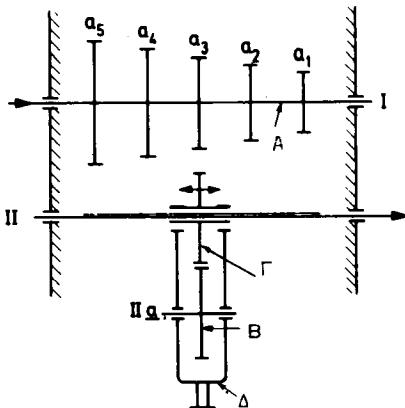


Σχ. 2.3ie.

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

Με τα κιβώτια αυτά επιτυγχάνομε μεγάλο αριθμό βημάτων προώσεων (ή ταχυτών προώσεως) με μικρή σχετικά αξονική απόσταση του κιβωτίου. Ακόμα έχομε 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 2.3ιστ. 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 αυτού. Οι οδοντοτροχοί 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.



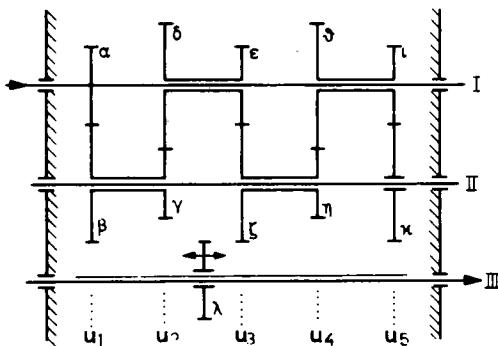
Σχ. 2.3ιστ.

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. 2.3ιζ), στον κινητήριο άξονα I και στον ενδιάμεσο II προσαρμόζεται 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 $\alpha/\beta, \gamma/\delta, \epsilon/\zeta, \zeta/\lambda$.



Σχ. 2.3ιζ.

Πώς λειτουργεί το κιβώτιο προώσεων τύπου Μεάντερ.

2.3.3 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 αυτή οποιασδήποτε ταχύτητας κοπής, σχέση (2.1)] και προώσεως (η 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.

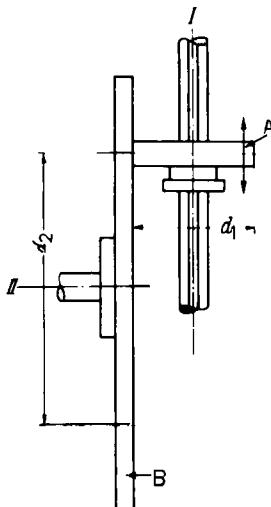
Τη μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως, που χρησιμοποιείται ευρύτατα στις σύγχρονες εργαλειομηχανές, τη συναντούμε ως **μηχανική, ηλεκτρική και υδραυλική**.

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 2.4.2. 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:

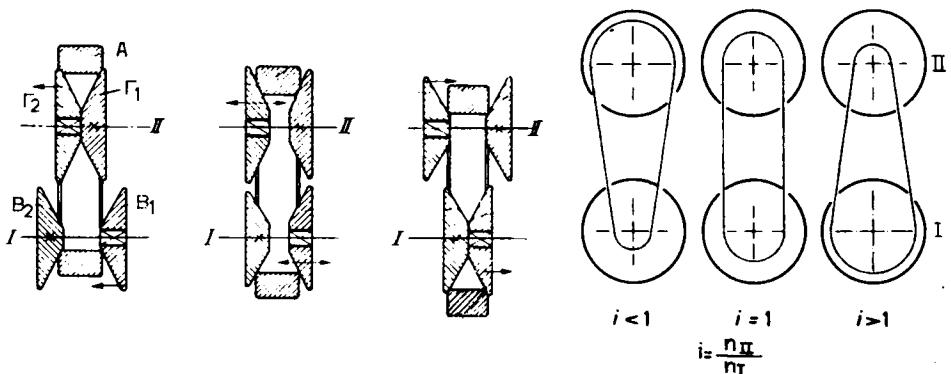
1. Απλή μετάδοση με τριβή (σχ. 2.3ιη).

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. 2.3η.

Απλή μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως με τριβή.



Σχ. 2.3ιθ.

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. 2.3ιθ).

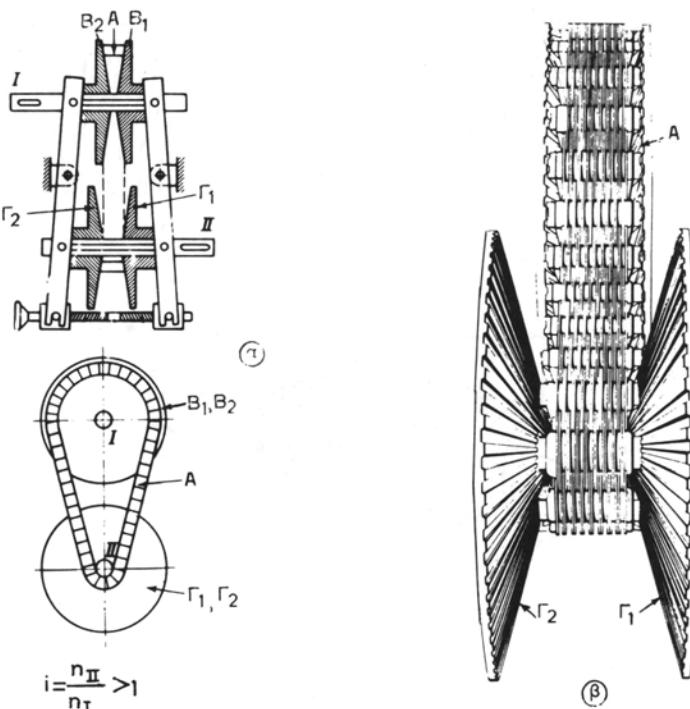
Εδώ η μετάδοση κινήσεως από τον άξονα I στον άξονα II επιτυγχάνεται πάλι με τριβή, αλλά με τη βοήθεια κατάλληλου χαλύβδινου δακτυλίου (ή και κατάλληλου ιμάντα). Ο δακτύλιος Α κατασκευασμένος από χαλυβόκραμα και λειασμένος βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια δύο δίδυμων κώνων B_1 και B_2 και Γ_1 και Γ_2 . Με σύγχρονη αξονική μετατόπιση των κώνων B_1 και B_2 είναι δυνατό να επιτύχομε 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. 2.3κ).

Στις μεταδόσεις συνεχούς περιστροφικής κινήσεως, για τις οποίες μιλήσαμε μέχρι τώρα, λόγω της τριβής παραπρούνται 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 A 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 Γ_1, Γ_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 ενέργειας 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. 2.3κ.

α) Πώς λειτουργεί η μετάδοση συνεχούς περιστροφικής κινήσεως PIV (με ατέρμονα αλυσίδα και ρυθμιζόμενους δίδυμους κώνους). β) Η μορφή των δίδυμων κώνων Γ_1, Γ_2 και της ατέρμονης αλυσίδας A.

2.3.4 Η μεταφορική κίνηση στις εργαλειομηχανές.

Η μεταφορική (ευθύγραμμη) κίνηση στις εργαλειομηχανές μας είναι χρήσιμη τόσο ως πρωτεύουσα κίνηση [π.χ. στο πλάνισμα, σχ. 4.3γ(α), 4.3δ(α) Μ.Τ.Β'], όσο και ως κίνηση προώσεως [π.χ. στην τόρνευση, σχ. 4.3α(α) Μ.Τ.Β'], στο φραιζάρισμα, σχ. 4.3στ(α), (γ) Μ.Τ.Β' κ.α]. Την κίνηση αυτή μπορούμε να την πραγματοποιήσουμε **υδραυλικά** μέσω κυλίνδρου και εμβόλου (παράγρ. 2.5.3) και **μηχανικά** με τη βοήθεια μηχανισμών που μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση σε μεταφορική. Τέοια κινηματικά ζεύγη είναι τα εξής:

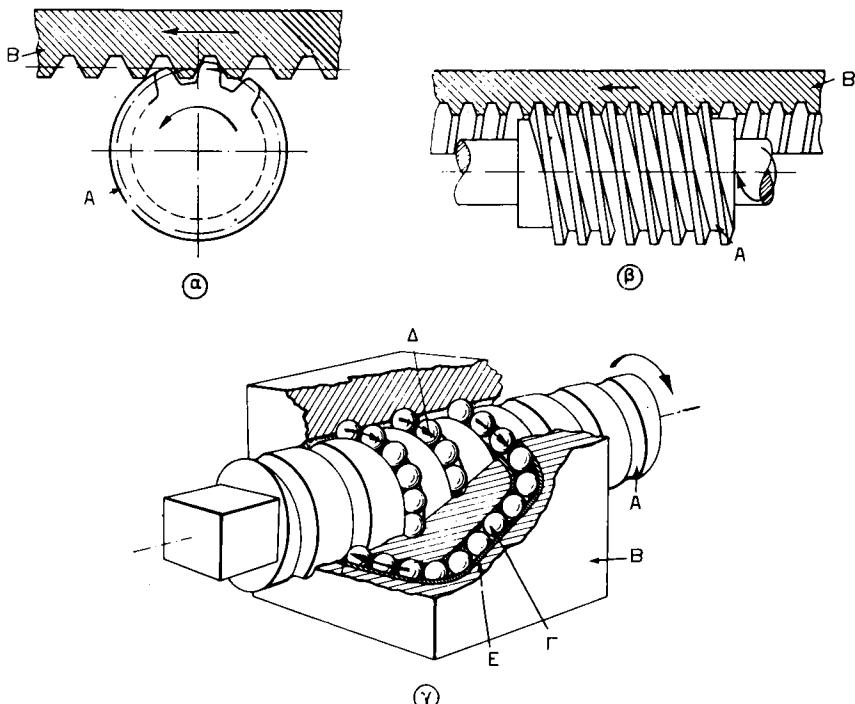
- Οδοντωτός τροχός – οδοντωτός κανόνας.
- Ατέρμονας κοχλίας – οδοντωτός κανόνας και κοχλίας – περικόχλιο.

Για την παλινδρομική μεταφορική κίνηση θα μιλήσουμε στην παράγραφο 5.2.1-(Α)(2) τη σχετική με τη μετάδοση κινήσεως στις πλάνες.

1. Το ζεύγος οδοντωτού τροχού – οδοντωτού κανόνα [(σχ. 2.3 κα(α)].

Το ζεύγος αυτό έχει τα ακόλουθα κύρια χαρακτηριστικά:

α) Σε μία περιστροφή του οδοντοτροχού Α ο οδοντωτός κανόνας Β μετακινείται κατά μήκος ίσο με την αρχική περιφέρεια του υδονοτροχού. Επειδή, όπως βλέπο-



Σχ. 2.3κα.

Μετάδοση μεταφορικής κινήσεως: α) Το ζεύγος οδοντοτροχού – οδοντωτού κανόνα. β) Το ζεύγος ατέρμονα κοχλία – οδοντωτού κανόνα. γ) Ζεύγος κοχλία Α – περικόχλιο Β 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. 2.3 κα(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, παράγρ. 3.4.3 (Η) (2) Μ.Τ.Β'], ενώ ο οδοντωτός κανόνας από ειδικό χυτοσίδηρο με καλές ιδιότητες αντιφθοράς.

3. Ο οδηγός κοχλίας – περικόχλιο.

Το ζεύγος κοχλία 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 [Ιρουλέμαν, σχ. 2.3κα(γ)], που ανακυκλώνονται.

2.3.5 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. 4.3γ(α)] ή στην τραπεζοπλάνη [σχ. 4.3δ (α)] και στα λειαντικά μηχανήματα [σχ. 4.3η(α), (β) Μ.Τ.Β'], την περιστροφή του εργαλειοφορέίου πυργωτού τόρνου [σχ. 1.1θ(α) Μ.Τ.Β'], 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.

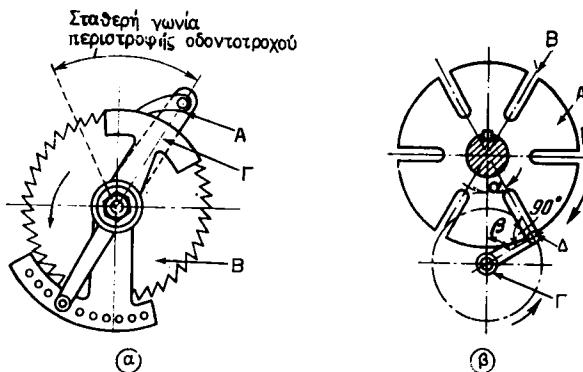
Οι περιοδικές κινήσεις στις σύγχρονες εργαλειομηχανές επιτυγχάνονται: με το μηχανισμό εκκέντρου ή συμπλέκτη, με τη διάταξη καστάνιας (επισχέστρου) — οδοντοτροχού, με τη διάταξη τροχού με εγκοπές - στροφάλου ή με ποικίλες άλλες ηλεκτρικές, υδραυλικές ή πνευματικές διατάξεις.

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, ένώ 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 διακοπόμενη κίνηση προώσεως θα πρέπει να γίνει στο τέλος της διαδρομής γρήγορης επαναφοράς, όπως στις πλάνες [παράγρ. 5.2.1Α(3)] και στα λειαντικά μηχανήματα. Εδώ, η καστάνια Α περιστρέφει τον οδοντωτό τροχό Β κατάλληλης μορφής [σχ. 2.3 κβ(α)] κατά ορισμένη έκαστοτε 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. 2.3κβ.

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

3. Διάταξη τροχού με εγκοπές – στροφάλου.

Η διάταξη αυτή [(σχ. 2.3 κβ (β))] περιλαμβάνει ένα τροχό Α με ακτινικές εγκοπές Β (οι άξονες των εγκοπών απέχουν μεταξύ τους κατά ίδια γωνία 2α) και ένα στρόφαλο Γ που φέρει στο άκρο του ένα κύλιστρο Δ συνήθως (ή και ένα πείρο σπανιότερα) που κυλίεται στις παρείς κάθε εγκοπής. Το στρόφαλο Γ περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Έτσι, κάθε φορά που το κύλιστρο Δ του περιστρέφομενου στροφάλου θα συναντήσει μία εγκοπή, ο τροχός θα περιστραφεί κατά τη σταθερή γωνία 2α ενώ το στρόφαλο κατά γωνία 2β.

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.

2.4 Ηλεκτρική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

2.4.1 Γενικά για τους ηλεκτροκινητήρες που μεταχειρίζομαστε στις εργαλειομηχανές.

Για την κίνηση των εργαλειομηχανών χρησιμοποιείται αποκλειστικά ο ηλεκτροκινητήρας.

Οι προδιαγραφές ενός ηλεκτροκινητήρα εργαλειομηχανής εξαρτώνται τόσο από τις συνθήκες λειτουργίας, όσο 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 στηρίξεως στην εργαλειομηχανή, τα χαρακτηριστικά εκκινήσεως, ρυθμίσεως της περιστροφικής ταχύτητας, αναστροφής της κινήσεως κ.α.

Μεταχειρίζομαστε κατά βάση τριφασικούς **ασύγχρονους ηλεκτροκινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα** για κατευθείαν κίνηση της εργαλειομηχανής η για κίνηση της διατάξεως Βαρντ - Λέοναρντ, αν ο ηλεκτροκινητήρας της εργαλειομηχανής χρειάζεται να είναι συνεχούς ρεύματος (παράγρ. 2.4.2). 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 εκκίνησεως μπορεί να φθάσει πολύ ωφέλεις 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 και 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. 2.4.2).

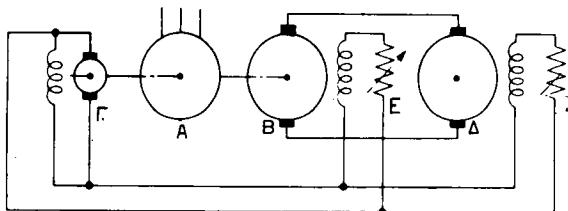
2.4.2 Ρύθμιση της περιστροφικής ταχύτητας των ηλεκτροκινητήρων.

Η περιστροφική ταχύτητα στους ασύγχρονους ηλεκτροκινητήρες επιτυγχάνεται με αλλαγή του αριθμού των μαγνητικών τους 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.

Συνεχή 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. 2.4).

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. 2.4.
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.

2.5 Υδραυλική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές.

2.5.1 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 (μπρόουστιγκ) 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 σύνεχούς 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.).

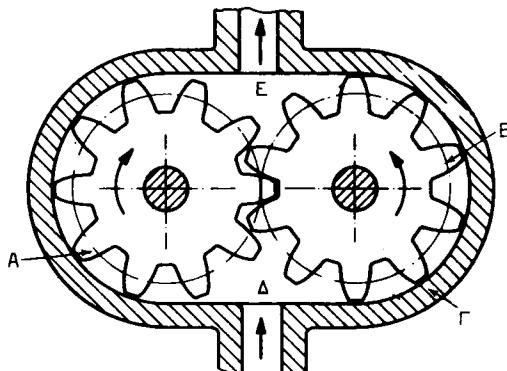
Η αντλία αναπτύσσει την απαιτούμενη πίεση (ή ύψος ένέργειας) με κατανάλωση αντίστοιχης μηχανικής ενέργειας. Ο υδραυλικός κινητήρας (μπορεί να είναι παλινδρομικός, όπως το ζεύγος υδραυλικού κυλίνδρου – εμβόλου, ή περιστροφικός) μετατρέπει το ύψος ένέργειας της αντλίας σε αντίστοιχο μηχανικό έργο. Έτσι, 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.).

2.5.2 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 άντλία στην κατηγορία αυτή είναι η **οδοντωτή αντλία** (σχ. 2.5a), που σχεδιάζεται για πιέσεις μέχρι περίπου 100 kp/cm^2 . Αποτελείται από δύο οδοντοτροχούς A και B που περιβάλλονται από έρμητικά κλειστό κέλυφος Γ.



Σχ. 2.5a.

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 άποτελούν 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.

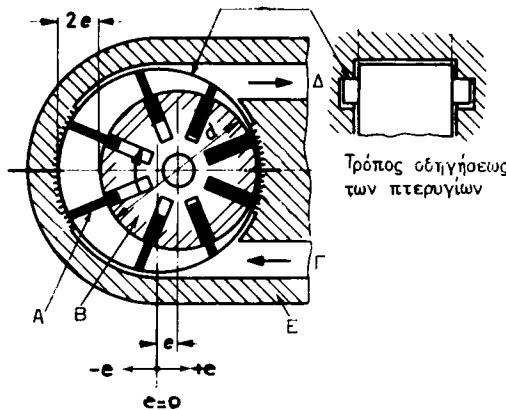
Οι οδοντωτές αντλίες είναι πιο φθηνές, πιο απλές και έχουν μικρότερες διαστάσεις συγκρινόμενες με τις αντλίες μεταβλητής παροχής.

B. Αντλίες με μεταβλητή παροχή.

Στην κατηγορία αυτή συναντούμε τις **πτερυγιοφόρες αντλίες** και τις **περιστρεφόμενες εμβολοφόρες αντλίες**.

1. Πτερυγιοφόρες αντλίες (σχ. 2.5β).

Τις μεταχειρίζομαστε για πίεσεις μέχρι 25 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 καταθίβεται υδραυλικό υγρό από το θάλαμο αναρροφήσεως Γ στο θάλαμο καταθίψεως Δ. Η παροχή της αντλίας σε δοσμένη περιστροφική ταχύτητα μεταβάλλεται, αν αλλάζουμε την έκκεντροτήτη ε του δρομέα ως προς το κέλυφος Ε. Επί πλέον με αλλαγή του προσήμου της έκκεντροτητας (π.χ.-e) μπορούμε να επιτύχομε αναστροφή στη ροή του υγρού.



Σχ. 2.5β.

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 έκκεντροτητας ε, άρα και της παροχής της αντλίας.

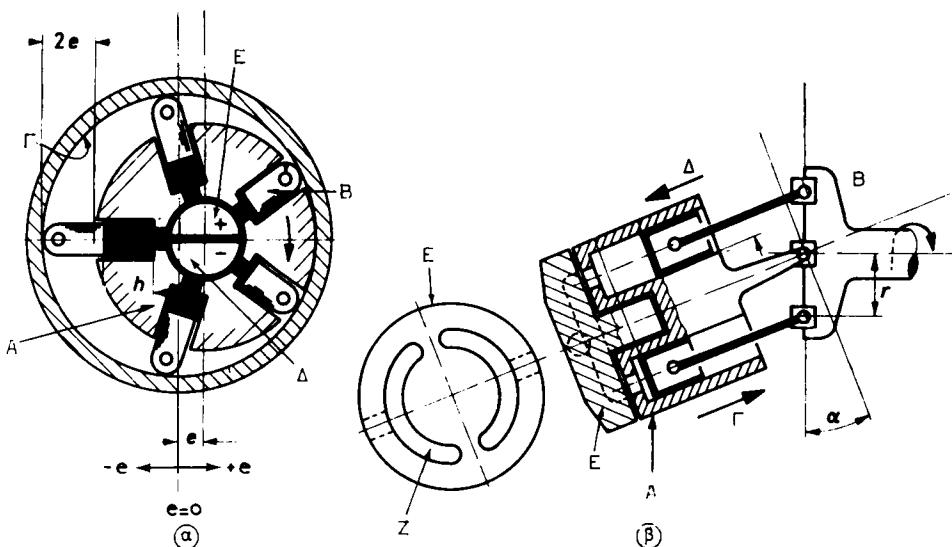
2. Περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες (σχ. 2.5γ).

Είναι αντλίες ψηλής πίεσεως, γιατί μπορούν να αναπτύξουν πίεση μέχρι 150 kp/cm^2 περίπου. Τις συναντούμε ως **ακτινικές** και ως **αξονικές**.

Η ακτινική περιστροφική εμβολοφόρας αντλία [σχ. 2.5γ(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 2.5γ (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. 2.5γ.

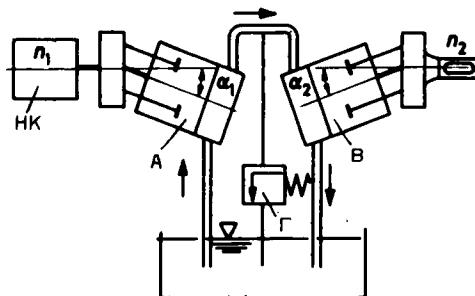
Πώς λειτουργεί: α) Η άκτινη περιστροφική εμβολοφόρος αντλία. β) Η αξονική περιστροφική εμβολοφόρος αντλία (Γ αναρρόφηση, Δ κατάθλιψη, E σταθερή πλάκα με δύο αυλάκια Z περιφερειακά για τη δίοδο του υδραυλικού υγρού).

2.5.3 Υδραυλικοί κινητήρες.

Οι αντλίες, για τις οποίες μιλήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο 2.5.2 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.

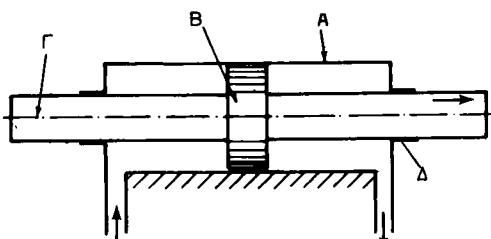
Υδραυλικοί κινητήρες με παλινδρομούντα πτερύγια ή περιστρεφόμενοι εμβολοφόροι υδραυλικοί κινητήρες μπορούν να συνδυασθούν με αντίστοιχες αντλίες και να άποτελέσουν **υδραυλικά ζεύγη αντλίας – κινητήρα** (σχ. 2.5δ) με μεταβλητή περιστροφική ταχύτητα εξόδου (περιστροφική ταχύτητα υδραυλικού κινητήρα), 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. 2.5ε), όπου ο κύλινδρος Α παραμένει σταθερός και το έμ-



Σχ. 2.5δ.

Ζεύγος αντλίας Α υδραυλικού κινητήρα Β (αξονική περιστροφική έμβολοφόρος αντλία και αντίστοιχος υδραυλικός κινητήρας) (ΗΚ πλεκτροοκινητήρας, Γ βαλβίδα ανακουφίσεως).



Σχ. 2.5ε.

Το ζεύγος υδραυλικού κυλίνδρου - εμβόλου. (Α υδραυλικός κύλινδρος, Β έμβολο, Γ βάκτρο, Δ μέσο στεγανοποίησεως).

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.

2.6 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων και κομματιών.

2.6.1 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. 1.1.3, 1.6), που ασκούνται επάνω στο εργαλείο και στο κομμάτι. Επίσης 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

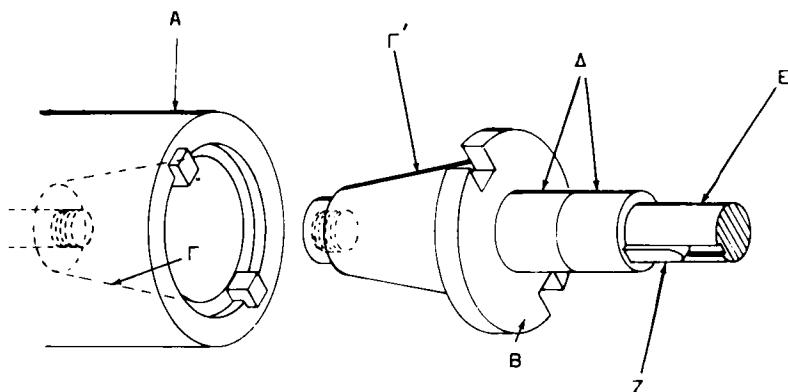
προξενήσει και ανωμαλίες στη διεξαγωγή της κάτεργασίας) θα πρέπει και τα δύο αυτά να είναι **σφιχτά και με ασφάλεια συγκρατημένα**.

Παρακάτω θα μιλήσουμε 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 αυτή εργαλειομηχανή που θα εξετάζομε στα επόμενα Κεφάλαια. Επίσης θα παρέχομε κάθε φορά και πληροφορίες σχετικά με τις **ιδιοσυσκευές** (μη τυπικές συσκευές συγκρατήσεως) που χρησιμοποιούμε.

2.6.2 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 (φραίζες, τρυπάνια κ.α.) τις συσκευές παρόμοιες με αυτή που εικονίζεται στο σχήμα 2.6a. 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.



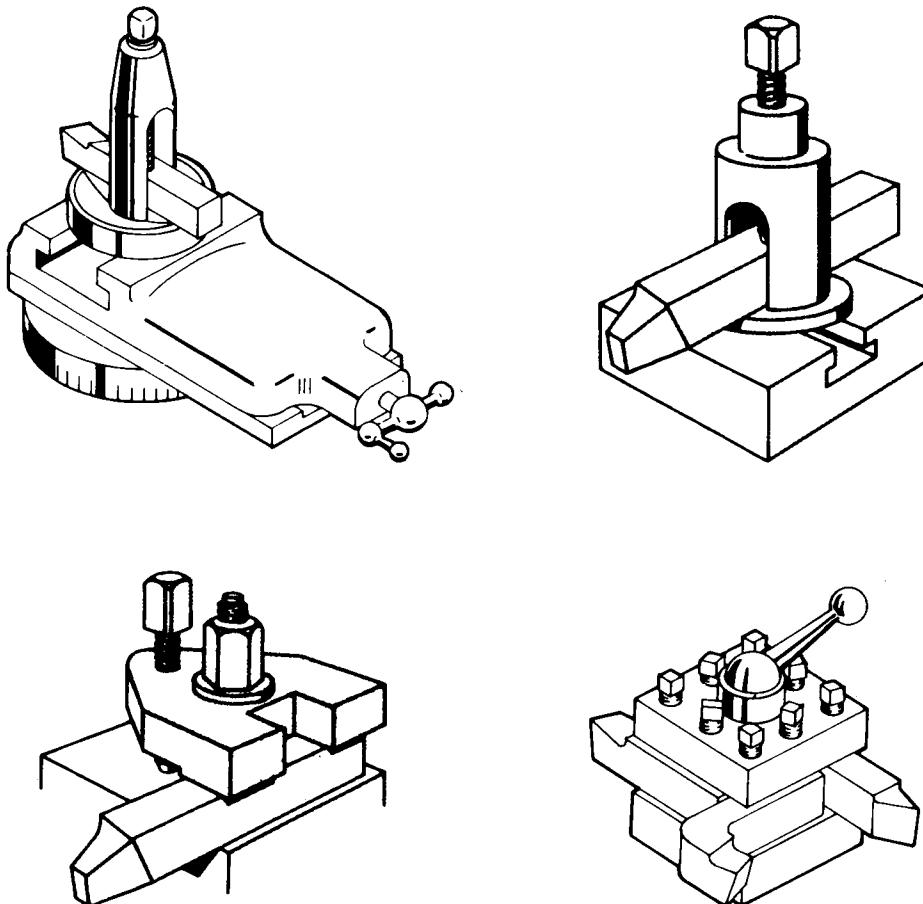
Σχ. 2.6a.

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 τραπεζο-πλάνη) ή μετακινούμενων (εργαλεία πλανίσματος σε βραχεία πλάνη) κοπτικών εργαλείων μεταχειρίζόμαστε εργαλειοδέτες, όπως μας δείχνει το σχήμα 2.6β.

2.6.3 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:



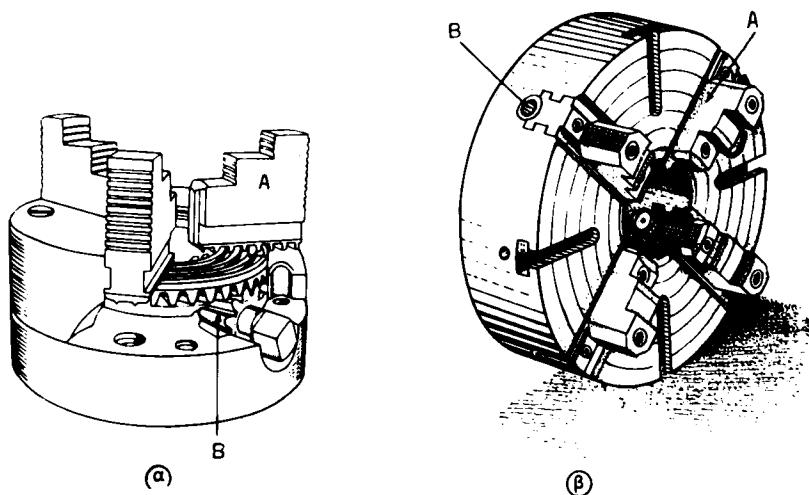
Σχ. 2.6γ.
Εργαλειοδέτες.

A. Για περιστρεφόμενα κομμάτια.

1. Σφιγκτήρες ή Τύποι.

Η συγκράτηση κομματιών σε σφιγκτήρα είναι εύκολη, γρήγορη και ακριβής. Ο σφιγκτήρας βιδώνεται στο σπείρωμα 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, τρεις ή τέσσερες σιαγόνες ή μάγουλα [σχ. 2.6γ (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 όμως και σφιγκτήρες συνήθως με τέσσερες σιαγόνες [σχ. 2.6γ (β)] που ε-



Σχ. 2.6γ.

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.

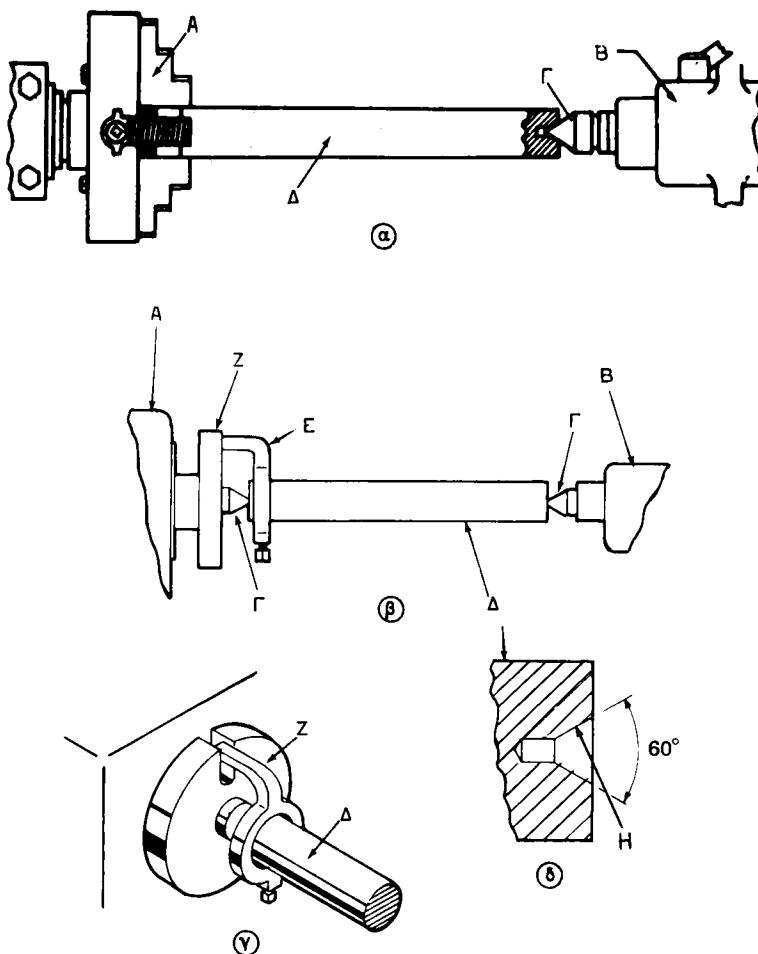
Προτυποποιημένα κέντρα με κωνικό στέλεχος χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση κυλινδρικών κομματιών με σχετικά μεγάλο μήκος. Η στήριξη του κομματιού μπορεί να γίνει είτε ανάμεσα στο σφιγκτήρα και σε κέντρα [σχ. 2.6δ (α)] είτε ανάμεσα σε δύο κέντρα [σχ. 2.6 δ(β)]. Στο άκρο του κομματιού που θα στηριχθεί σε κέντρο διαμορφώνομε κατάλληλη κωνική έδρα [σχ. 2.6δ (δ)]. Για επιτυχή κατεργασία οι πόντες θα πρέπει να ισογυρίζουν.

Στην περίπτωση στηρίζεως ενός κομματιού ανάμεσα σε δύο κέντρα, για τη μετάδοση της κινήσεως από την ατρακτο της έργαλειομηχανής στο κομμάτι χρησιμοποιούμε ένα ειδικό σφιγκτήρα Ζ που τον ονομάζουμε **καρδιά**.

Για καλύτερη στήριξη λεπτών κυλινδρικών κομματιών με μεγάλο μήκος χρησιμοποιούμε **κινητά η σταθερά καβαλλέτα** (σχ. 2.6ε).

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 κομματών. 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. 2.6στ (β)) που στερεώνονται με κοχλίες. Οι σιαγόνες μετακινούνται, όπως και σε ορισμένους σφιγκτήρες, η μία ανεξάρτητα από την άλλη.

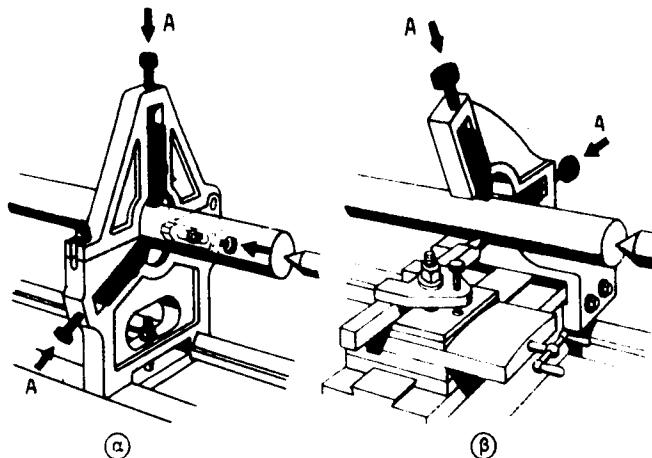


Σχ. 2.65.

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).

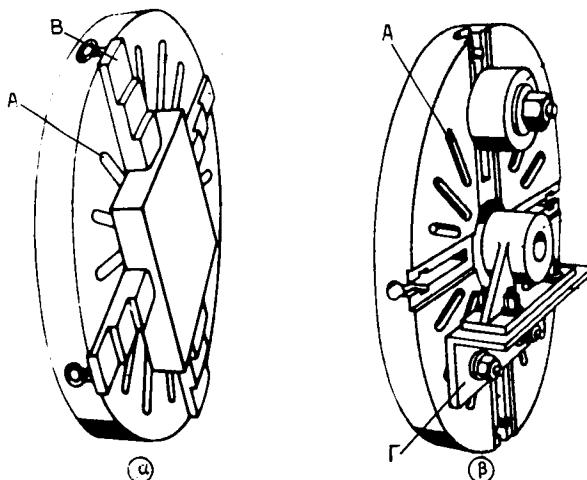
4. Συστελλόμενοι σφιγκτήρες ή τσιμπίδες (σχ. 2.6ζ).

Κυλινδρικά κομμάτια μικρής σχετικά διαμέτρου ή κυλινδρικές ράβδοι σε αυτόματα ή ημιαυτόματα μηχανήματα συγκρατούνται με ευκολία και με ακρίβεια σύγκεντρικότητας 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. 2.6ε.

α) Σταθερό, β) κινητό καβαλλέτο. (Α ρυθμιστικοί κοχλίες σιαγώνων).



Σχ. 2.6στ.

Πλατώ.

κτηρες για τη συγκράτηση κομματιών ή ράβδων άλλης μορφής από την κυλινδρική, όπως τετραγωνικής, εξαγωνικής κλπ. Επίσης συναντούμε και βαθμιδωτούς ελατηριωτούς σφιγκτήρες.

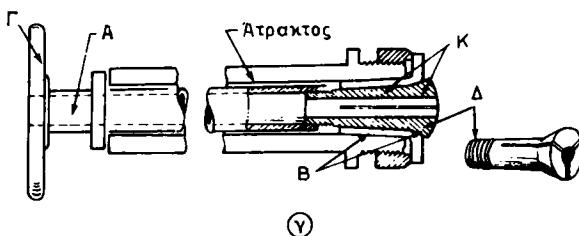
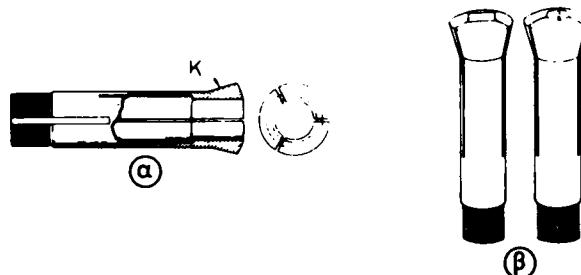
5. Βοηθητικοί άξονες (σχ. 2.6η).

Με αυτούς συγκρατούμε ανάμεσα σε κέντρα κοίλα κυλινδρικά κομμάτια για παραπέρα κατεργασία. Με τους ολόσωμους βοηθητικούς άξονες [σχ. 2.6η (α)] συγκρατούμε κομμάτια των οποίων το κοίλο έχει κατεργασθεί με ακρίβεια, ενώ στα άλλα είδη βοηθητικών αξόνων [σχ. 2.6η (β), (γ), (δ)] μπορούμε να στηρίζομε κομμάτια που το κοίλο τους δεν το έχομε κατεργασθεί με μεγάλη ακρίβεια.

B. Για σταθερά ή μετακινούμενα κομμάτια.

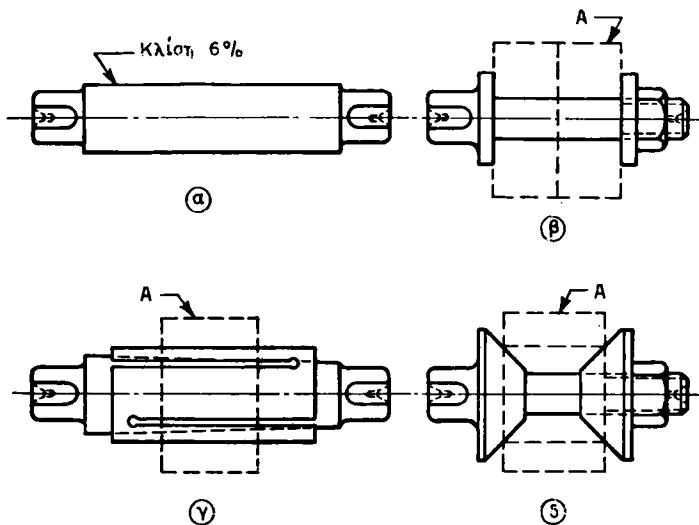
1. Μέγγενες εργαλειομηχανών.

Ποικίλα είδη, μέγγενης κατάλληλα προσαρμοζόμενα στην τράπεζα της εργα-



Σχ. 2.6ζ.

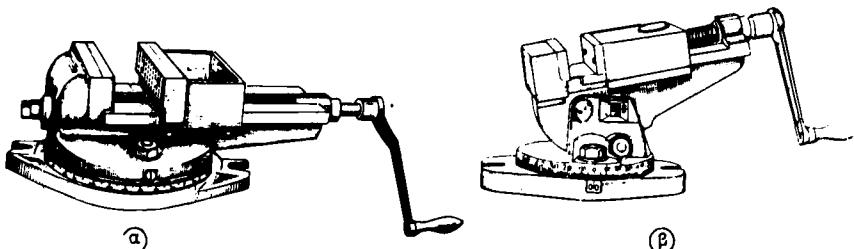
Συστελλόμενοι σφιγκτήρες (τσιμπίδες): α) Για κυλινδρικές ράβδους. β) Για τετραγωνικές και εξαγωγικές. γ) Προσαρμογή ενός συστελλόμενου σφιγκτήρα στην άτρακτο ενός τόρνου (Κ κωνικότητα, Α μοχλός έλξεως, Β κωνική φωλιά, Γ χειροτροχός, Δ τσιμπίδα). Με το βίδωμα του μοχλού έλξεως Α έλκεται ο σφιγκτήρας και λόγω της κωνικότητας Κ αναγκάζεται να κλείσει και να σφίξει το κομμάτι.



Σχ. 2.6η.

Βοηθητικοί άξονες: α) Ολόσωμος. β) Για συγκράτηση πολλών όμοιων κομματιών. γ) Συστελλόμενος. δ) κωνικός. (Α κομμάτι).

λειομηχανής που θα πρέπει να διαθέτει αυλάκια μορφής T (π.χ. στην τράπεζα μιας φραιζομηχανής ή ενός δραπάνου) χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση των κομματιών (σχ. 2.6θ, Μ.Ε, σχ. 4.2δ).



Σχ. 2.6θ.

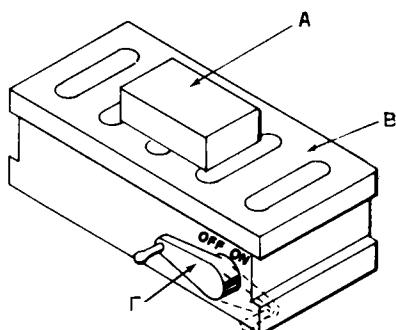
Μέγγενες εργαλειομηχανών: α) Με μοιρογνωμόνιο. β) Γενικής χρήσεως (γιουνιβέρσαλ).

2. Μέσα για την κατευθείαν στήριξη κομματιών σε τράπεζα με αυλάκια μορφής T.

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 βλέπομε στο σχήμα 2.6ι.

3. Μαγνητικοί σφιγκτήρες ή μαγνητικά τσοκ (σχ. 2.6ια).

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.

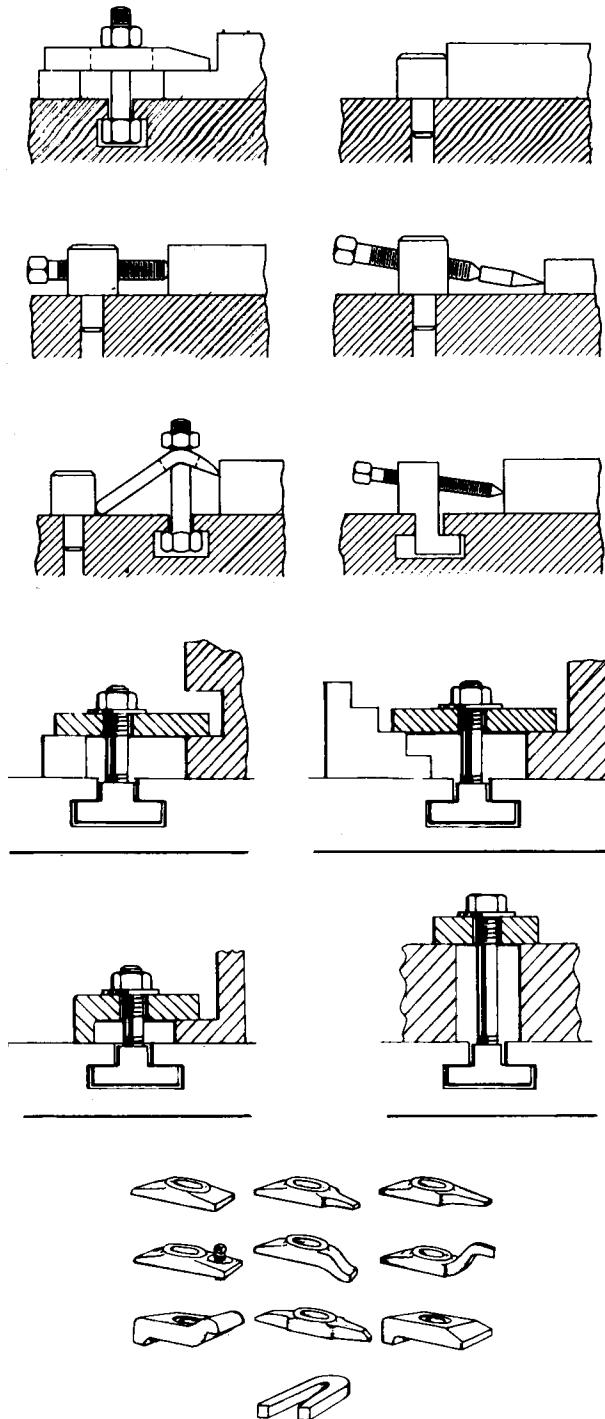


Σχ. 2.6ια.

Μαγνητικός σφιγκτήρας (μαγνητικό τσοκ). (Α κομμάτι, Β μαγνητικός σφιγκτήρας, Γ διακόπτης).

2.7 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Να μνημονεύσετε τρία δομικά στοιχεία μιας εργαλειομηχανής κοπής.



Σχ. 2.6ι.

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 χωτού από φαιό χυτοσίδηρο;
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 επιτυγχάνουμε με τη χρήση των ολισθητήρων στις εργαλειομηχανές; Να σχεδιάσετε τη διατομή δύο μορφών (κατ' επίλογη) 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 εύχροστη;
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 συνηθισμένος 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 2.3.1 να βρίτε ποιες 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 2.3η.
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/μίν και η διάμετρος της μικρότερης τροχαλίας του άξονα I είναι $d_1 = 75$ mm. Οι περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II ακολουθούν γεωμετρική πρόδοδο και έχουν ακραίες τιμές $n_{II} = 280$ στρ/μίν και $n_{III} = 710$ στρ/μίν.
- Ζητούνται:
- Να υπολογισθεί ο λόγος φ της κλιμακώσεως των περιστροφικών ταχυτήτων του άξονα II και να εκλεγεί ο πλησιέστερος προτυποποιημένος.
 - Να εκλεγούν οι προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες του άξονα II.
 - Να υπολογισθούν οι διάμετροι των βαθμίδων και των δύο τροχαλιών και
 - 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 οι διάμετροι μεταβάλλεται ανάμεσα στις ακραίες τιμές $D_\epsilon = 8$ mm και $D_\mu = 20$ mm και με ταχύτητες κοπής που να κυμαίνονται από $v_\epsilon = 22$ m/min ως $v_\mu = 35$ 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:
- Να υπολογίσετε τις ακραίες περιστροφικές ταχύτητες n_ϵ και n_μ του κιβωτίου και να εκλέξετε τον προτυποποιημένο λόγο φ για την κλιμάκωσή τους.
 - Να διαλέξετε προτυποποιημένες τιμές για τις περιστροφικές ταχύτητες της άτρακτου.
 - Να σχεδιάσετε το κινηματικό διάγραμμα του κιβωτίου και
 - να χαράξετε το δικτυωτό του διάγραμμα.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

3.1 Γενικά.

Όπως γνωρίζομε, οι εργαλειομηχανές αποτελούνται από σταθερά, περιστρεφόμενα ή παλινδρομούντα μέρη και οι διάφορες κινήσεις σε αυτές γίνονται συνήθως με συνδυασμούς μηχανικών, ηλεκτρικών, ύδραυλικών και πνευματικών συστημάτων. Η σχετική θέματα κίνηση επιφανειών της εργαλειομηχανής που τρίβονται προσενεί, με την πάροδο του χρόνου, φθορά τους με συνέπεια αρχικά μείωση της ποιοτικής τους ικανότητας και τελικά την ακαταλλότητά τους για εργασία. Εξάλλου η αστοχία μιας εργαλειομηχανής, πέρα από τη φθορά της, μπορεί να οφείλεται και σε ξαφνική βλάβη η καταστροφή κάποιου (ή κάποιων) εξαρτήματος της στο αρχικό στάδιο λειτουργίας της, λόγω ελαπτωματικού υλικού κατασκευής ή 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 **επακευάζεται**. 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 των 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 διακρίνουμε:

- α) Σε **εργασίες προληπτικής συντηρήσεως και**
- β) σε **εργασίες επισκευών.**

3.2 Η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών.

3.2.1 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 ένδεχόμενης βλάβης (επισήμανση κάθε αρχόμενης φθοράς ή ανωμαλίας σε τρόπο, ώστε αυτή να μην προχωρήσει και επιφέρει σοβαρή βλάβη στην εργαλειομηχανή) και με έγκαιρο πρόγραμματισμό των επισκευών τους πρωτού 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, μακραίνει 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 αυτονότητο ότι για καθένα από τα είδη αυτά προληπτικής συντηρήσεως που θεωρούμε σκόπιμο και αποφασίζομε να το έφαρμόσουμε, θα πρέπει να καταρτισθούν λεπτομερείς οδηγίες εκτελέσεώς του.

Παρακάτω θα δώσουμε ένδεικτικά πληροφορίες για την εκτέλεση της ημερήσιας και της τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως των εργαλειομηχανών, τις οποίες και θεωρούμε πιο σημαντικές.

3.2.2 Εργασίες ημερήσιας προληπτικής συντηρήσεως.

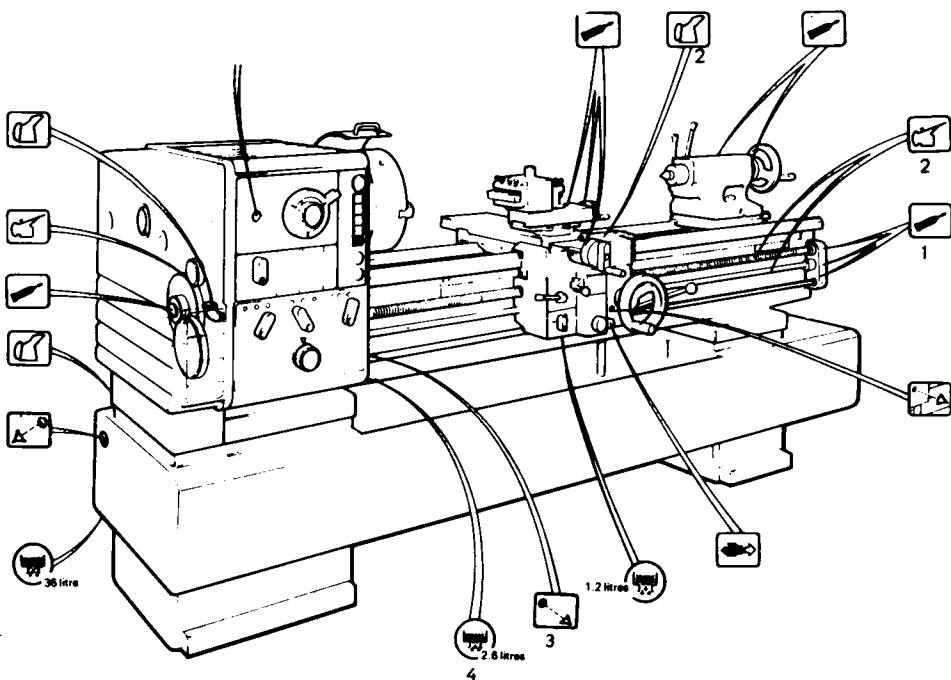
Εκτελούνται συνήθως μετά το πέρας της εργασίας από το χειριστή της εργαλειομηχανής κάθε εργάσιμη μέρα και περιλαμβάνουν:

α). Επιθεώρηση της εργαλειομηχανής.

Αυτό αποβλέπει στη διαπίστωση τυχόν φθορών που αρχίζουν και γενικά κάθε αποκλίσεως από ό,τι ονομάζουμε **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. Ένδεικτικά 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 σύντηρήσεως.

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 3.2 εικονίζεται το διάγραμμα λιπάνσεως ενός τόρνου.



Σχ. 3.2.

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 3.2.1 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-

ναγράφεται πότε έγινε η συντήρηση και να βεβαιώνεται αυτό με την υπογραφή του εργοδηγού.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2.1.

Συνιστώμενα λιπαντικά για τις εργαλειομηχανές

Μέρος ή στοιχείο εργαλειομηχανής ή είδος λιπαντικού	Είδος λιπαντικού*			
Άτρακτοι, έδρανα	1	2	—	—
Μηχανισμοί προώσεως (οδηγοί κοκκίνες, περικόχλια, οδοντωτοί κανόνες κ.α.)	1	—	3	—
Οδοντοτροχοί	1	—	3	—
Ατέρμονες κοκκίνες	1	—	3	—
Ολισθητήρες	1	—	—	4
Υγρό υδραυλικών συστημάτων	—	2	—	—
Λιπαντικό γενικής χρήσεως	1	—	—	—

* 1 καθαρά ορυκτέλαια, 2 ορυκτέλαια με εξαιρετικές αντιοξειδωτικές και αντιδιαβρωτικές ιδιότητες, δπως και ιδιότητες αντιφθοράς, 3 ορυκτέλαια με εξαιρετικές ιδιότητες αντοχής σε ψηλές πιέσεις, 4 ορυκτέλαια με εξαιρετικές ιδιότητες για λίπανση ολισθητήρων.

3.2.3 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 οδηγών:

- 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.

3.3 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 εφικτό, 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.

3.4 Ερωτήσεις.

1. Ποιοι είναι οι στόχοι της συντηρήσεως των εργαλειομηχανών;
2. Ποια είναι η πηγή από την οποία πάρονται 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 κάνομε σε μιαν εργαλειομηχανή.
5. Πώς έκτελούμε τη λίπανση μιας εργαλειομηχανής;
6. Να αναφέρετε εργασίες που έκτελούμε στην τριμηνιαία προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών.
7. Πότε μια εργαλειομηχανή έχει ανάγκη επισκευής;
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.

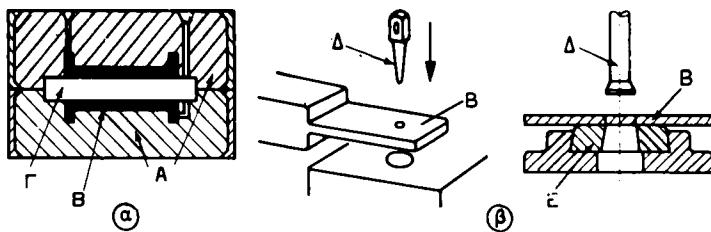
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΤΡΥΠΑΝΙΣΜΑ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΔΡΑΠΑΝΑ

4.1 Γενικά για το άνοιγμα και την αποπεράτωση (τελείωμα) οπών.

Σε πολλά κομμάτια που κατεργαζόμαστε στο μηχανουργείο, για τον ένα η για τον άλλο λόγο, χρειάζεται να ανοίξομε 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 διευρύνομε η να αποπερατώσομε 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 αξονα, 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. 4.3β(α)(1) Μ.Τ.Β'], που είναι κατάλληλο για να ανοίγομε από την αρχή διαμπερείς η τυφλές τρύπες, όπως και για να διευρύνομε ή να αποτελείωνομε υφιστάμενες τρύπες. Υπάρχουσες τρύπες μπορούμε να τις κατεργασθούμε παραπέρα, για να τις διευρύνομε σε δόλο το μήκος τους ή και να δώσομε σε αυτές μεγαλύτερη ακρίβεια και βελτιωμένη τραχύτητα επιφάνειας με **γλύφανση** [Μ.Τ.Β' σχ. 4.3β (α) (2)], με **λείανση** [σχ. 4.3η (ε) (3)], με **χόνιγκ** [σχ. 4.3θ (α)] ή με **εσωτερική τόρνευση** [σχ. 4.3α (α) (2)]. Μπορούμε ακόμα σε τρύπες να κάμομε μερική διεύρυνση, να ανοίξομε σπείρωμα ή να διαμορφώσομε τα άκρα τους. Οι τελευταίες αυτές κατεργασίες σε τρύπες μαζί με τη γλύφανση είναι κατεργασίες **παρόμοιες 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 οτι τρύπες (χαμηλής όμως ποιότητας) είναι δυνατό να ανοιχθούν σε ελάσματα με **αποκοπή** [Μ.Ε., παράγρ. 18.2 (Ε), σχ. 4.1 (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 παραλείψομε και μη συμβατικές μεθόδους αφαιρέσεως μετάλλου, οι οποίες προσφέρονται για το άνοιγμα οπών σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. αφαίρε-



Σχ. 4.1.

Άνοιγμα οπών: α) Με χύτευση. β) Με απότμηση.
Α καλούπι χυτεύσεως, Β κομμάτι, Γ καρδιά, Δ επιβολέας, Ε μήτρα.

ση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα, παράγρ. 4.4.1, ηλεκτροχημική αφαίρεση μετάλλου, παράγρ. 4.4.2 Μ.Τ.Β' 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 έσωτερική τόρνευση θα μιλήσομε στο σχετικό με την κάθε μια από τις κατεργασίες αυτές Κεφάλαιο.

4.2 Το τρυπάνισμα και το δράπανο.

4.2.1 Γενικά για το τρυπάνισμα.

Τον ορισμό και την κινηματική του τρυπανίσματος τα δώσαμε στην παράγραφο 4.3 (β) [σχ. 4.3β (α) (1) Μηχ. Τεχν. Β'], όπου μιλήσαμε συνοπτικά για τις κυριότερες κατεργασίες κοπής.

Με το τρυπάνισμα, που, όπως είπαμε και στην προηγούμενη παράγραφο, ανοίγομε διαμπερέις 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 $1\frac{1}{2}"), χωρίς όμως να αποκλείεται και το άνοιγμα οπών με πολύ μικρές διαμέτρους (π.χ. 0,025 mm) ή και με πολύ μεγάλες (π.χ. 150 mm).$

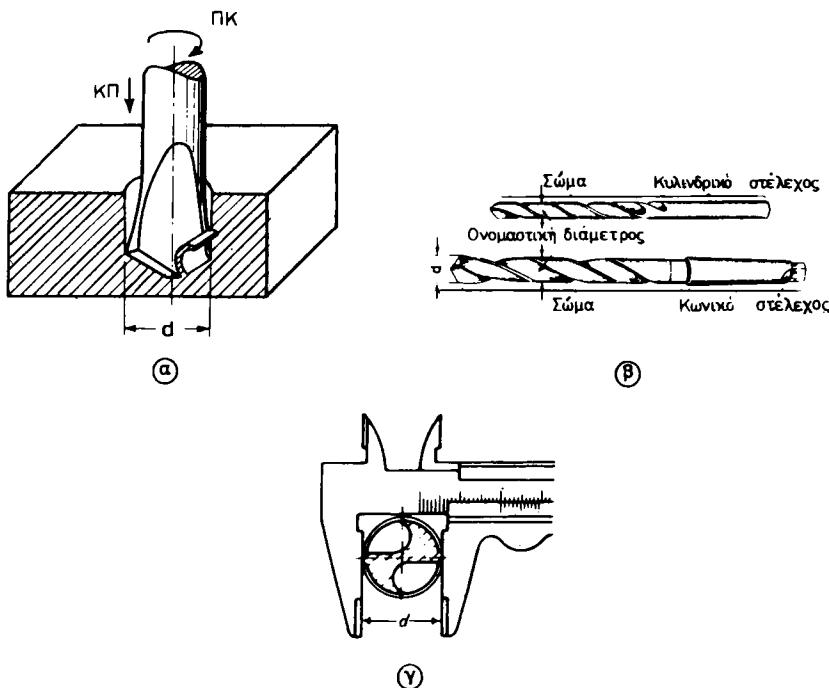
Δύο παράγοντες επιδρούν βασικά στην ακρίβεια ανοίγματος μιας τρύπας: Ο ένας είναι η ακρίβεια, με την οποία καθορίζεται η θέση του κέντρου της τρύπας και ο άλλος η ακρίβεια της διαμέτρου της. Η διάμετρος μιας τρύπας προκύπτει μεγαλύτερη από την ονομαστική διάμετρο του τρυπανιού που μεταχειρίζόμαστε για το άνοιγμά της, γίνεται η τρύπα **υπερδιάστατη** ή **οβερσάκ** (oversize) όπως λέμε. Επί παραδείγματι μια τρύπα που ανοίγομε με τρυπάνι $1\frac{1}{2}$ " γίνεται περίπου 0,003" (0,075 mm) υπερδιάστατη (οβερσάιζ). 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 τρυπανιού, σχ. 4.2 ιστ), δράπανο με ψηφιακό έλεγχο, ειδική εργαλειομηχανή μεγάλης ακρίβειας για τρυπάνισμα και εσωτερική τόρνευση (τζιγκ μπόρερ, jig bore) 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.

4.2.2 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 του Μ.Ε. Θεωρούμε όμως σκόπιμο, για λόγους αυτοδυναμίας αυτού του βιβλίου, να κάμομε εδώ μιαν ανακεφαλαίωση των όσων είπαμε και να συμπληρώσουμε με ό,τι θα απαιτηθεί επί πλέον.

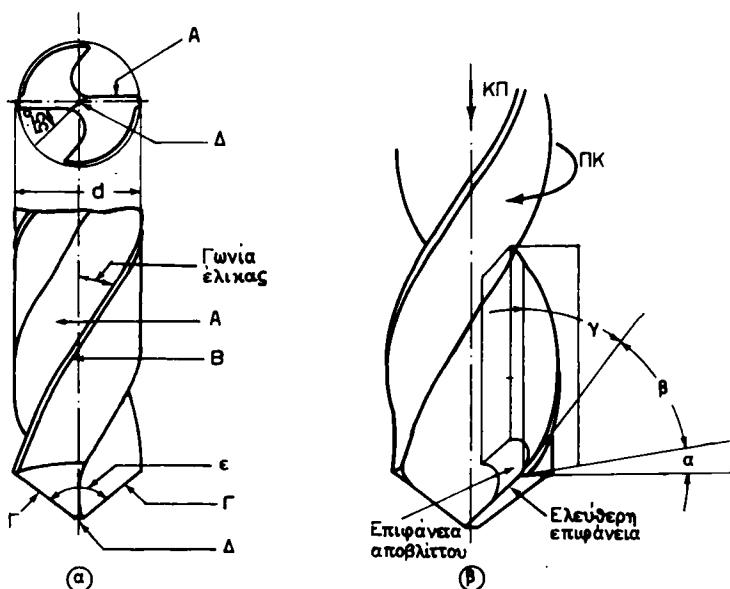


Σχ. 4.2α.

α) Το λογχοειδές τρυπάνι. β) Το ελικοειδές τρυπάνι. γ) Πώς 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. 4.2α (α)], έχει το σχήμα κυλινδρικής ράβδου, που διαμορφώνεται κατάλληλα σε **σώμα, κρψεις** και **στέλεχος** (σχ. 4.2α (β)). Το σώμα του τρυπανιού φέρει τα ελικοειδή αυλάκια Α

[σχ. 4.2β (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. 4.2β (β), παράγρ. 1.3.1]. 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 ε των τρυπανιού, η οποία παίζει σοβαρό ρόλο στο τρυπανισμα. 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° για κατεργασία χαλύβων και χυτοσιδήρων.



Σχ. 4.2β.

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.

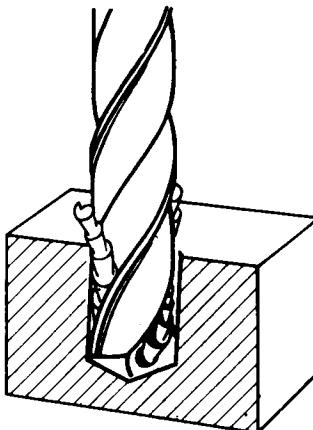
β) Για να κατσαρώνουν τα απόβλιττα, να οδηγούνται εύκολα προς τα έξω και να απορρίπτονται (σχ. 4.2γ) και

γ) για να προσάγεται μέχρι τις κύριες κόψεις του τρυπανιού το υγρό κοπής, που είναι απαραίτητο κατά το τρυπανισμα.

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. 4.2ι (β)]. Η γωνία έλικας σ, η γωνία αποβλίτου γ και η ελεύθερη γωνία α του τρυπανιού μεταβάλλονται κατά μήκος της ακτί-

νας του.. Οι τιμές των γωνιών αυτών, που συνιστώνται για την εκλογή και τὸ τρόχισμα των τρυπανιών, αναφέρονται πάντοτε στην περιφέρεια του τρυπανιού.



Σχ. 4.2γ.

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. 4.2α (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. 4.2α (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 ή 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 αλφαβήτου (τρυπάνια γραμμάτων, M.E., Πίνακας 13.2.1) ή με ένα αριθμό από 1 ως 80 (τρυπάνια αριθμών, M.E., Πίνακας 13.2.2). Για τον έλεγχο της ονομαστικής διαμέτρου μικρών σχετικά τρυπανιών χρησιμοποιούμε τους γνωστούς μας **διαμετρητήρες τρυπανιών** (M.E., παράγρ. 13.2, σχ. 13.2 στ.).

Τα τρυπάνια κατασκευάζονται τόσο από ανθρακούχο χάλυβα εργαλείων (τρυπάνια νερού: κατώτερης ποιότητας, Πίνακας 3.5.2) όσο και από ταχυχάλυβα (τρυπάνια αέρα: ανώτερης ποιότητας, Πίνακας 3.5.3 Μ.Τ.Β'), 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.

4.2.3 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 ονομάζομε **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 4.3β(γ Μ. Τ. Β').

Το δράπανο φαίνεται ότι είναι η αρχαιότερη εργαλειομηχανή (σχ. 4.2δ), γιατί προέρχεται από προσπάθειες των πρωτόγονων ακόμα ανθρώπων να ανοίξουν τρύπες σε αντικείμενα.



Σχ. 4.2δ.

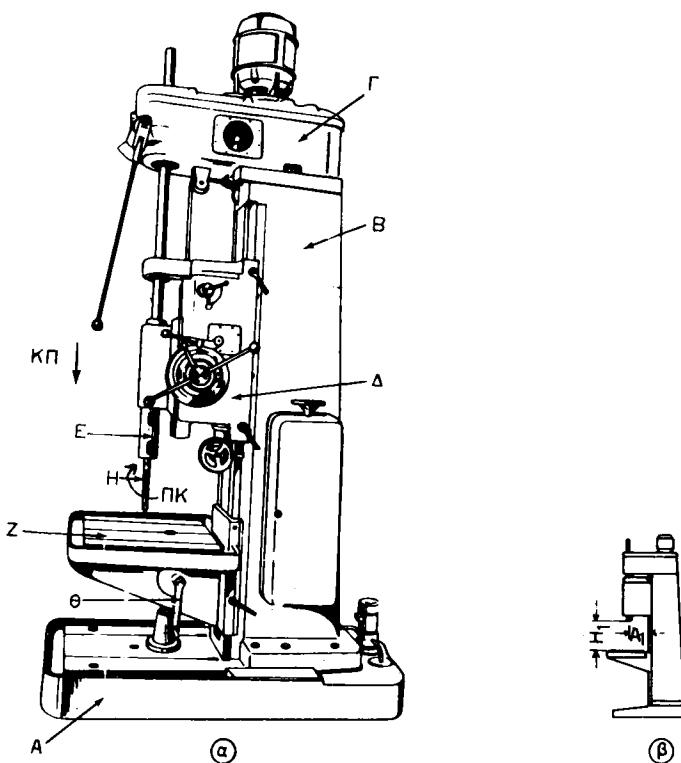
Ο πρωτόγονος άνθρωπος χρησιμοποιεί το τόξο και το βέλος για τρυπάνισμα αντικειμένων.

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. Ετσι, ανάλογα με το βάρος τους κατατάσσουμε τα δράπανα σε **ελαφρά**, σε δράπανα **μέσου βάρους** και σε **βαριά**. Με κριτήριο τη διεύθυνση της κύριας ατράκτου τους διακρίνομε τα δράπανα σε **κατακόρυφα** και σε **οριζόντια**. Το κατακόρυφο δράπανο είναι εκείνο που χρησιμοποιείται πιο πολύ. Ανάλογα πάλι με τον τρόπο με τον οποίο προσδίνομε στα δράπανα την ισχύ τα συναντούμε ως **χειροκίνητα** [Μ.Ε., σχ. 13.1β (β)], ως **μηχανοκίνητα** ή ως **αεροκίνητα**.

Εδώ θα ασχοληθούμε μόνο με τα μηχανοκίνητα δράπανα, που είναι στην ουσία βασικές παραγωγικές εργαλειομηχανές του μηχανουργείου. Στα δράπανα αυτά ανήκουν:

1. Το επιτραπέζιο δράπανο. Είναι ένα απλό και ελαφρό δράπανο για ελαφρές εργασίες. Είναι συνήθως πολύστροφο.

2. Το δράπανο στήλης [σχ. 4.2ε (α), 1.1ε (α) Μ.Τ.Β']. Είναι το δράπανο που το χρησιμοποιούμε πιο πολύ στο μηχανουργείο. Το συναντούμε σε διάφορες παραλαγές 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 4.2.3 (B) παρακάτω.



Σχ. 4.2ε.
Το δράπανο στήλης.

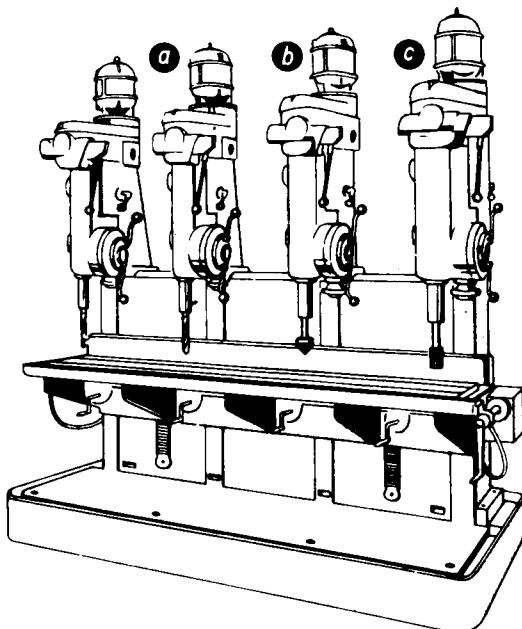
3. Το ακτινωτό δράπανο (ράντιαλ) [σχ. 1.1ε (β) Μ.Τ.Β']. Είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο για εργασίες σε μεγάλα και βαριά κομμάτια και για παραγωγή κατά μονάδα (ένα και έξω), όπως και για παραγωγή σε παρτίδες [παράγρ. 1.1.4 (Α) Μ.Τ.Β']. Στο ακτινωτό δράπανο, λόγω των δυνατοτήτων για μετακίνηση τις οποίες έχει η εργαλειοφόρος του κεφαλή, όπως θα δουύμε αμέσως παρακάτω, είναι δυνατό με ένα και μόνο δέσιμο τού 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. To δράπανο μεταφοράς (σχ. 4.2στ). Είναι ένα δράπανο με πολλές ατράκτους, 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

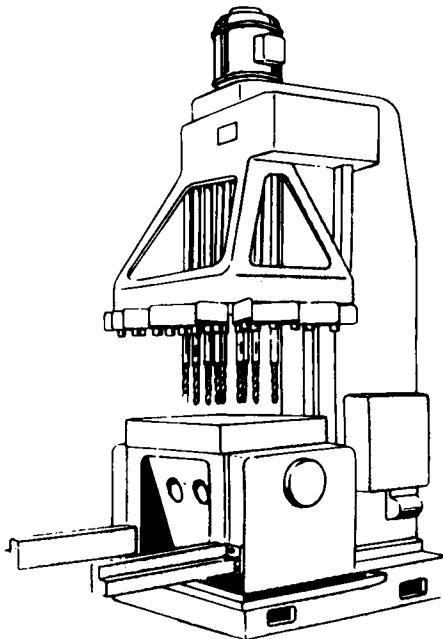


Σχ. 4.2στ.

Το δράπανο μεταφοράς ή δράπανο με ατράκτους στη σειρά.

(τρυπάνισμα εκχονδρίσεως, τρυπάνισμα αποπερατώσεως, έμβύθιση, γλύφανση κ.α.), για άνοιγμα στο ίδιο κομμάτι πολλών οπών με διαφορετική διάμετρο η ίδια και για άνοιγμα οπών του αυτού μεγέθους στη σειρά. Το κομμάτι συνήθως προσδένεται σε ίδιοσυσκευή και μεταφέρεται από τη μία θέση (άτρακτο) στην άλλη από το χειριστή (η τους χειριστές) του δραπάνου αυτού ή και αυτόματα με μετακίνηση της τράπεζας.

5. Το πολυάτρακτο δράπανο (σχ. 4.2ζ). 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 μηχανισμού⁹ μεταδόσεως μεταφορικής κινήσεως (παράγρ. 2.3.4). 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. 4.2ζ.
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 έργασία ένα από τα εργαλεία αυτά. Η περιστροφή της κεφαλής γίνεται αυτόματα. 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. 4.2ιβ (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. 4.2ε (α)] 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 αρθροστάτης**), 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 Z**. Το τρυπάνι Η (ή το παρόμοιο 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.

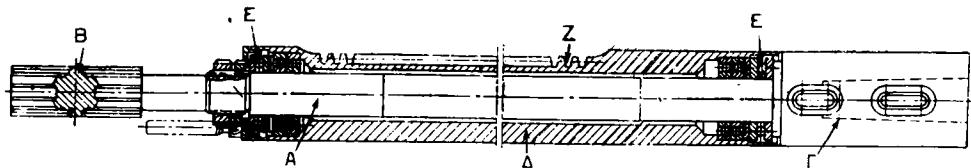
Η στήλη B προσαρμόζεται σταθερά στη βαριά βάση A και φέρει όλες τις λοιπές δομικές μονάδες του δραπάνου, δηλαδή τη σταθερή κεφαλή Γ, την κινητή κεφαλή Δ και την τράπεζα Z. Η στήλη είναι συνήθως κοίλο χυτό σε σχήμα κουτιού (μπορεί να έχει και κυλινδρικό σχήμα). Στην εμπρόσθια πλευρά της έχει κατακορύφους 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 Z 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. 2.3.2(Δ)(1)]. Μπροστά από το κιβώτιο ταχυτήτων, για αύξηση του αριθμού των περιστροφικών ταχυτήτων της ατράκτου, είναι δυνατό να χρησιμοποιείται βαθμιδωτή ιμαντοκίνηση [παράγρ. 2.3.2(Β)] η συνεχής μετάδοση κινήσεως (παράγρ. 2.3.3) η ανταλλακτικό οδοντο-

τροχοί ή ακομα και ηλεκτροκινητήρας με δύο περιστροφικές ταχύτητες (π.χ. με 2800 / 1400 στρ/min).

Η άτρακτος Α του δραπάνου (σχ. 4.2η) 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 κοππικού εργαλείου είτε κατευθεία είτε μέσω κατάλληλης φωλιάς ή άλλου εξαρτήματος. Η άτρακτος στηρίζεται στο χιτώνιο (πινόλη) Δ με κατάλληλα έδρανα κυλίσεως Ε.

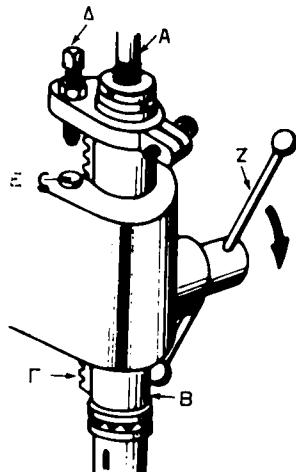


Σχ. 4.2η.

Πώς διαμορφώνεται η άτρακτος του δραπάνου μαζί με το χιτώνιό 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. 2.3.2(Δ)(2)].

Τέλος, ο μηχανισμός προώσεως δίνει την κίνηση προώσεως στην άτρακτο τόσο μηχανοκίνητα (αυτόματη πρώση), όσο και χειροκίνητα. Το ανεβοκατέβασμα της ατράκτου επιτυγχάνεται με ένα ζεύγος οδοντοτροχού — οδοντωτού κανόνα. Ο οδοντωτός κανόνας Ζ (σχ. 4.2η) μορφοποιείται στο χιτώνιο της ατράκτου, ενώ ο οδοντοτροχός μπορεί να πάρει κίνηση είτε από το κιβώτιο προώσεων για την αυτόματη πρώση της ατράκτου είτε απευθείας από χειρομοχλό. Για ρύθμιση της διαδρομής κατά την οποία θα μετακινθεί το τρυπάνι (αυτό καθορίζει το βάθος που θα πάρουν οι τρύπες που ανοίγομε) μεταχειρίζομαστε τη διάταξη που βλέπομε στο σχήμα 4.2θ.



Σχ. 4.2θ.

Διάταξη για τη ρύθμιση του βάθους τρυπανίσματος. Α άτρακτος, Β χιτώνιο ατράκτου, Γ οδοντωτός κανόνας, Δ ρυθμιστικό κοχλίας, Ε ορίο βάθους, Ζ χειρομοχλός.

Γ. Πώς προδιαγράφονται τα 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/mm² 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. 4.2ε (β)]:

- α) Ο προτυποποιημένος κύνος Μορς της ατράκτου.
- β) Το άνοιγμα Α, του δραπάνου.
- γ) Η μέγιστη διαδρομή του τρυπανιού.
- δ) Το μέγιστο ύψος Η, 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/mm²).
- Κύνος ατράκτου: Μορς 5.
- Άνοιγμα δραπάνου: Α₁ = 355 mm.
- Μέγιστη διαδρομή τρυπανιού: 280 mm.
- Μέγιστο ύψος Η₁ = 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.

4.2.4 Χαρακτηριστικά μεγέθη του τρυπανίσματος.

Η **ταχύτητα κοπής** δίνεται από τη σχέση:

$$u = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (4.1)$$

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_{π} σε mm/min, η **πρόωση** σε mm/στρ. και η περιστροφική ταχύτητα του τρυπανιού συνδέονται με τη σχέση:

$$u_{\pi} = n \cdot s \quad \text{ή} \quad s = \frac{u_{\pi}}{n} \quad (4.2)$$

Εδώ μπορούμε να εισαγάγομε και την πρόωση ανά κύρια κόψη $s_z = s/Z$, όπου Z είναι ο αριθμός των κύριων κόψεων του τρυπανιού, συνήθως $Z = 2$.

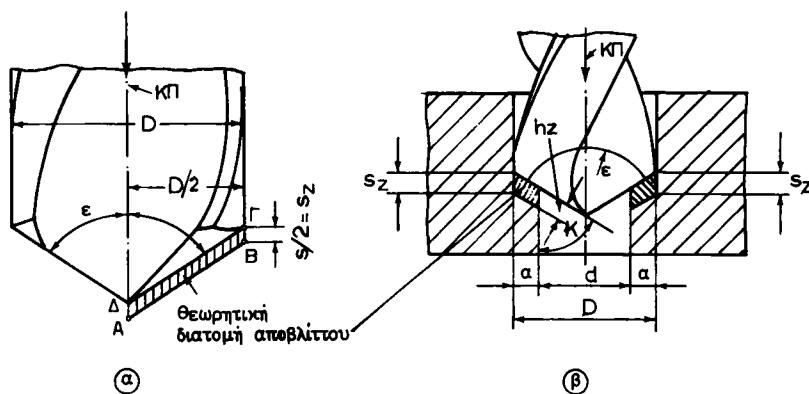
Η Θεωρητική διατομή του αποβλίτου (σχ. 4.2i) Α σε mm^2 εκφράζεται ως εξής:

a) Για πλήρες τρυπάνισμα:

$$A = \frac{D \cdot s_z}{2} = \frac{D \cdot s}{4} \quad (4.3\alpha)$$

b) Για διεύρυνση μιας υπάρχουσας τρύπας με διάμετρο d :

$$\frac{(D - d) \cdot s_z}{2} = \frac{(D - d) \cdot s}{4} \quad (4.3\beta)$$



Σχ. 4.2i.

Χαρακτηριστικά στοιχεία του τρυπανίσματος: α) Πλήρες τρυπάνισμα. β) Διεύρυνση τρύπας.

Το **ρυθμό αφαιρέσεως υλικού Θ** (συνήθως σε cm^3/min) των υπολογίζομε από τη θεωρητική διατομή του αποβλίτου [σχέση (4.3^α)] λασιασμένη επί την ταχύτητα κοπής, δηλαδή:

$$\Theta = A \cdot u = \frac{\pi \cdot s \cdot u}{4} [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (4.4)$$

ή θεωρώντας την εξισωση (4.1) από τη σχέση:

$$\Theta = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{s \cdot n}{1000} [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (4.5)$$

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-

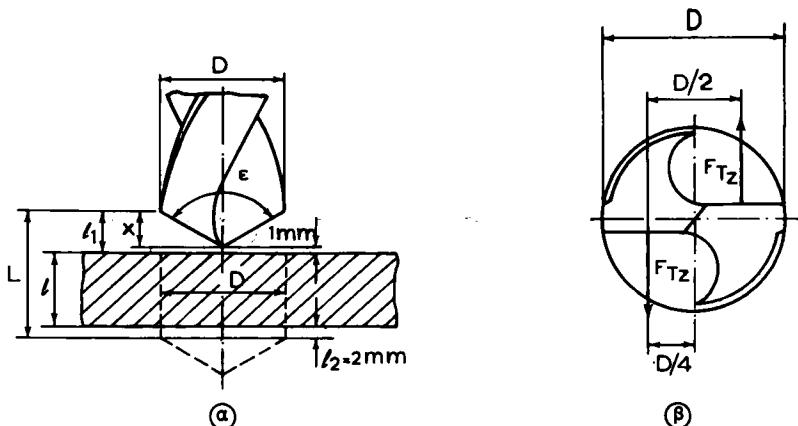
πάνισμα εννοούμε τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το κοπτικό εργαλείο (το τρυπάνι εδώ) εκτελεί μία πλήρη διαδρομή για να ανοίξει μία τρύπα βάθους l mm [σχ. 4.2ια (α)]. Στον υπολογισμό του χρόνου αυτού λαμβάνομε υπόψη και το χρόνο που απαιτείται για την **προσέγγιση** του εργαλείου στο κομμάτι (προώθησή 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:

$$t_c = \frac{L}{u_{\pi}} = \frac{L}{s \cdot n} \quad [\text{min}] \quad (4.6)$$

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. 4.2ια.

- 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. 4.2ια (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 (1.9) παίρνει τη μορφή:

$$N_k = \frac{F_{Tz} \cdot u}{6120} \quad [\text{kW}] \quad (4.7)$$

όπου το F_{Tz} δίνεται σε kp και το u σε m/min. Επίσης η ροπή στρέψεως M_d σε cm.kp εκφράζεται ως:

$$M_d = \frac{D \cdot F_{Tz}}{2} \cdot \frac{1}{10} = \frac{D \cdot F_{Tz}}{20} \quad (4.8)$$

Αντικαθιστώντας τώρα το u της σχέσεως (4.1) και το F_{Tz} που προκύπτει από τη σχέση (4.8) στην εξισώση (4.7) και εκτελώντας τις πράξεις παίρνομε τελικά την ακόλουθη έκφραση για την ισχύ κοπής κατά το πλήρες τρυπάνισμα:

$$N_k = \frac{M_d \cdot n}{97410} [\text{kW}] \quad (4.9)$$

Η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη F_{Tz} που μας είναι απαραίτητη για να βρούμε τη ροπή στρέψεως [σχέση (4.8)], βρίσκεται με βάση την ειδική αντίσταση κοπής k_s (παράγρ. 1.6.2), δηλαδή:

$$F_{Tz} = A \cdot k_s = \frac{D}{2} \cdot s_z \cdot k_s = \frac{D}{2} \cdot \frac{h_z}{\eta_m(\omega_z)} \cdot k_s \quad (4.10)$$

αν λάβομε υπόψη τη σχέση (4.3a) και ότι [σχ. 4.2ι (β)]:

$$h_z = s_z \cdot \eta_m = s_z \cdot \eta_m (\epsilon_z) \quad (4.11)$$

όπου h_z σε mm είναι το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου. Επειδή όμως η ειδική αντίσταση κοπής, όπως γνωρίζομε (παράγρ. 1.6.2), εξαρτάται από το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου κατά τη σχέση:

$$k_s = k_1 h_z^{-z} \quad (4.12)$$

η συνιστώσα F_{Tz} [σχέση (4.10)] τελικά θα πάρει τη μορφή:

$$F_{Tz} = \frac{k_1 \cdot D}{2 \eta_m(\epsilon_z)} \cdot h_z^{(1-z)} \quad (4.13)$$

Εφόσον έχομε υπολογισμένο το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου h_z [σχέση (4.11)], μπορούμε να βρούμε τη συνιστώσα F_{Tz} είτε με τη βοήθεια της εξισώσεως (4.10), αφού όμως πάρομε τη τιμή του k_s για το δοσμένο h_z από τον Πίνακα 1.6.1 για το υλικό που πρόκειται να κατεργασθούμε, είτε χρησιμοποιώντας τη σχέση (4.13) 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_ϕ [σχέση (1.10)] ανάμεσα στις τιμές 1,25 και 1,40. Στην περίπτωση που διευρύνομε μια τρύπα με τρυπάνι πάρινομε 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 (1.12), όπου ο συνολικός μηχανικός βαθμός αποδόσεως ή 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. 4.2ια) 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 4.2.1). Εκλέγομε ταχύτητα κοπής $u = 28$ m/min και πρώση $s = 0,31$ mm/στρ. (είναι προτυποποιημένη) με τη βοήθεια των Πινάκων 4.2.3 και 4.2.2 αντιστοίχως [παράγρ. 4.2.5(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 τρυπανίου και από αυτή που θα βρείτε να διαλέξετε την πλησιέστερη προτυποποιημένη.

β) Το ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου Θ σε cm^3/min και

γ) το χρόνο που θα χρειασθεί το τρυπάνι για να ανοίξει την τρύπα (χρόνος κοπής t_c).

α) Περιστροφική ταχύτητα [σχέση (4.1)]:

$$n = \frac{1000 u}{\pi D} = \frac{1000 \times 28}{3,14 \times 25} = \frac{28000}{78,5} = 356 \text{ στρ/min.}$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.1.

Γωνίες κορυφής γωνίες έλικας, μορφή και τύπος τρυπανίων για δάφορα 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°	10° 15°	H
Πλαστικές ύλες	50° 80°	10° 15°	H
Σκληρό χαρτί, βακελίτης, μάρμαρο	80° 90°	10° 15°	H

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2.

Συνιστώμενες πημές για την πρόωση σ κατά το τρυπάνισμα διαφόρων υλικών με ελικοειδές τρυπάνι από ταχυχάλυβα.

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως (kp/mm ²) ή σκληρότητα σε Brinell	Πρόωση s (mm/στρ) για 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 0,02...0,125	0,1 ...0,14 0,12...0,18	0,14...0,2 0,18...0,24	0,2 ...0,24 0,24...0,32
Ανοξείδωτοι χάλυβες	38... 52	0,03...0,16	0,16...0,24	0,24...0,32	0,32...0,4
Χυτοχάλυβες	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
Φαιός χυτοσίδηρος		0,04...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		0,02...0,125	0,12...0,18	0,18...0,24	0,24...0,32
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		0,05...0,24	0,24...0,3	0,3 ...0,45	0,45...0,56
Κράματα αργιλίου		0,4 ...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
Ορείχαλκος		0,04...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
Κρατέρωμα		0,08...0,32	0,32...0,45	0,45...0,56	0,56...0,70
Πλαστικά					

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.3.

Συστάσεις για την εκλογή της ταχύτητας κοπής υ για τρυπάνισμα διαφόρων υλικών με ελικοειδές τρυπάνι από ταχυχάλυβα.

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως (kp/mm ²) 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 70
Ορείχαλκος	ως 70	ως 70
Κρατέρωμα		15...30
Πλαστικά		

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 (4.4)]:

$$\Theta = \frac{D \cdot s \cdot u}{4} = \frac{25 \times 0,31 \times 28}{4} = 54,1 \text{ cm}^3/\text{min.}$$

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 τό 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 (1.12), δηλαδή:

$$N_0 = \frac{N_{k\delta}}{\eta} = \frac{K_\phi \cdot N_k}{\eta}$$

όπου K_ϕ είναι διορθωτικός συντελεστής λόγω φθοράς του τρυπανιού, τον οποίο εκλέγομε ίσο με 1,30 (παράγρ. 4.2.4).

Για να βρούμε όμως την ισχύ κοπής N_k [σχέση (4.9)], θα πρέπει να υπολογίσουμε τη ροπή-στρέψεως M_d [σχέση (4.8)] από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής F_{Tz} [σχέση (4.10)] ακολουθώντας την παρακάτω σειρά υπολογισμών:

$$h_z = s_z \cdot \eta\mu(\epsilon/2) = \frac{s}{2} \cdot \eta\mu(\epsilon/2) = \frac{0,31}{2} \times \eta\mu 60^\circ = \frac{0,31}{2} \times 0,866 = 0,134 \text{ mm.}$$

Στην τιμή αυτή θεωρητικού πάχους αποβλίπτου 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. 4.2.4), 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.

4.2.5 Εκτέλεση του τρυπανίσματος.

A. Ανάλυση των εργασιών για την κατεργασία ενός κομματιού. Το φύλλο κατεργασίας.

Στην παράγραφο 1.1.4(B M.T.B'), 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 επιθεώρηση 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 δώσομε 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 1.1.4(B M.T.B')], 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 (Π_1), δεύτερη πρόσδεση (Π_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 συμβολίζομε ως E_1 , E_2, \dots, 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 ονομάζομε **απλή φάση κατεργασίας** (Φ_1 , Φ_2, \dots, Φ_k) ή απλούστερα **φάση κατεργασίας**. Π.χ., το τρυπάνισμα εκχονδρίσεως, το τρυπάνισμα αποπερατώσεως και η γλύφανση στο παράδειγμα που δίνομε στο σχήμα 4.3η αποτελούν φάσεις κατεργασίας (Φ_2 , Φ_3 και Φ_5 αντίστοιχα) μιας τρύπας· και αυτό γιατί γίνονται για τη μορφοποίηση αυτής της τρύπας και η κάθε μία από αυτές εκτελείται με ξεχωριστό εργαλείο (με τρυπάνι εκχονδρίσεως η Φ_2 , με τρυπάνι τελικής κατεργασίας η Φ_3 και με γλύφανο η Φ_5) και κάτω από καθορισμένες (ξεχωριστές για κάθε φάση) συνθήκες κατεργασίας. Στην περίπτωση που οι φάσεις αυτές μαζί με τις Φ_1 και Φ_4 του σχήματος εκτελεσθούν στο ίδιο δράπανο, τότε θα έχομε μία και μόνη πράξη (Π_1), ενώ αν οποιεσδήποτε (μία ή περισσότερες) φάσεις γίνουν σε άλλη εργαλειομηχανή, τότε λαμβάνουν χώρα δύο πράξεις (Π_1 , Π_2) για την κατεργασία της τρύπας. Είναι δυνατό όμως να κατεργάζομαστε συγχρόνως πολλές επιφάνειες του κομματιού με αντίστοιχα κοπτικά εργαλεία και κάτω από τις συνθήκες που προηγουμένως αναφέραμε. Εδώ έχομε 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 υπολογίζομενη 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. 4.3.1(Δ)].

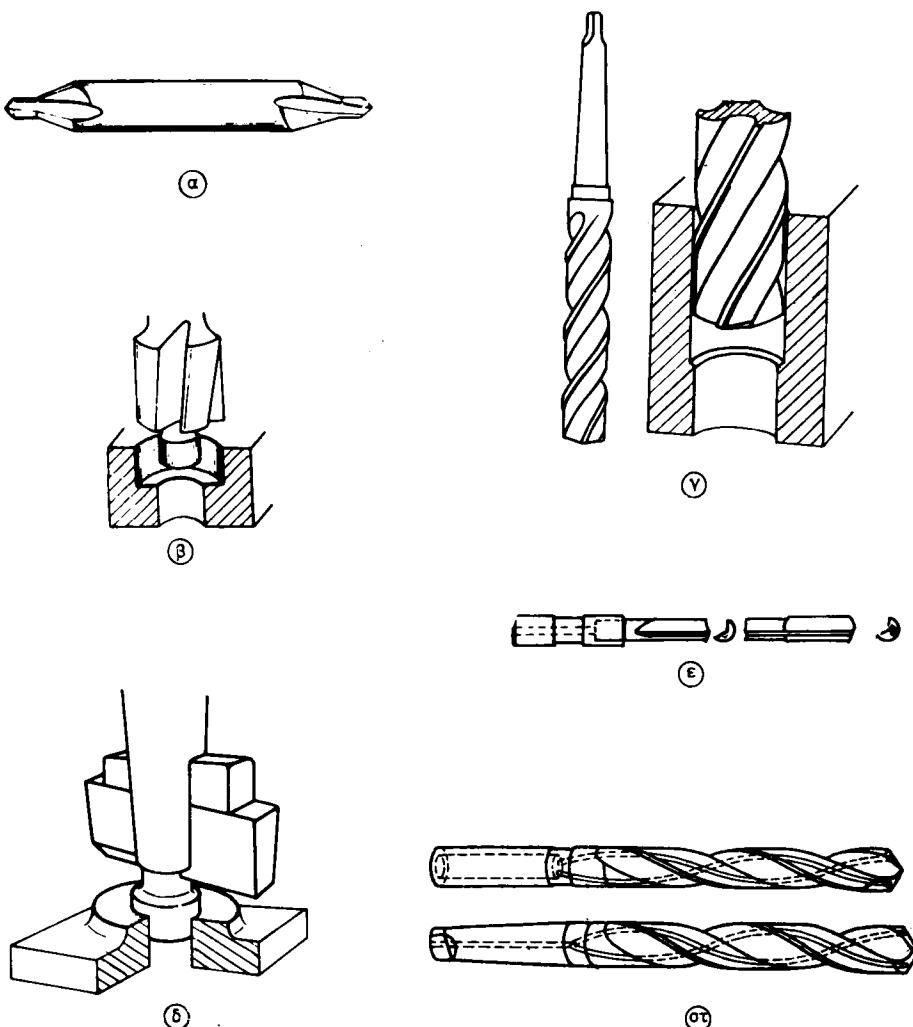
B. Πως εκλέγονται οι διάφοροι παράγοντες κοπής στο τρυπάνισμα.

1. Η γεωμετρική μορφή του τρυπανίου.

Η ονομαστική διάμετρος ενός τρυπανίου, όπως έχομε αναφέρει στην παράγραφο 4.2.2, είναι καθοριστική για το μέγεθός του. Η μορφή του χαρακτηρίζεται από τη γωνία έλικος σ και από τη γωνία κορυφής του ε. Ανάλογα με τις τιμές που παίρνει η γωνία έλικας διακρίνομε τα τρυπάνια σε τρεις τύπους (Πίνακας 4.2.1) 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 ανοίξουμε τρύπες, είναι βασικό στοιχείο για τον καθορισμό της μορφής (άρα την εκλογή) του τρυπανίου. Στον Πίνακα 4.2.1, ανάλογα με το υλικό του κομματιού, έχομε 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 αναφέρουμε ως τέτοιο παράγοντα το λόγο του βάθους μιας τρύπας ως προς τη διάμετρό της. Αν ο λόγος αυτός παίρνει μεγάλες τιμές, (π.χ. τιμές μεγαλύτερες από 8) η τρύπα χαρακτηρίζεται ως **βαθιά** και θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κατάλληλο για βαθιές τρύπες τρυπάνι [σχ. 4.2ιβ(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 συνθητισμένο ελικοειδές τρυπάνι, ενώ στη δεύτερη μπορούμε να μεταχειρισθούμε τρυπάνι αποπερατώσεως, σχ. 4.2ιβ(γ)] κλπ.



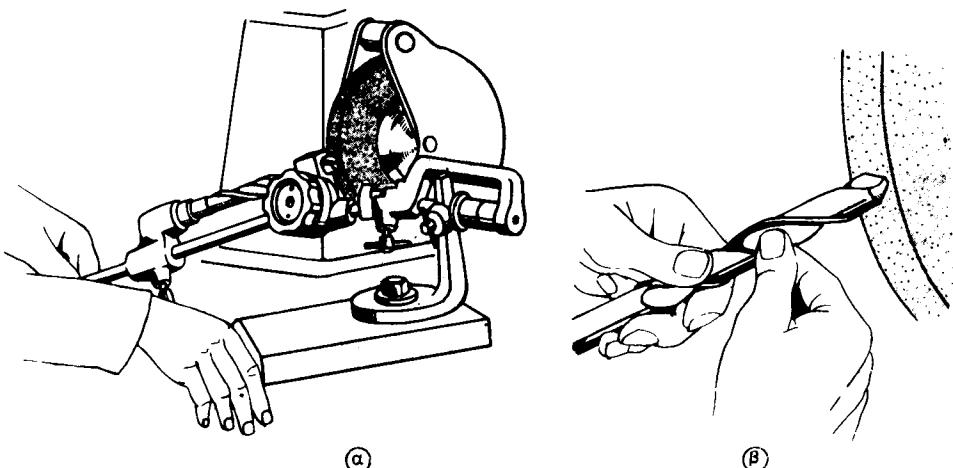
Σχ. 4.2ιβ.
Διάφορα ειδικά τρυπάνια.

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 4.2.2, έχομε και τα λεγόμενα **ειδικά τρυπάνια** (σχ. 4.2ιβ). Και πιο συγκεκριμένα αναφέρομε το κεντροτρύπανο [σχ. 4.2ιβ (α)] με το οποίο κάνομε το κεντράρισμα αξόνων που πρόκειται να κατεργαστούμε σε τόρνο, διάφορα είδη **φραιζοτρυπάνων** [σχ. 4.2ιβ (β)], με τα οποία διαμορφώνομε τα áκρα οπών για διαφόρους λόγους (π.χ. για επικάθηση της κεφαλής ενός φραιζάτου κοχλία) ή και καθαρίζομε τα áκρα οπών μετά το áνοιγμά τους. Ακόμα έχομε το **τρυπάνι αποπεράτωσεως** [σχ. 4.2ιβ (γ)], που το μεταχειρίζομαστε 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 τοιχώματος της επίσης με το ειδικό τρυπάνι του σχήματος 4.2ιβ(δ) κάνομε επιπέδωση στα áκρα οπών. Τέλος, αναφέρομε το ειδικό **τρυπάνι για βαθιές τρύπες** [σχ. 4.2ιβ(ε)], όπως και το τρυπάνι με αγωγούς για τη ροή του υγρού κοπής [σχ. 4.2ιβ(στ)].

Μιλώντας στην παράγραφο αυτή για τη μορφή των τρυπανιών θα πρέπει να τονίσομε την ιδιαίτερη σημασία που έχει η τρόχιση τους, για την οποία έχομε μιλήσει στην παράγραφο 13.3 του Μ.Ε. 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. 4.2ιγ(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. 4.2ιγ.

Πώς τροχίζομε τα τρυπάνια: α) Με ειδική συσκευή. β) Με το χέρι.

τρόχιση με το χέρι [σχ. 4.2ιγ(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 (Μ.Ε., σχ. 13.3σ). Μετά το τρόχισμα είναι αναγκαίος προσεκτικός έλεγχος των γωνιών του τρυπανιού με τα κατάλληλα μετρητικά όργανα (Μ.Ε., 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 (έχομε μιλήσει γι' αυτό στην παράγραφο 4.2 Μ.Τ.Β'). Στο τρυπάνισμα [σχ. 4.2ι], 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 (4.7), (4.10)], ενώ από το ένα μέρος αυξάνουν το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού [σχέση (4.4)] 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 4.2.2 και 4.2.3. 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 4.2.3).

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 4.2.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.4.

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 - X)
Ανοξείδωτοι χάλυβες	Γ,ΛΚ	Γ	ΛΚ(Θ), ΛΚ(Θ - X)
Φαιός χυτοσίδηρος	ΞΚ*	ΞΚ	Γ, **ΞΚ
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος,			
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	ΞΚ	Γ	ΛΚ(Θ), Γ
Αργίλιο και κράματά του	Γ,Ο	Γ,ΛΚ	Γ
Χαλκός και κράματά του	ΞΚ,Ο,Γ	Γ,ΞΚ	Γ,Ο

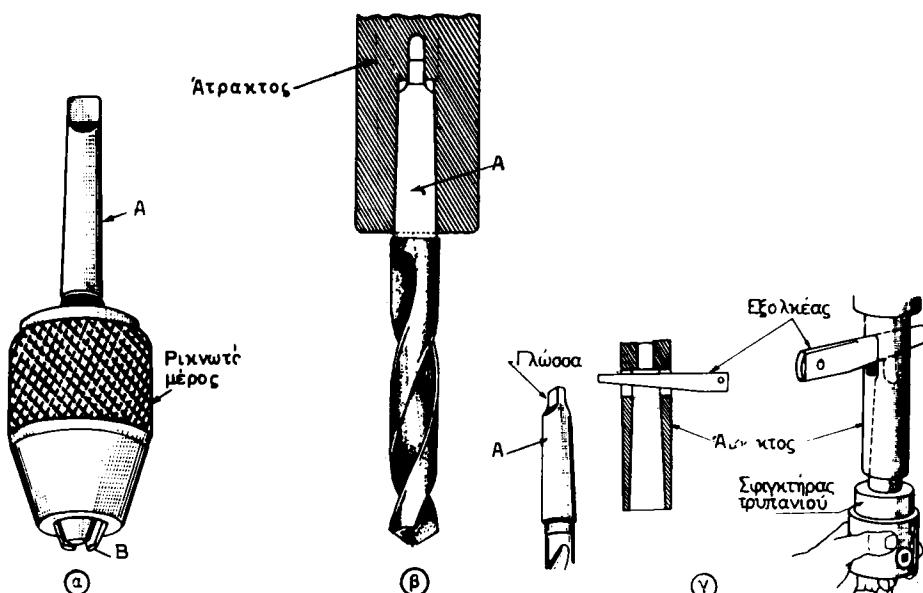
Γ γαλάκτωμα, ΛΚ λάδι κοπής: θειωμένο (Θ), θείο - χλωριωμένου (Θ - X), Ο μίγμα ορυκτελαίου - λιπαρού ελαίου, ΞΚ ξηρά κοπή (χωρίς υγρό κοπής).

* Έχομε ποι 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 (παράγρ. 2.6.2) μπορεί να συγκρατηθεί στην άτρακτο του δραπάνου με δύο κυρίως τρόπους: Είτε με κατάλ-

**Σχ. 4.2.6.**

Πως προσδένονται τα τρυπάνια στην άτρακτο του δραπάνου. Α στέλεχος τρυπανιού, Β σιαγόνες σφιγκτήρα.

ληλο 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. 4.2ιδ(α)] συγκρατούμε τρυπάνια με κυλινδρικό στέλεχος. Ο σφιγκτήρας φέρει κολουροκωνικό στέλεχος (ουρά), το οποίο συναρμόζεται στην αντίστοιχη υποδοχή της ατράκτου. Απευθείας, συγκράτηση του τρυπανίου [σχ. 4.2ιδ (β)] κάνομε στην άτρακτο του δραπάνου για τρυπάνια με κολουροκωνικό στέλεχος και με υνομαστική 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 τόσο του σφιγκτήρα, όσο και του τρυπανίου ή της φωλιάς, αν το τρυπάνι προσαρμόζεται στην άτρακτο μέσω φωλιάς, γίνεται με κατάλληλο εξολκέα [σχ. 4.2ιδ(γ)].

Δ. Η πρόσδεση των κομματιών.

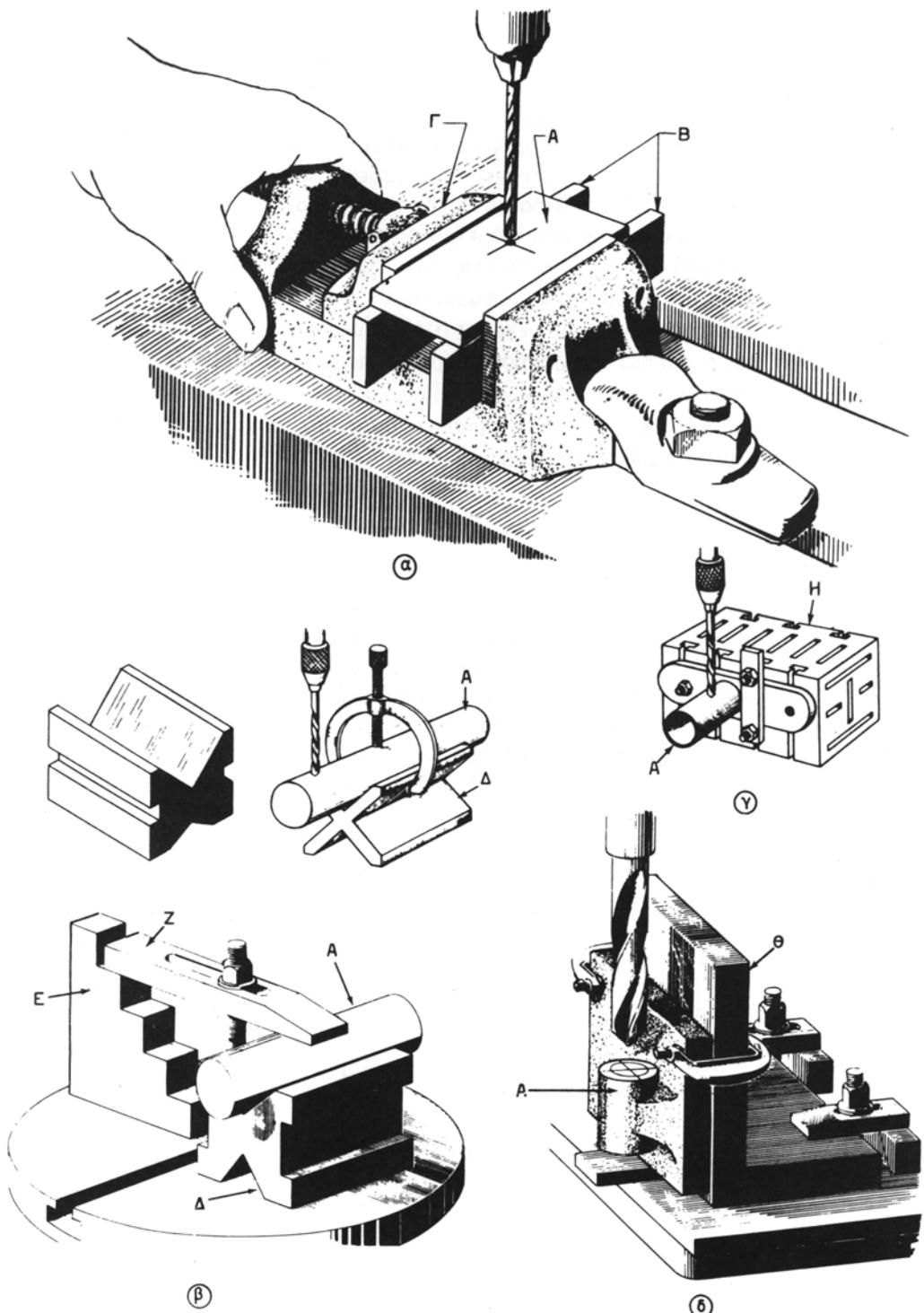
Η πρόσδεση των κομματιών στο δράπανο θα πρέπει να είναι η ενδεδειγμένη ανα. ογα με τη μορφή και το μέγεθος του κομματιού καί να εκτελείται προσεκτικά και ασφαλώς. Βασική αρχή, την οποία θα πρέπει σχολαστικά να ακολουθούμε είναι ότι **όλα τα κομμάτια που πρόκειται να τρυπήσουμε θα πρέπει να τα στηρίζομε 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 ρόπη 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. 2.6θ, σχ. 4.2ιε(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 T (σχ. 2.6ι).

Ακόμα για πρόσδεση των κομματιών μεταχειρίζομαστε υποστηρίγματα σε σχήμα V [σχ. 4.2ιε(β)], βαριά χυτοσιδηρά μπλοκ [σχ. 4.2ιε(γ)] ή χυτοσιδηρές γωνίες [σχ. 4.2ιε(δ)] με τις αναγκαίες υποδοχές για το σφίξιμο των κομματιών.

Όταν ανοίγομε διαμπερείς τρύπες, για να αποφύγομε φθορές στην τράπεζα του δραπάνου, τοποθετούμε το κομμάτι σε τέτοια θέση, ώστε εξερχόμενο το τρυπάνι από την τρύπα στο τέλος του τρυπήματος να συναντήσει την **τρύπα γρεζιών της τράπεζας** ή κατάλληλη σχισμή της. Μπορούμε όμως και να στηρίξουμε το κομμάτι επάνω σε ένα κομμάτι από ξύλο.

Κατά την πρόσδεση του κομματιού προσέχομε, ώστε το κέντρο της τρύπας που

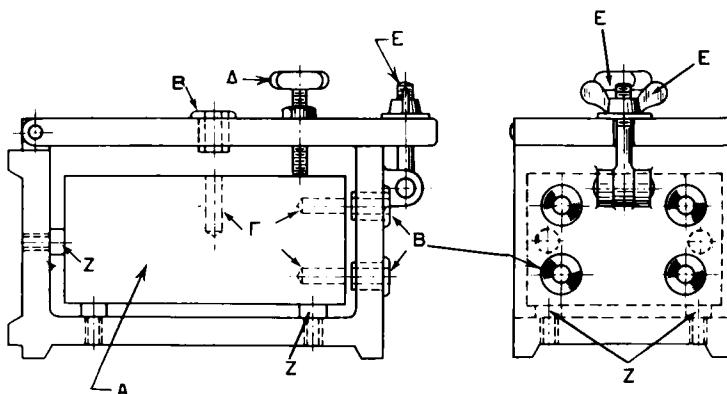


Σχ. 4.2ιε.

Πώς προσδένονται τα κομμάτια για τρυπάνισμα. Α κομμάτι Β παράλληλα, Γ μέγγενη εργαλειομηχανής, Δ υποστήριγμα Β, Ε βαθμιδωτό υποστήριγμα, Ζ φουρκέττα, Η χυτοσιδηρό μπλοκ, Θ βαριά χυτοσιδηρή γωνία.

πρόκειται να άνοιξομενα βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη μύτη του τρυπανιού. Και για να προκύψει η τρύπα εντελώς κατακόρυφή, 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 (βαρμένων) χαλύβδινων οδηγητικών δακτυλιδιών** (σχ. 4.2ιστ). 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.

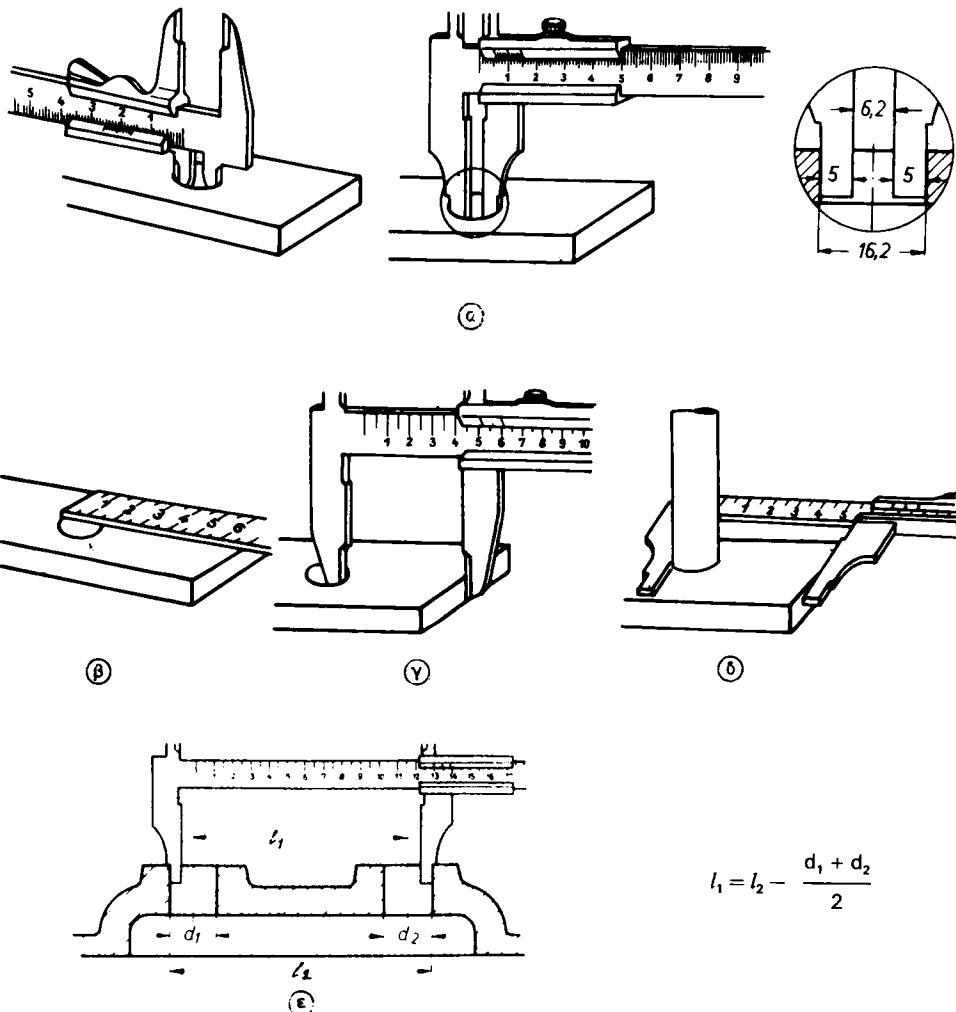


Σχ. 4.2ιστ.

Ιδιοσυσκευή τρυπανίσματος για άνοιγμα οπών σε δύο πλευρές του κομματιού. Α κομμάτι, Β οδηγητικοί δακτύλιοι, Γ άνοιγμένες τρύπες, Δ ρύθμιστικός κοχλίας, Ε κοχλίας συσφίγξεως, Ζ ακραία οδηγητικά στηρίγματα (στοπ) για την κανονική τοποθέτηση του κομματιού.

E. Ο έλεγχος όπών που ανοίγονται με τρυπάνι.

Ελέγχομε βασικά (παράγρ. 4.2.1) τη διάμετρο της τρύπας και τη θέση του άξονά της. Τη διάμετρο τη μετρούμε με τη βοήθεια του παχυμέτρου, όπως εικονίζεται στο σχήμα 4.2ιζ(α). Εξάλλου η θέση του άξονα της τρύπας ως πρός καθορισμένη επιφάνεια αναφοράς ελέγχεται, ανάλογα με την ακρίβεια με την οποία επιβάλλεται να γίνει η μέτρηση, με μεταλλικό κανόνα [σχ. 4.2ιζ(β)], με παχύμετρο [σχ. 4.2ιζ(γ)] ή με παχύμετρο και πείρο [ως πείρο μπορούμε να μεταχειρισθούμε το ίδιο το τρυπάνι, σχ. 4.2ιζ(δ)]. Ο έλεγχος της θέσεως δύο οπών εκτελείται μέσω παχυμέτρου, όπως μας δείχνει το σχήμα 4.2ιζ(ε).



Σχ. 4.2ιζ.
Έλεγχος 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. 1.2.2 Μ.Τ.Β'), για το τρυπάνισμα ιδιαίτερα συνιστούμε και τα ακόλουθα:

- Η προσεκτική και ασφαλής πρόσδεση του κομματιού [παράγρ. 4.2.5(Δ)] ενέχει πρωταρχική σημασία στην αποφυγή ατυχημάτων κατά το τρυπάνισμα· επίσης και το κανονικό ντύσιμο (σχ. 1.2 Μ.Τ.Β').
 - Να μην εγκαταλείπετε εργαλεία επάνω στην τράπεζα του δραπάνου· να τα τοποθετείτε σε κάποιο διπλανό τραπέζι εργασίας.
 - Όταν χρειάζεται να σηκώσετε βαριές μέγγενες ή κομμάτια, να ζητάτε τη βοήθεια και άλλου προσώπου.

— Να μην 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 περιστρέφομενη άτρακτο του δραπάνου με το χέρι σας, όταν έχετε ήδη πέσει 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. 4.2ιδ(δ)], καλό θα είναι να βάζετε ένα κομμάτι ξύλο κάτω από τρυπάνι. Έτσι, το τρυπάνι δεν θα πέσει επάνω στο χέρι σας, όπου μπορεί να σας τραυματίσει και ακόμα το τρυπάνι προφυλάσσεται από φθορές και σπασίματα από πέσιμο στην τράπεζα της εργαλειομηχανής ή στο δάπεδο.

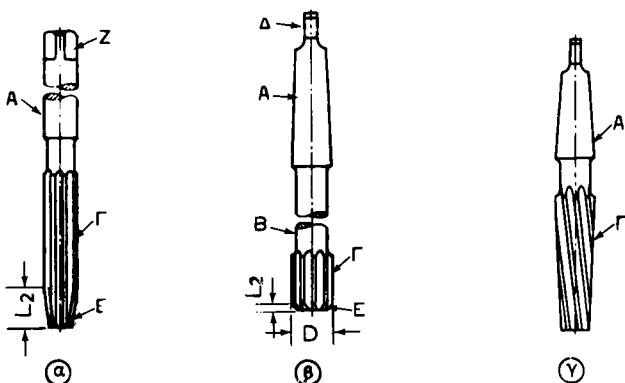
— Να καθαρίζετε καλά τα χείλη των οπών που ανοίγετε με το τρυπάνι από ανωμαλίες που παραμένουν, γιατί αυτές μπορούν να τραυματίσουν τα χέρια κατά τη μεταφορά των κομματιών.

4.3 Κατεργασίες συναφείς με το τρυπάνισμα: Η γλύφανση και η εσωτερική σπειροτόμηση.

4.3.1 Η γλύφανση.

A. Γενικά για τη γλύφανση.

Η **γλύφανση** είναι κατεργασία παρόμοια με το τρυπάνισμα, όπου το κοπτικό εργαλείο, δηλαδή το **γλύφανο** (σχ. 4.3α) περιστρέφεται (πρωτεύουσα κίνηση), ενώ συγχρόνως προωθείται αξονικά (κίνηση προώσεως), όπως είδαμε στο σχήμα



Σχ. 4.3α.

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 ονομαστική διάμετρος γλυφάνου.

4.3β(α)(2)Μ.Τ.Β'. Η γλύφανση εκτελείται τόσο με το χέρι [με τη βοήθεια του χειρογλυφάνου, σχ. 4.3α(α)], όσο και μηχανικά [με το μηχανογλύφανο, σχ. 4.3α(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 πολύ μικρές διαμέτρους (π.χ. 0,25 mm), όπως και σε αρκετά μεγάλες (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 25μm μέχρι 75μm (0,001" μέχρι 0,003"), ενώ μπορεί να επιτευχθεί και να διατηρηθεί ακρίβεια και μικρότερη από 25μm 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. 2.8.2 (Α)(2) Μ.Τ.Β'] της τάξεως του 1μm (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 4.3α. Τα αυλάκια χρειάζονται στα γλύφανα για τους ίδιους λόγους που χρειάζονται και στα τρυπάνια (παράγρ. 4.2.2).

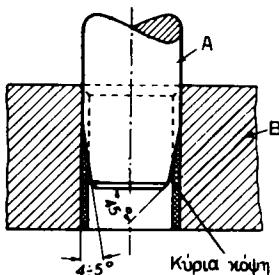
Με την περιγραφή, τη χρήση και τις φροντίδες των χειρογλυφάνων ασχοληθή-

καμε στο κεφάλαιο 15 του Μ.Ε. 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. 4.3α(α) και Μ.Ε. σχ. 15.3α].

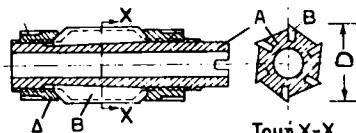
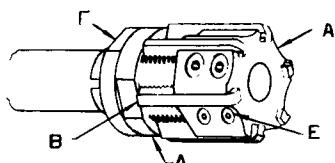
β) Τα μηχανογλύφανα έχουν μικρότερο μήκος αυλακιών L_1 . Το μεγαλύτερο μήκος που έχουν τα χειρογλύφανα δίνει σε αυτά καλύτερη οδήγηση, ενώ στα μηχανογλύφανα η οδήγηση του γλυφάνου επηρεάζεται ευνοϊκά από την κίνηση της ατράκτου του δραπάνου στη σταθερή διεύθυνση προώσεως και

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. 4.3β.

Πώς κόβει με το κολουροκωνικό του άκρο
ένα γλύφανο. Α γλύφανο, Β κομμάτι

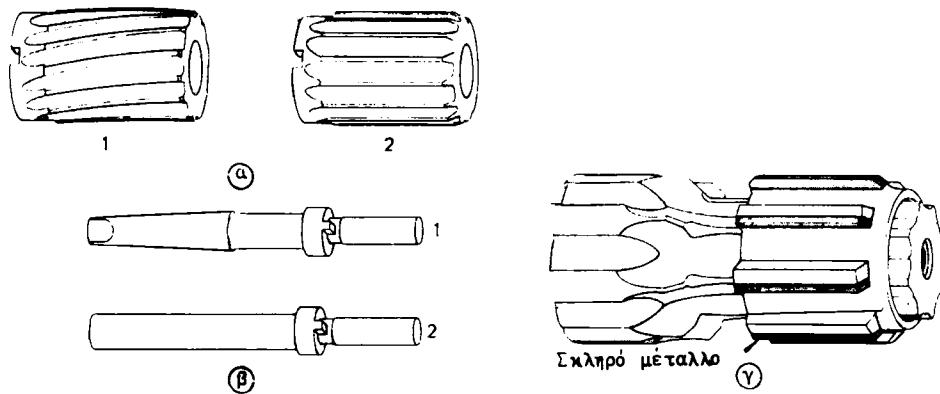


Σχ. 4.3γ.

Γλύφανα με ρυθμιζόμενη διάμετρο. Α σώμα, Β λεπίδα, Γ ασφαλιστικό περικόχλιο, Δ ρυθμιστικό περικόχλιο, Ε κοχλίας στερεώσεως.

Την **κυρίας κοπή** κατά τη γλύφανση την αναλαμβάνει το κολουροκωνικό μέρος του γλυφάνου (σχ. 4.3α, 4.3β), ενώ το υπόλοιπο σώμα του **οδηγεί** το γλύφανο και **λειαίνει** 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 δόντια του έχουν άνισο βήμα (Μ.Ε. σχ. 15.2β).

Τα γλύφανα ταξινομούνται ως **κυλινδρικά** [σχ. 4.3α,(α),(β)] και ως **κωνικά** [σχ. 4.3α(γ)] για γλύφανση κυλινδρικών και κωνικών οπών αντιστοίχως. Τα κυλινδρικά πάλι γλύφανα διακρίνονται σε γλύφανα με **σταθερή διάμετρο** και σε γλύφανα με **ρυθμιζόμενη διάμετρο** (σχ. 4.3γ). Τα γλύφανα με σταθερή διάμετρο τα συναντού-



Σχ. 4.3δ.

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. 4.3δ) 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 3.5.3, Μ.Τ.Β'). 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 ετοιμών 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 αφήσουμε 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. 4.2.1). 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 4.3.1 και 4.3.2 αντιστοίχως. Ο Πίνακας 4.2.4 μας βοηθεί στην εκλογή του κατάλληλου υγρού κοπής ανάλογα με το κατεργαζόμενο υλικό.

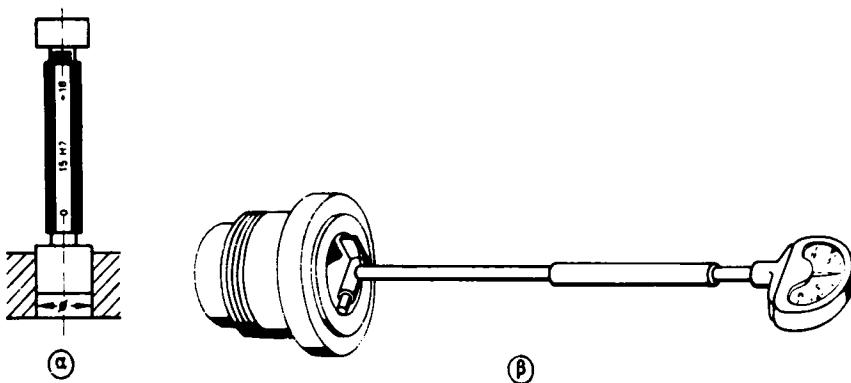
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.1.

Συνιστωμένες πημές της προώσεως σε γλύφανση διαφόρων υλικών.

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως (kp/mm ²) ή σκληρότητα σε Brinell	Πρόωση s, (mm/στρ)	
		Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλα
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 90...110	0,3 ...1,2 0,3 ...1,2 0,16...0,8 0,16...0,8	0,2 ...0,6 0,2 ...0,6 0,2 ...0,6 0,2 ...0,6
Χαλυβοκράματα	100...120	0,1 ...0,6 0,16...0,8	0,1 ...0,4 0,2 ...0,4
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 0,3 ...2,0 0,3 ...2,0	0,25...1,0 0,2 ...0,8 0,2 ...0,8 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:

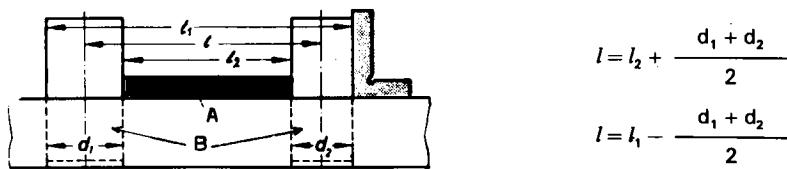
Με τη γλύφανση που, όπως είπαμε, αποτελεί κατεργασία αποπερατώσεως, κατεργαζόμαστε τρύπες με ακρίβεια και με αρκετά καλή τραχύτητα. Την τραχύτητα (μέσο ή μέγιστο ύψος τραχύτητας κλπ.), τη μετρούμε με κατάλληλο τραχύμετρο [παράγ. 2.8.3 (B) M.T.B']. Το μέγεθος (διάμετρος) και το σχήμα της τρύπας ανάλογα και με τον αριθμό των κομματιών, τα ελέγχομε με κατάλληλο οριακό ελεγκτήρα [παράγρ. 2.7.2(β)(2) M.T.B', σχ. 4.3ε(α)] ή με μετρητικό ρολόι κοίλων [σχ. 4.3ε(β)]. Η απόσταση ανάμεσα στους άξονες δύο οπών μετριέται με τη βοήθεια



Σχ. 4.3ε.

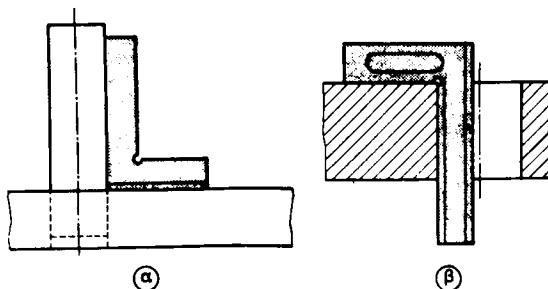
Έλεγχος της διαμέτρου και της μορφής οπών ανοιγμένων με ακρίβεια.

προτύπων πλακιδίων και προτύπων κυλίνδρων ή ελεγκτήρων, όπως βλέπομε στο σχήμα 4.3στ. Τέλος, η καθετότητα του άξονα μιας οπής ως προς κάποια επιφάνεια αναφοράς του κομματιού ελέγχεται, όπως εικονίζεται στο σχήμα 4.3ζ.



Σχ. 4.3στ.

Πως ελέγχομε την απόσταση ανάμεσα στους άξονες δύο οπών ακριβείας. Α πρότυπα πλακίδια, Β πρότυποι κύλινδροι ή ελεγκτήρες



Σχ. 4.3ζ.

Έλεγχος της καθετότητας του άξονα μιας τρύπας: α) Με τη βοήθεια πρότυπης ελεγκτικής ορθής γωνίας [παράγρ. 2.5.2(Α) Μηχ. Τεχν. Β'] και πρότυπου κυλίνδρου ή ελεγκτήρα. β) Με ορθή πρότυπη ελεγκτική γωνία μόνο.

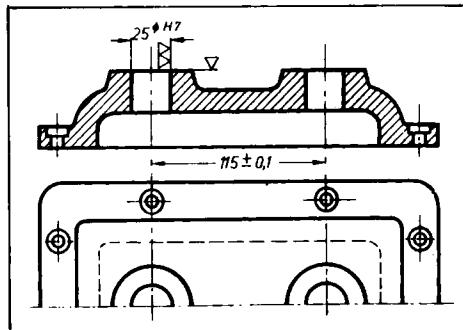
ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.2.

Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής υ για τη γλύφανση ποικιλίας από υλικά.

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως (kp/mm ²) ή σκληρότητα Brinell	Ταχύτητα κοπής υ (m/min)	
		Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλα
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50 50... 70 70... 90 90...110 100...120	8...10 6... 8 4... 7 3... 5 2... 3 3... 5	12...16 10...14 9...13 8...12 5... 8 9...16
Χαλυβοκράματα			
Ανοξείδωτοι χάλυβες			
Χυτοχάλυβες	38... 52	3... 5	9...16
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell άνω 200 Brinell	7... 9 4... 6 4... 6	12...15 8...11 8...11
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη			
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος			
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 σχήματος 4.3η 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 υποία οι άξονες των δύο οπών θα πρέπει να είναι κάθετοι. Επίσης οι επιφάνειες Β και Γ χρειάζεται επιπέδωση.

**Σχ. 4.3η.**

Παράδειγμα ανοίγματος οπών με ακρίβεια.

Το δράπανο που θα χρησιμοποιήσουμε διαθέτει τις ακόλουθες περιστροφικές ταχύτητες ή και προώσεις:

n [στρ/μin]: 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. 4.2.5(A), 1.1.4 (B)] του κομματιού αυτού.

Από το συμβολισμό των δύο οπών (Φ25H7 για τη διάμετρό τους και $\nabla\nabla$ για την τραχύτητα επιφάνειας) συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για τρύπες με ακρίβεια (ποιότητας H7 που έχει ανοχή 21μm, Πίνακας 2.6.1 M.T.B) 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. 4.3θ). 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 έχομε δώσει (Πίνακες 4.2.2, 4.2.3 κ.ά.). Θα μας ήταν δυνατό ακόμα να υπολογίσουμε και την ισχύ κοπής (όπως στο παράδειγμα της παραγράφου 4.2.4) στη δυσμενέστερη φάση κατεργασίας από άποψη ισχύος για την εκλογή του κατάλληλου δράπανου λαμβάνοντας όμως υπόψη και τους διορθωτικούς συντελεστές K_F και K_K (παράγρ. 4.2.4.).

4.3.2 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. 4.3ι) με συνδυασμό περιστροφικής (πρωτεύουσα κίνηση) και αξονικής (κίνηση προώσεως) κινήσεως του [σχ. 4.3β(α)(4) M.T.B']. 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 έξodo 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 του Μ.Ε. 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

Συμβολισμός εργασίας ή φάσεως	Εργασία ή φάση	Εργαλείο ή όργανο	ν [m/min]	n^* [στρ/μιν]	s [mm/στρ]	Υγρό κοπής	
E_1	Χάραξη	Πλάκα εφαρμογής, υψημετρικός χαράκτης, γωνία, χαράκτης, πόντα	—	—	—	—	
Φ_1	Πρώτο τρυπάνισμα	Τρυπάνι Φ12HSS	25	710	0,22	Γ	
Φ_2	Δεύτερο τρυπάνισμα	Τρυπάνι Φ23HSS	25	355	0,32	Γ	
Φ_3	Τρυπάνισμα υποπερατώσεως	Τρυπάνι υποπερατώσεως Φ24,75HSS	25	355	0,32	Γ	
Φ_4	Επιπέδωση	Ειδικό τρυπάνι επιπεδώσεως	—	—	—	Γ	
Φ_5	Γλύφανση	Γλύφανο Φ25 H7 HSS	7	90	0,62	Γ	
E_2	Επιθεώρηση	Παχύμετρο, ελεγκτήρας τρύματος, πρότυπα πλακίδια [παράγρ. 8.3.1(Γ)]					
<small>* Αναγράφονται οι προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες που διαθέτει το δράπανο. Εκλέγονται οι πλησιέστερες προς τις υπολογιζόμενες από την ταχύτητα κοπής [σχέση (4.1)].</small>				Φ_1	Φ_2	Φ_3	
				Φ_4	Φ_5		

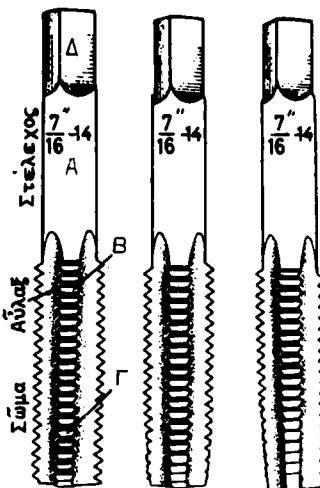
Σχ. 4.30.

Το φύλλο της εργασίας για το άνοιγμα οπών 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. Κόβονται 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).

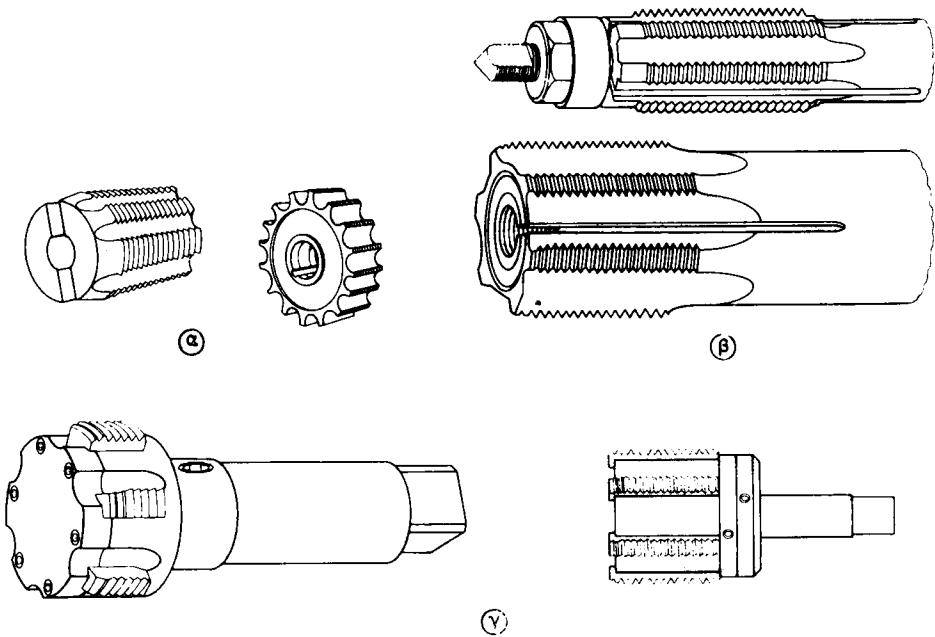
Τους σπειροτόμους τους διακρίνομε σε **ολόσωμους** [σχ. 4.3i], σε **κοίλους** [σχ. 4.3ia(α)], σε **εκτεινόμενους** ή **διαστελλόμενους** [σχ. 4.3ia(β)], σε **ρυθμιζόμενους** και σε **σπειροτόμους με ένθετες οδοντωτές λεπίδες** [σχ. 4.3ia(γ)].



Σχ. 4.3i.

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 1 1/2" ως 150 mm η 6"). Συμφέρει η χρησιμοποίηση τους σε σπειροτόμηση κομματιών εν σειρά.



Σχ. 4.3ια.
Διάφορα είδη σπειροτόμων εσωτερικών σπειρωμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.3.
Συστάσεις για την εκλογή ταχύτητας κοπής υ κατά την εσωτερική σπειροτόμηση.

Είδος υλικού	'Οριο Θραύσεως [kp/mm ²] 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 ως 150 Brinell άνω 150 Brinell	8...10 4... 8 2... 4 1... 2 6...10 4... 6	20...25 10...15 6... 8 2... 4 12...16 8...12
Φαιός χυτοσίδηρος		10...15 8...12 ως 30	25...30 20...25 ως 50
Ορείχαλκος Κρατέρωμα Αργίλιο και κράματά του			

Ως υλικό κατασκευής των σπειροτόμων εσωτερικών σπειρωμάτων συνιστάται ο ταχυχάλυβας γενικής χρήσεως 18 - 4 - 1 ή ισοδύναμός 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.

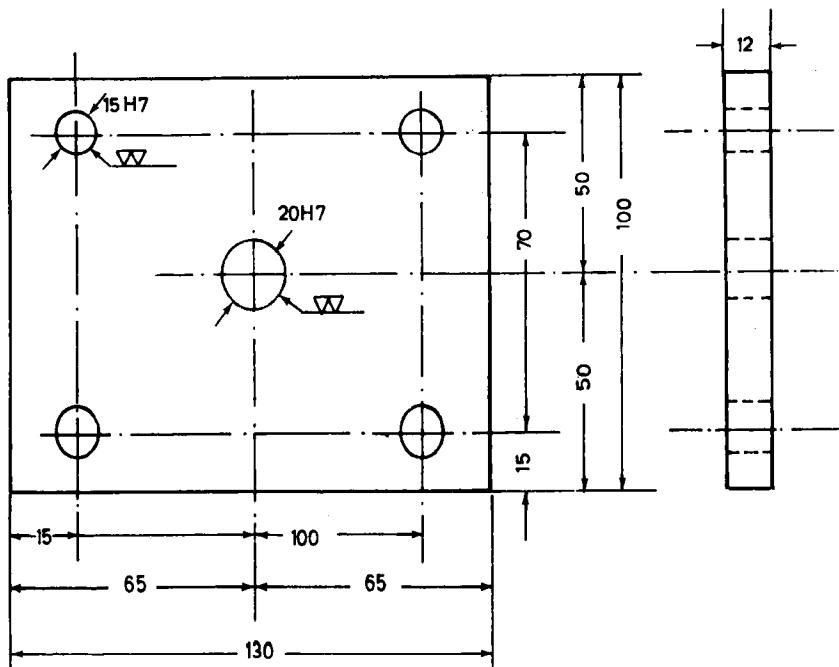
Συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κοπής κατά την εσωτερική σπειροτόμηση για διάφορα υλικά κομματιού και για σπειροτόμο από ανθρακούχο χάλυβα ή από χαλυβόκραμα κοπτικών εργαλείων ή από ταχυχάλυβα δίνονται στον Πίνακα 4.3.3.

Θα πρέπει να τονίσομε ιδιαίτερα εδώ ότι η **χρήση υγρού κοπής είναι απαραίτητη στην εσωτερική σπειροτόμηση**, γιατί η κατεργασία αυτή παρουσιάζει μεγάλο βαθμό δυσκολίας στην εκτέλεση της [παράγρ. 1.5.4 (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 4.2.4.

4.4 Ερωτήσεις και ασκήσεις.

1. Να μνημονεύσετε 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 να τυπιγράψετε δίνοντας και την ονοματολογία των κύριων μερών του. Ποιο σκοπό εξυπηρετεί η εγκάρσια κόψη του;
8. Σε τι χρησιμεύουν τα αυλάκια στο τρυπάνι (και στη 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 υνοματολογία τους τα κύρια μέρη του.
13. Να μνημονεύσετε 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 ποιους 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 μνημονεύσετε 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 4.2.1 τον τύπο και τις γωνίες κορυφής ε και έλικας σε ενός τρυπανιών 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 τροχίζεται 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 ελέγχομε την ακρίβεια θέσεως μιας έτοιμης τρύπας;
32. Να αναφέρετε ειδικά μέτρα ασφάλειας που παίρνομε στο τρυπάνισμα.
33. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της γλυφάνσεως;
34. Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στο τρυπάνισμα και στη γλυφανση σχετικά με τη διαστατική ακρίβεια και την τραχύτητα επιφάνειας της τρύπας;
35. Τι ακρίβεια στη διάμετρο μιας τρύπας μπορούμε να επιτύχομε με γλυφανση;
36. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές ανάμεσα σε ένα χειρογλύφανο και σε ένα μηχανογλύφανο;
37. Πώς εργάζεται ένα γλυφάνο ως κοπτικό εργαλείο;
38. Πόση χάρη θα αφήσουμε για να γλυφάνουμε σε ένα χαλύβδινο κομμάτι μια τρύπα που να έχει τελική διάμετρο 20 mm;
39. Να διαλέξετε τις συνθήκες κατεργασίας για γλυφανση με γλυφάνο από ταχυχάλυβα οπών σε κομμάτια από: α) Ημίσκληρο χάλυβα, β) Μαλακτικοποιημένο χυτοσίδηρο και γ) κρατέρωμα.
40. Τι υγρό κοπής θα διαλέξουμε για τη γλυφανση: α) Σκληρού χάλυβα. β) Ανοξείδωτου χάλυβα. γ) Φαιού χυτοσίδηρου και δ) ενός κράματος του χαλκού.
41. Τι χρειάζεται να διαθένει 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 απαραίτητως 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 γνωρίζομε ενδείκνυται για την ιάθε μία από τις ακόλουθες εργασίες και γιατί:
- α) Άνοιγμα 10 mm στη διάμετρο σε διάφορες θέσεις ενός περίπλοκου χυτού κομματιού και
 - β) τρυπάνισμα και γλυφανση ή σπειροτόμηση στο σώμα μιας εργαλειομηχανής εσωτερικής καύσεως σε μεγάλο εριθμό κομματιών.
47. Για το άνοιγμα διαμπερών οπών με τρυπάνι ονομαστικής διαμέτρου D = 15 mm (και γωνίας κορυφής $\epsilon = 118^\circ$) μπό ταχυχάλυβα σε μία πλάκα από χάλυβα St 42 με πάχος 20 mm χρησιμοποιούμε ταχύτητα κοπής $u = 35 \text{ m/min}$ και πρώση $s = 0,22 \text{ mm/str}$.
- 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 της σελίδας 152, που να αναφέρεται μόνο στο άνοιγμα των οπών, δηλαδή τεσσάρων οπών Φ15H7 και μιας Φ20 H7. Το κομμάτι (πλάκα) το παίρνομε πλήρως κατεργασμένο στις διαστάσεις $130 \times 100 \times 12$.
49. Με τρυπάνι από ταχυχάλυβα ονομαστικής διαμέτρου 18 mm (και $\epsilon = 120^\circ$) ανοίγουμε τρύπες σε μία πλάκα με πάχος 25 mm από σκληρό φαιό χυτοσίδηρο. Πόσος χρόνος θαπαι: ηθεί για το άνοιγμα μιας τέτοιας τρύπας; Τις συνθήκες κατεργασίας να τις επιλέξετε από τους πίνακες 4.2.2. και 4.2.3.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΠΛΑΝΙΣΜΑ ΚΑΙ ΠΛΑΝΕΣ

5.1 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. 5.4β (γ) (1)] ή με πλάνισμα αντιγραφής (σχ. 5.2η). 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 Μ.Τ.Β' είδαμε σε φωτογραφία μία τυπική οριζόντια βραχεία πλάνη και μία τραπεζοπλάνη και στην παράγραφο 4.3 (Γ) Μ.Τ.Β' μιλήσαμε για την κινηματική του πλανίσματος σε αυτές τις πλάνες και δώσαμε συγχρόνως σχηματικά τα κύρια μέρη τους (σχ. 4.3γ, 4.3δ Μ.Τ.Β'). Το πλάνισμα σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη (σχ. 5.2ε) 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 στην 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 με άλλες εργαλειομηχανές, στις οποίες μπορεί να γίνει η ίδια εργασία [π.χ. με μία φραιζομηχανή, παράγρ. 4.3 (Ε) Μ.Τ.Β'] και από το άλλο στο χαμηλό της ρυθμό αφαιρέστεως υλικού, που αποτελεί βασικό μειονέκτημα 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.

5.2 Η πλάνη.

5.2.1 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. Η οριζόντια βραχεία πλάνη.

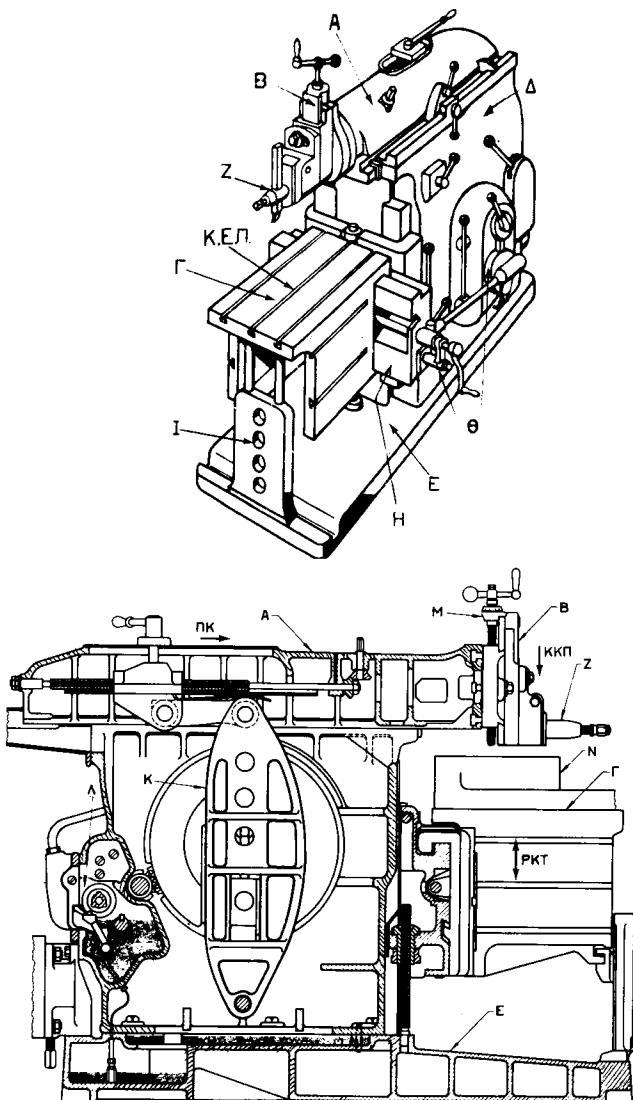
1. Γενική περιγραφή.

Στην οριζόντια βραχεία πλάνη μορφοποιούμε οριζόντιες, κατακόρυφες και υπό κλίση επιφάνειες ή συνδυασμούς τέτοιων επιφανειών (κομμάτια πρισματικής μορφής, σχ. 4.3γ Μ.Τ.Β') 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. 4.3γ, Μ.Τ.Β' σχ. 5.2α): από τη βάση Ε, από τον κορμό Δ, την τράπεζα Γ και από το έλκυθρο Α που φέρει το εργαλειοφορείο Β (και τον εργαλειοδέτη Ζ).

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 εργαλειοδέτη Ζ (βλέπε και σχ. 5.4δ), που ακολουθεί την παλινδρομική κίνηση του έλκυθρου Α.

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** (Giounivérešsal, Universal), όπου η τράπεζα, πέρα από την κατακόρυφη και εγκάρσια κίνησή της, μπορεί να περιστραφεί, μέσα σε ορισμένη περιοχή γωνιών, γύρω από ένα άξονα παραλλήλο προς τη διεύθυνση της πρωτεύουσας κινήσεως. Αυτό διευκολύνει το πλανίσμα 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 μέ ακρίβεια, αλλά χονδρικά. Η τράπεζα μετακινείται εγκάρσια με τη βοήθεια του μηχανισμού πρώσεως Θ (γι' αυτόν θα μιλήσομε παρακάτω) που επιβάλλει στην τράπεζα (και στο κομμάτι που προσδένεται σε αυτή) την κίνηση πρώσεως στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής [στο πλάνισμα η κίνηση πρώσεως είναι διακοπόμενη, όπως έχομε αναφέρει στην παράγραφο 4.3 (Γ) Μ.Τ.Β']. Η τράπεζα τέλος είναι δυνατό να στερεώνεται στη βάση Ε της πλάνης με κατάλληλο υποστήριγμα Ι και έτσι να γίνεται η πλάνη πιο στιβαρή κατά την εργασία της.



Σχ. 5.2a.

Η οριζόντια βραχεία πλάνη: Ονοματολογία. (Επί πλέον σύμβολα που δεν αναφέρονται στο κείμενο: Κ ταλαντευόμενος 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).

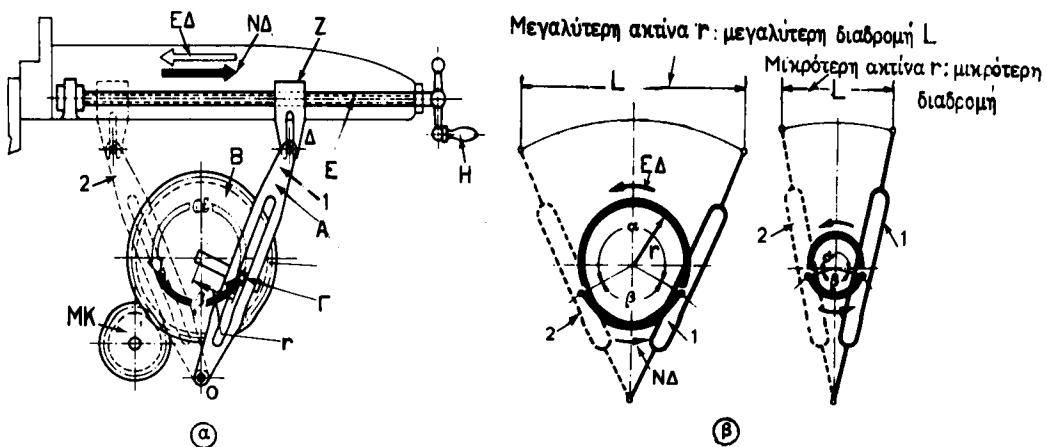
Στο επάνω μέρος τού χυτοσιδηρού κορμού της πλάνης υπάρχουν ολισθητήρες, όπου παλινδρομεί το έλκυθρο Α μαζί με το εργαλειοφορείο Β (και βέβαια και με τον εργαλειοδέτη Ζ και το κοπτικό εργαλείο).

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. 2.4.1) 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. 2.5.1).

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. 5.28.

Η διάταξη ταλαντευόμενου βραχίονα - δισκοειδούς στροφάλου για τη δημιουργία της παλινδρομικής αινήσεως του ελκύθρου. (ΕΔ ενεργός διαδρομή, ΝΔ: νεκρή διαδρομή, MK μετάδοση κινήσεως στο δισκοειδές στρόφαλο με οδοντοτροχούς).

Ο ταλαντευόμενος βραχίονας Α [σχ. 5.28 (a)] με εσωτερικό άνοιγμα αρθρώνεται στη θέση Ο και συνδέεται και με το δισκοειδές στρόφαλο Β πού 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. 5.28 (β)] και με το έλκυθρο συνήθως με ένα βραχίονα Δ και με ένα ζεύγος κοχλία Ε - περικοχλίου Ζ. Με περιστροφή τώρα του δισκοειδούς στρόφαλου μέσω οδοντοτροχών ο πείρος Γ μετακινείται κατά μήκος του εσωτερικού ανοίγματος του ταλαντευόμενου βραχίονα Ά, 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 α κύκλου που διαγράφει ο πείρος Γ (περιστρέφεται 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

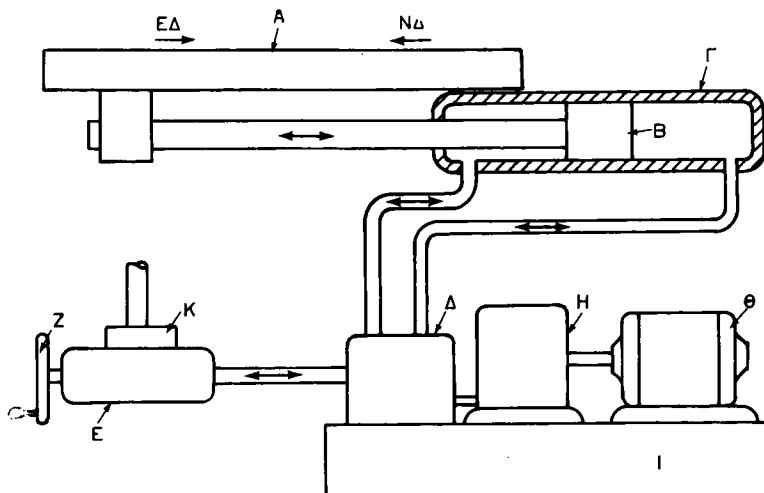
παλινδρομική κίνηση του ελκύθρου (ενεργός διαδρομή - νεκρή διαδρομή) και για αποδοτική λειτουργία της πλάνης αυτής (το ίδιο συμβαίνει και σε όλες τις πλάνες) **η νεκρή διαδρομή γίνεται πο γρήγορα από ό,τι η ενεργός διαδρομή.**

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 κοππικού 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 στροφάλου Η, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2β (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. 5.3.1).

Το έλκυθρο της οριζόντιας βραχείας πλάνης είναι δυνατό να παίρνει την παλινδρομική του κίνηση και με τη βοήθεια υδραυλικής μετάδοσεως κινήσεως (σχ. 5.2γ). 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



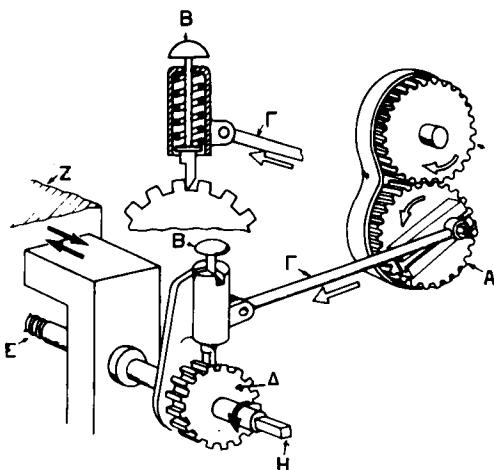
Σχ. 5.2γ.

Υδραυλική μετάδοση παλινδρομικής κινήσεως στο έλκυθρο μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης. Ι Επί πλέον σύμβολα που δεν αναφέρονται στο κείμενο: Ζ χειρομοχλός προώσεων, 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 εκτελέσουμε· 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 5.2δ. 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 μικραίνει ή



Σχ. 5.2δ.

Γίως λειτουργεί ο μηχανισμός προώσεως της τράπεζας σε μία οριζόντια βραχεία πλάνη.

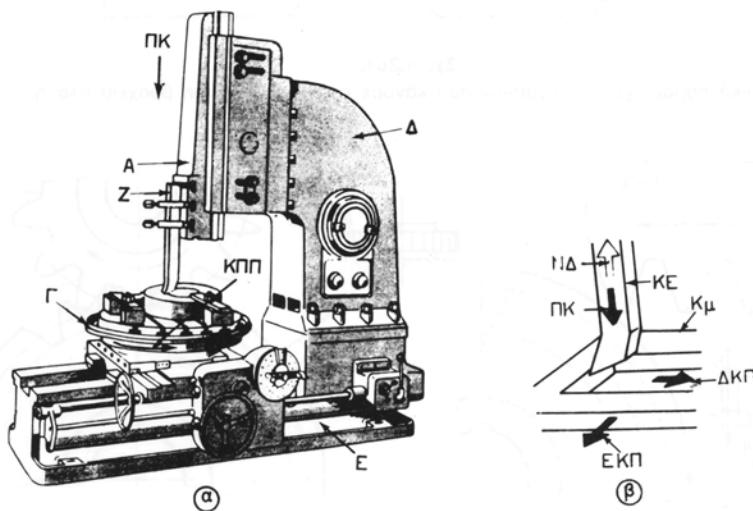
μεγαλώνει, με μετατόπιση του αξονίσκου στερεώσεως του διωστήρα Γ στο αυλάκι του οδοντοτροχού Α προς το κέντρο ή την περιφέρεια του αντίστοιχα. Με τη μετακίνηση αυτή της καστάνιας Β περιστρέφεται κατά ορισμένο τόξο ο οδοντοτροχός Δ (είναι στερεωμένος στον κοχλία προώσεως Ε της τράπεζας Ζ της πλάνης) που 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. 5.4δ) σε ολισθητήρες 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. 5.4ε).

B. Η κατακόρυφη βραχεία πλάνης.

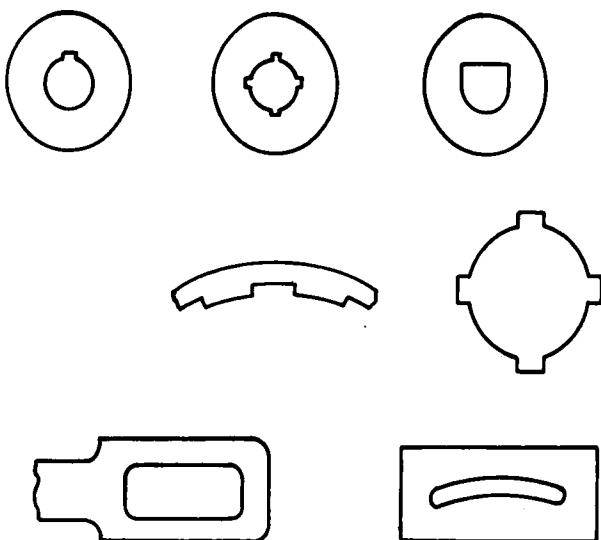
Στο σχήμα 5.2ε (α) εικονίζεται μία κατακόρυφη βραχεία πλάνη μαζί με την ονοματολογία των κυριότερων μερών της, ενώ στο σχήμα 5.2ε (β) δίνεται η κινηματική του πλανίσματος στην πλάνη αυτή, όπως την περιγράψαμε προηγουμένως (παράγρ. 5.1).



Σχ. 5.2ε.

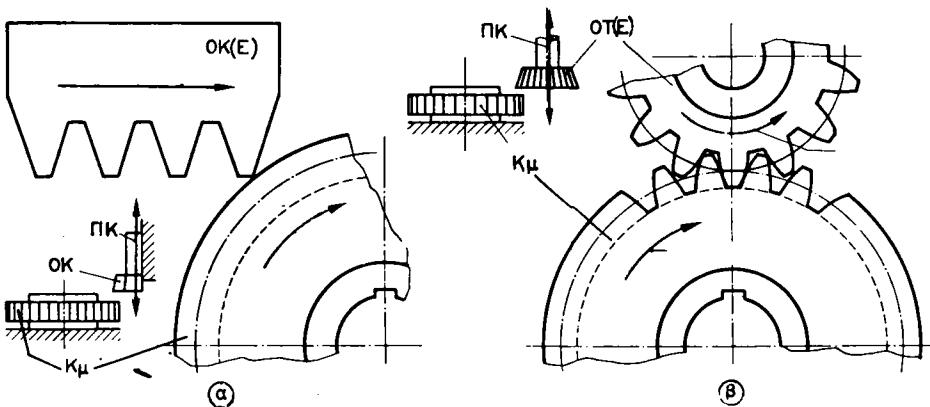
α) Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη. (Α έλκυθρο, Γ κυκλική περιστρεφόμενη τράπεζα, Δ κορμός, Ε βάση, Ζ εργαλειοδέτης, ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠΠ κίνηση περιφερειακής προώσεως). β) Κινηματική του πλανίσματος σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΕΚΠ εγκάρσια κίνηση προώσεως, ΔΚΠ διαμήκης κίνηση 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 ολισθήσεως κ.α.) ή και στο εξωτερικό κομματιών (σχ. 5.2στ). Επι 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 παραλείψουμε και την κοπή



Σχ. 5.2στ.

Μερικά παραδείγματα εργασιών που κάνομε στην κατακόρυφη βραχεία πλάνη.



Σχ. 5.2ζ.

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 ελικοειδών) 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 κίνηση του, αντίστοιχα περιστρέφεται [σχ. 5.2ζ (α)] ή προωθείται [σχ. 5.2ζ (β)], ενώ το κομμάτι περιστρέφεται και αυτό ωστά εργαλείο και κομμάτι να έχουν τα δόντια τους σε έμπλεξη. Περισσότερες όμως πληροφορίες για τη μέ-

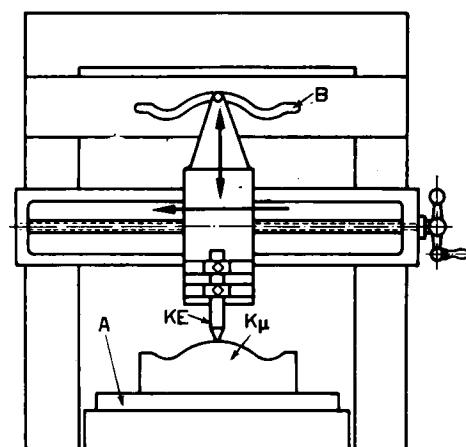
Θεοδο αυτή κοπής οδοντώσεων και για τη συναφή εργαλειομηχανή (γραναζοκόππη) θα δώσουμε στο οικείο κεφάλαιο για την κοπή οδοντώσεων στον επόμενο τόμο της Μηχανουργικής Τεχνολογίας. Εν τούτοις η εργασία αυτή μπορεί να γίνει και σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη εφοδιασμένη με κατάλληλο μηχανισμό που προσαρμόζεται 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 5.2ε (β). Ακόμα η περιστρεφόμενη αυτή τράπεζα μπορεί να δώσει και μηχανική περιφερειακή πρόωση [σχ. 5.2ε (α)] (μέσω ενός ζεύγους ατέρμονα κοχλία - οδοντότροχού) 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. 2.3.4 (Β)] ή με υδραυλική μετάδοση.

Γ. Η τραπεζοπλάνη (ή γεφυροπλάνη) (σχ. 1.1ζ, 4.3δ Μ.Τ.Β').

Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για το πλάνισμα ορίζοντιων 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. 5.2η) ή και κατ' άλλο τρόπο. Ενδεικτικά αναφέρομε την κοπή ελικοειδών αυλακών σε μεγάλου μήκους κύλιστρα με σύγχρονη περιστροφή του κυλίστρου καθώς



Σχ. 5.2η.

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 κοπτικό 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 μία ή και με δύο εργαλειοφόρες κεφαλές Δ (σχ. 4.3δ Μ.Τ.Β') στο εγκάρσιο εργαλειοφορείο Β. Επίσης επιπρόσθετα εργαλεία, ιδιαίτερα για πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών μπορούν να προσδεθούν σε δύο εργαλειοφόρες κεφαλές που προσαρμόζονται ανά μία σε κάθε ορθοστάτη (για τραπεζοπλάνη βέβαια με δύο ορθοστάτες).

Κατά το πλάνισμα στην τραπεζοπλάνη η πρωτεύουσα κίνηση (παλινδρομική), όπως γνωρίζουμε [παράγρ. 4.3 (Γ) (2) Μ.Τ.Β'], 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 ορίζοντίων 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 φραιζάς 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. 2.3.4 (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. 2.4.2). Άλλος τρόπος μεταδόσεως κινήσεως στην τράπεζα, που εφαρμόζεται σε νεώτερες τραπεζοπλάνες, είναι με το ζεύγος ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα [παράγρ. 2.3.4 (Β)] που παρέχει πιο ήσυχη και πιο ομαλή κίνηση. Τέλος στις τραπεζοπλάνες χρησιμοποιείται και η υδραυλική μετάδοση κινήσεως, με την οποία επιτυγχάνεται ομαλή χωρίς κραδασμούς κίνηση της τράπεζας.

5.2.2 Ποια είναι τα στοιχεία που προδιαγράφονται σε μία πλάνη.

A. Στη βραχεία πλάνη (οριζόντια και κατακόρυφη).

Βασικό προδιαγραφόμενο μέγεθος εδώ είναι η **μέγιστη αφέλιμη διαδρομή του ελκύθρου σε χιλιοστόμετρα (mm) ή ίντσες (")**. Είναι αυτονότο 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 ή 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 μέσο 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 αναφερθούνται 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).

5.3 Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του πλανίσματος.

5.3.1 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 . Έν τούτοις ίσμας πρακτικά η μέση αυτή ταχύτητα κοπής u_m δεν διαφέρει σημαντικά από τη μέγιστη τιμή της u_{μ} . Και στις μεν τραπεζοπλάνες, εξαιτίας βέβαια του συστήματος μεταδόσεως της παλινδρομικής κινήσεως στην τράπεζα [παράγραφος 5.2.1 (Γ)], ελάχιστη διαφορά υπάρχει ανάμεσα στη u_m και u_{μ} , ενώ στις βραχείες πλάνες με σύστημα στροφάλου η διαφορά αυτή είναι πιο αισθητή. Άρα, όπου στα επόμενα

αναφερόμαστε σέ μέση τιμή της ταχύτητας κοπής θα υπονοούμε και τη μέγιστη. Στην πράξη τη μέση αυτή ταχύτητα κοπής την εκλέγομε, όπως θα δούμε στην παράγραφο 5.4.2, με βάση το είδος τού κατεργασμένου υλικού, την πρώση και το υλικό του κοπτικού εργαλείου (Πίνακες 5.4.2, 5.4.3) και μετά από αυτό επιδιώκομε να βρούμε τη συχνότητα παλινδρομήσεων n' του ελκύθρου ή της τράπεζας της πλάνης για δοσμένη κάθε φορά διαδρομή τους L . Το πλάνισμα γίνεται, αφού θέσομε την πλάνη στην πλησιέστερη προς αυτή που βρήκαμε συχνότητα παλινδρομήσεων, την οποία διαθέτει. Η συχνότητα παλινδρομήσεων n' μπορεί είτε να εκλεγεί με βάση τη μέση ταχύτητα κοπής u_m και τη διαδρομή L από κατάλληλη πινακίδα που συνήθως έπικολλάται σε ευκόλοπρόσιτη θέση στην πλάνη είτε να υπολογισθεί, όπως θά δούμε ευθύς αμέσως.

Ας πούμε ότι ο χρόνος μιας ενεργού διαδρομής του ελκύθρου ή της τράπεζας της πλάνης είναι t_ϵ 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:

$$u_{em} = \frac{L}{1000 t_\epsilon} \quad \text{και} \quad u_{vm} = \frac{L}{1000 t_v} \quad [\text{m/min}] \quad (5.1)$$

Ο συνολικός χρόνος t μιας 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 $(t_\epsilon + t_n)$ και θα είναι, όπως γνωρίζομε, το αντίστροφο της συχνότητας παλινδρομήσεως n' , δηλαδή:

$$t = \frac{1}{n'} \quad [\text{min}] \quad (5.2)$$

Από τις σχέσεις (5.1) είναι προφανές ότι:

$$\frac{u_{vm}}{u_{em}} = \frac{t_\epsilon}{t_v} = \delta \quad (5.3)$$

Από κατασκευαστικά στοιχεία που μπορούμε να πάρουμε 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 (5.1), (5.3) και (5.2), 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:

$$u_{em} = \frac{L}{1000 t_\epsilon} = \frac{L}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1} \right) \cdot t} = \frac{L}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1} \right) \cdot \frac{1}{n'}} \quad (5.4)$$

$$\text{εφόσον } t = t_\epsilon + t_v = t_\epsilon + \frac{t_\epsilon}{\delta} = t_\epsilon \left(1 + \frac{1}{\delta}\right) = t_\epsilon \left(\frac{\delta + 1}{\delta}\right)$$

$$\eta \quad t_\epsilon = \left(\frac{\delta}{\delta + 1}\right) \cdot t$$

Τελικά η σχέση (5.4) μπορεί να γραφεί στις ακόλουθες δύο μορφές:

$$u_m = u_{\epsilon m} (\approx u_{\epsilon \mu}) = \frac{L \cdot n'}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1}\right)} \quad (5.5)$$

ή

$$n' = \frac{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1}\right) \cdot u_m}{L} \quad (5.6)$$

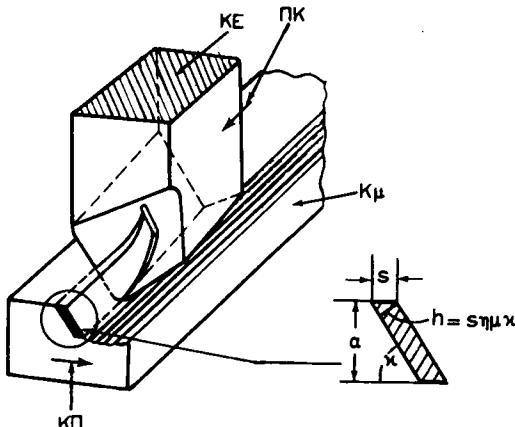
Η **πρόωση** s στο πλάνισμα (εγκάρσια πρόωση για το πλάνισμα οριζοντίων επιφανειών ή κατακόρυφη πρόωση για το πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών) εκφράζεται σε χιλιοστόμετρα (mm) ανά παλινδρόμηση ή ανά ενεργό διαδρομή ή ανά κύκλο πλανίσματος.

5.3.2 Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου και ο ρυθμός παραγωγής.

Η θεωρητική διατομή A του αποβλίτου σε mm^2 προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$A = a \cdot s \quad \text{ή} \quad A = \frac{a \cdot h}{\eta \mu k} \quad [\text{mm}^2] \quad (5.7)$$

όπου a σε mm είναι το βάθος κοπής (σχ. 5.3a), h σε mm είναι το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου και κ η γωνία θέσεως του κοπτικού εργαλείου.



Σχ. 5.3a.

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 υπολογίζουμε από τη σχέση:

$$\Theta = A u_m = \frac{a \cdot s \cdot L \cdot n'}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1} \right)} \quad [\text{cm}^3 / \text{min}] \quad (5.8)$$

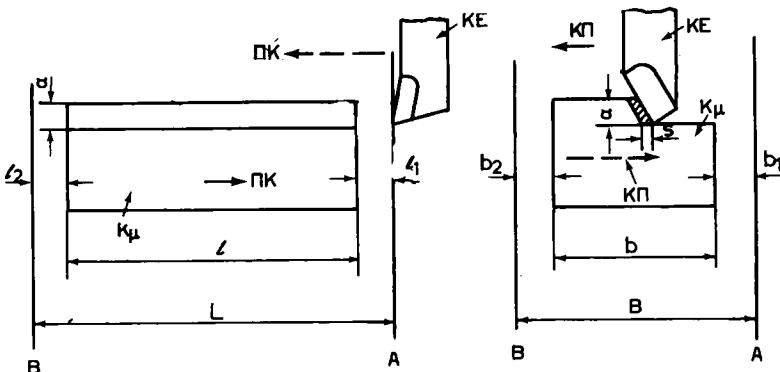
αν λάβομε υπόψη και τη σχέση (5.5).

5.3.3 Ο χρόνος κοπής στο πλάνισμα (σχ. 5.3β).

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) κινήσεως 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:

$$L = l + l_1 + l_2 \quad \text{και} \quad B = b + b_1 + b_2$$

Συνήθως λαμβάνομε $l_1 = l_2$ και $b_1 = b_2$.



Σχ. 5.3β.

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 $L \times B$ mm², όπως είπαμε παραπάνω, προσδιορίζεται με το εξής σκεπτικό. Για να πλανίσομε 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 έκτελέσει το εργαλείο x παλινδρομήσεις ή για να πλανισθεί η θεωρούμενη επιφάνεια θα είναι:

$$t_c = \frac{x}{n'} = \frac{B}{s \cdot n'} [\text{min}] \quad \eta t_c = B \cdot s \cdot t [\text{min}] \quad (5.9)$$

Η σχέση αυτή μπορεί να εκφρασθεί και αλλιώς, εφόσον θα χρειασθεί, αν αντικαταστήσουμε το π' με την τιμή που παίρνει από τη σχέση (5.6).

5.3.4 Η ισχύς κοπής στο πλάνισμα.

Στο πλάνισμα η μέση ισχύς κοπής (δεν διαφέρει και σημαντικά από τη μέγιστη ισχύ, όπως εξηγήσαμε στην αρχή της παραγράφου 5.3.1) εκφράζεται ως εξής [σχέση (1.9)]:

$$N_{Km} = \frac{F_T \cdot u_m}{6120} \quad [\text{kW}] \quad (5.10)$$

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 αποβλίτου [σχέση (5.7)] και από την ειδική αντίσταση κοπής k_s με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως στην ορθογωνική κοπή (παράγρ. 1.6.2), δηλαδή:

$$F_T = A \cdot k_s = a \cdot s \cdot k_s = \frac{a \cdot h \cdot k_s}{\eta \mu k} \quad (5.11)$$

Και γιά το πλάνισμα ισχύει η γνωστή σχέση (παράγρ. 1.6.2):

$$k_s = k_1 h^{-z} \quad (5.12)$$

όπως και ο Πίνακας 1.6.1 που δώσαμε για την εκλογή των k_1 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 αποβλίτου. Η σχέση (5.11) άρα παίρνει τη μορφή:

$$F_T = \frac{a \cdot h \cdot k_s}{\eta \mu k} = \frac{a \cdot k_1}{\eta \mu k} h^{1-z} \quad (5.13)$$

Επίσης ισχύουν και για το πλάνισμα οι συντελεστές διορθώσεως της F_T που δώσαμε στην παράγραφο 1.6.2, δηλαδή οι K_y , K_u , K_e και K_ϕ .

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 πράωση που πήραμε εκλέγομε από τον Πίνακα 5.4.2 μέση ταχύτητα κοπής $U_m = 14,5 \text{ m/min}$.

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 έχουμε.

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 (5.6) δηλαδή:

$$n' = \frac{\frac{1000}{L} \left(\frac{\delta}{\delta + 1} \right) U_m}{1 + 1,75} = \frac{\frac{1000}{380} \times \frac{1,75}{1 + 1,75} \times 14,5}{380} = \frac{1000 \times 0,64 \times 14,5}{380} = 24,4$$

παλινδρομήσεις/min.

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 διορθώσουμε ανάλογα [σχέση (5.6)] 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 των υπολογίζομε από τη σχέση (5.7), 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 έχουμε: $B = 200 + 4 = 204 \text{ mm}$. Ο χρόνος κοπής άρα [σχέση (5.9)] 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 (5.10)] 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 (5.11)] από τη Θεωρητική

διατομή του αποβλίτου $A = a \cdot s$ (γνωστή) και από την ειδική αντίσταση κοπής k_s , την οποία παίρνουμε από τον Πίνακα 1.6.1 συναρτήσει του θεωρητικού πάχους h του αποβλίτου. Επειδή στο πλάνισμα το θεωρητικό πάχος του αποβλίτου δίνεται ως (σχ. 5.3a):

$$h = s, \text{ημ} = 0,5 \times \text{ημ}60^\circ = 0,5 \times 0,866 = 0,433 \text{ mm}$$

η ειδική αντίσταση κοπής 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_ϕ (παράγρ. 1.6.2).

Στην περίπτωσή μας θα έχομε:

$$K_y = 1 - \frac{\gamma - \gamma_0}{66,7} = 1 - \frac{6 - 2}{66,7} = 1 - \frac{4}{66,7} = 1 - 0,06 = 0,94$$

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 (1.12)]:

$$N_0 = \frac{N_{K\delta}}{\eta} = \frac{1,1}{0,7} = 1,58 \text{ kW}$$

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη ισχύς ηλεκτροκινητήρα (παράγρ. 2.4.1) είναι 1,5 kw, που όπως βλέπομε 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.

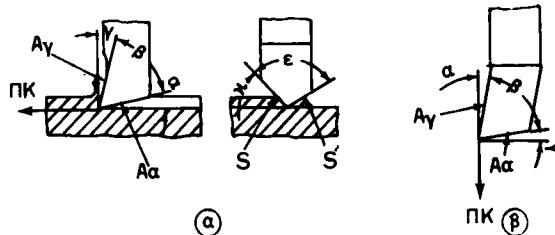
5.4 Εκτέλεση του πλανίσματος.

5.4.1 Τα κοντικά εργαλεία πλανίσματος και πώς αυτά εκλέγονται.

Τα κοντικά εργαλεία που μεταχειρίζόμαστε στο πλάνισμα είναι εργαλεία μιας κύριας κόψης όμοια με το τυπικό εργαλείο τορνεύσεως, για το οποίο μιλήσαμε στην παράγραφο 1.3.1 (σχ. 1.3a), παρουσιάζουν όμως διαφορές κάθε φορά στις τιμές των γωνιών κοπής.

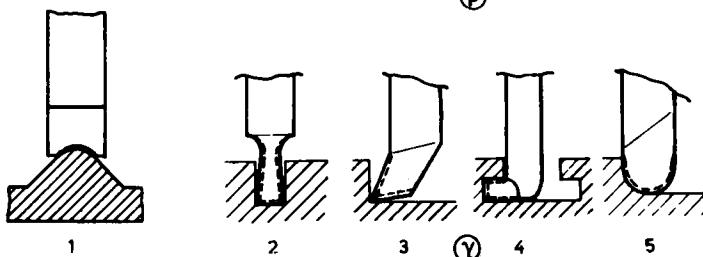
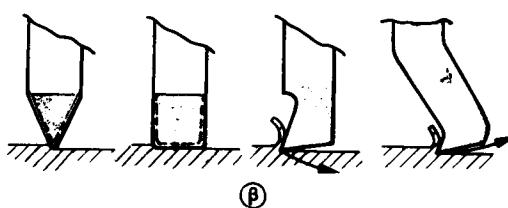
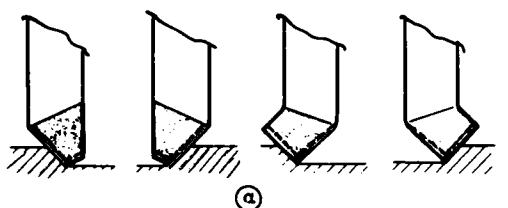
Οι γωνίες κοπής ενός έργαλείου για πλάνισμα σε οριζόντια βραχεία πλάνη ή σε τραπεζοπλάνη και σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη εικονίζονται στο σχήμα 5.4α.

Τα εργαλεία πλανίσματος τα διακρίνομε σε **εργαλεία εκχονδρίσεως** και σε **εργαλεία αποπερατώσεως**. Εξάλλου η διάκριση αυτή, όπως γνωρίζομε, γίνεται στα κο-



Σχ. 5.4α.

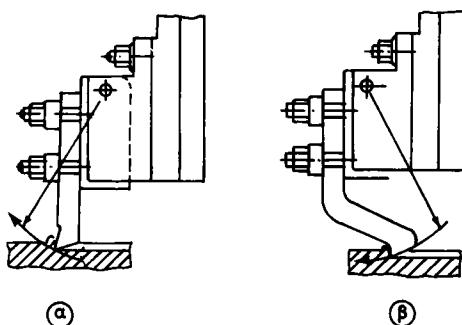
Οι γωνίες κοπής στα εργαλεία πλανίσματος: α) Εργαλείο οριζόντιας πλάνης, β) Εργαλείο κατακόρυφης βραχείας πλάνης. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, γ γωνία αποβλίτου, α ελεύθερη γωνία, β γωνία σφήνας, κ γωνία θέσεως της κύριας κόψης, Ε περιεχόμενη γωνία, Αγ επιφάνεια αποβλίτου, Αα ελεύθερη επιφάνεια, Σ κύρια κόψη, Σ' δευτερεύουσα κόψη).



Σχ. 5.4β.

Είδη κοπτικών εργαλείων πλανίσματος. α) Εργαλεία εκχονδρίσεως, β) Εργαλεία αποπερατώσεως, γ) Ειδικά εργαλεία. 1 εργαλείο μορφής, 2 εργαλείο για αυλάκια, 3 πλευρικό έργαλείο, 4 εργαλείο με κάμψη για πλάνισμα αυλακιών μορφής Τ, 5 εργαλείο με κυκλική μύτη.

πικά εργαλεία όλων των κατεργασιών κοπής. Τα εργαλεία εκχονδρίσεως (κόβουν με ταχύ ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου, όπου η θεωρητική διατομή του αποβλίτου θα πρέπει να είναι μεγάλη, σχέση (5.8), άρα μεγάλες και οι δυνάμεις που καταπονούνται στο εργαλείο διαμορφώνονται έτσι, ώστε να είναι ισχυρά στην περιοχή της κόψης [σχ. 5.4β (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. 5.4β (β)]. Ανάλογα με το είδος της εργασίας, τα εργαλεία πλανίσματος είναι δυνατό να πάρουν διάφορα σχήματα, όπως βλέπομε στο σχήμα 5.4β (γ). Με πολλή επιτυχία χρησιμοποιείται το εργαλείο αποπερατώσεως σε μορφή «λαιμού χήνας» [σχ. 5.4β (β), σχ. 5.4γ]. Το εργαλείο αυτό, αν για κάποιο λόγο (αν συναντήσει π.χ. ένα σκληρό κόκκο μετάλλου) παραμορφωθεί ελαστικά προς τα πί-



Σχ. 5.4γ.
Το εργαλείο σε μορφή «λαιμού χήνας».

σω δεν επηρεάζει καθόλου την κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού [σχ. 5.4γ (β)], ενώ ένα κανονικό ευθύ κοπτικό έργαλείο αποπερατώσεως [σχ. 5.4γ (α)] θα εισχωρούσε μέσα στην επιφάνεια του κομματιού και θα χειροτέρευε την τραχύτητα της.

Για την πρόσδεση των κοπτικών εργαλείων ανάλογα με το είδος πλανίσματος θα μιλήσομε στην παράγραφο 5.4.3.

Τα εργαλεία πλανίσματος κατασκευάζονται ως επί το πλείστο από ταχυχάλυβα γενικής χρήσεως (όπως είναι ο ταχυχάλυβας 18 - 4 - 1 η ισοδύναμος του, Πίνακας 3.5.3 Μ.Τ.Β'), που αποδίδει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται σε δύο 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-

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.1. Συντομεύεται κατά την παραπάνω απόβλητρου για ελέγχοντα υγρασία και νερό στην περιοχή Επαρχίας Λαζαρίδης.

Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		ως 35	6-8	10-12	-	6-8	8-10	-	-	-	-
Κράματα χαλκού		ως 45	8-10	12-25	-	10-12	10-20	-	6-8	10-20	-
		ώση 45	6-8	8-16	-	8-10	6-14	-	4-6	6-12	-
		άνω 45	4-6	2-8	-	6-8	0-6	-	2-4	0-2	-
Αργίλιο			10-12	24-30	-	8-10	20-24	-	8-10	20-24	-
Κράματα αργιλίου		ως 15	8-10	40-50	10	6-10	30-40	40	8-10	30-40	45
		άνω 15	6-8	25-35	20	4-8	20-25	50	5-8	23-30	45

ΤΙΒΑΚΑΣ 5.4.2.
Συστάσεις για την ελαχίστη της ταχύτητας κοπής κατόπιν της πλάνησης με εργαλείο από ταχυχέλια μέτρα.

Υλικό κομματιστικού	Ταχύτητα κοπής u^* σε m/min για πλάνηση σε οριζόντια πλάνη η u^* ή για πλάνηση σε κατακόρυφη πλάνη συναρτήσει της προώσεως s σε mm ανά παλινδρόμηση.										
	0,16	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6
St38, St42, C15, C22	33	31	29	27	25	23	22	20	19	17,5	16,5
St50, C35	25	23	21,5	20	18,5	17,5	16	15	14	13	12
St 60, C 45	20	18,5	17,5	16	15	14	13	12,5	11,5	10,5	10
St 70, C 60	16	15	14	13	12,5	11,5	10,5	10	9,5	8,5	8,0
GS 38	27	25	23	21	19,5	18	16,5	15,5	14,5	13,5	12,5
GS 45	21	19,5	18	16,5	15	14	13	12	11,5	10,5	10,5
GS 52	16,5	15	14	13	12	11	10,5	9,5	9,5	9,0	8,5
GG 14	36	32	29	26	23	21	18	16	15	13	11,5
GG 20	25	23	20	18	16	14,5	13	11,5	10,5	9,5	8,5
Κράματα χαλκού		για επεξόνδυση για αποπεράτωση									
Κράματα αργιλίου		20 ... 25	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40	30 ... 40
GS: Χυτοχέλια μέτρα, GG: φαίδες χυτοσίδηρος.		για αποπεράτωση									
Για βέθυνος κοπής $a > 12$ mm οι ταχύτητες κοπής πολλαπλασιάζονται επί 0,85.		για αποπεράτωση									
$*u_{120}$ και u_80 είναι η ταχύτητα κοπής για ζήτη του κοπικού εργαλείου ή σημ. προς 120 min και 60 min αντίστοιχα.		για αποπεράτωση									

τάλληλο στέλεχος. Ως τέτοιες περιπτώσεις μπορούμε να αναφέρομε 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 ενεργού διαδρομής του, όπως είπαμε προηγουμένως, συνιστούνται σκληρομέταλλα αντοχής σε κρούσεις, δηλαδή ποιοτήτων 30 και άνω (Πίνακας 1.3.1).

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 5.4.1 παραθέτουμε στοιχεία για μια τέτοια εκλογή γωνιών κοπής κοπτικών εργαλείων πλανίσματος.

5.4.2 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 εκχόνδρισεως θέτουμε στην πλάνη μεγάλο βάθος κοπής [εφόσον βέβαια η πλάνη μπορεί να ανταποκριθεί από άποψη ισχύος, σχέσεις (5.10), (5.11) 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 πάσσο εκχόνδρισεως (εφόσον αυτό το επιτρέπει το πάχος του υλικού που θα πρέπει να αφαιρεί) και ένα πάσσο αποπερατώσεως εκλέγοντας αντίστοιχα το βάθος κοπής. Ενδεικτικά μπορούμε να πούμε ότι το βάθος κοπής για κατεργασία εκχόνδρισεως 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 προώσεις και ταχύτητες κοπής, ανάλογα με το υλικό του κοπτικού εργαλείου, που να εναρμονίζονται με την ισχύ που μπορεί να δώσει η εργαλειομηχανή (για να επιτύχουμε ψηλό ρυθμό αφαιρέσεως υλικού), ενώ στην αποπεράτωση εφαρμόζομε μικρές προώσεις και μεγάλες ταχύτητες κοπής, για να επιτύχουμε 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 πρόωση επιφέροντας και κάποια διόρθωση για μεγάλα βάθη κοπής (Πίνακας 5.4.2). Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής δίνομε στους Πίνακες 5.4.2 και 5.4.3 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. 1.5.2 (Γ)], όπως και η δυνατότητα για απομάκρυνση των γρεζιών από το χώρο κοπής που αυτό μας

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4.3.
Συστάσεις για την εκμονή της ταχύτητας κονίας κατό το πλάνισμα με εργαλείο από σκληρομέταλλο.

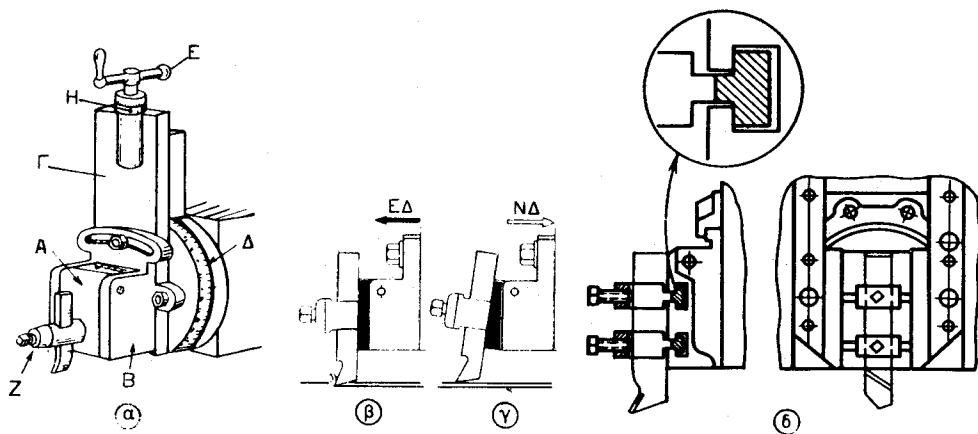
Υλικό κομματιού	Ταχύπτα κοπής U_{120} σε mm/min συγχρήσει της προώσεως σε mm ανά παλινδρόμηση.												
	0,16	0,2	0,25	0,32	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,25	1,6	2,0	2,5
St 00 ας St 42	77	72	68	65	60	57	54	51	48,5	46	43	40,5	38
St 50	68	65	60	57	54	51	48,5	44	43	40,5	38	36	34
St 60	60,5	58	55	52	49,5	47	44	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	—
Χάλυβες με όριο δραστείας άνω των 100 kp/mm ²	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
		για εκχόνδριση 30 ... 80 50 ... 120										για αποπεράτωση 50 ... 110 80 ... 150	
Κράματα χαλκού Κράματα αργιλίου	GS: Χιτροχάλυβες, GG = Φαινός χιτροσιθιρός.												

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. 1.5.3 (B)(2)].

5.4.3 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. 2.6.2). Ο εργαλειοδέτης Ζ στο πλάνισμα (σχ. 5.2a) ανήκει, όπως είδαμε, στο συγκρότημα του εργαλειοφορέιου και στηρίζεται επάνω σε μία αιωρούμενη πλάκα Α [ποδιά, σχ. 5.4d (a)] 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. 5.4d (β)], ενώ κατά τη νεκρή διαδρομή του ελκύθρου η ποδιά ανασηκώνεται λίγο [σχ. 5.4d (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. 5.4d (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. 5.4e (α)]: επίσης και ο ολισθητήρας Γ μπορεί να περιστραφεί και να κλίνει 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 5.4e (β) και 5.4e (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 5.4στ. Ο εργαλειοδέτης αυτός Α, στον οποίο προσδένονται δύο κοπτικά εργαλεία Β και Γ, μπορεί να πάρει δύο 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. 5.4δ.

Πως γίνεται η πρόσδεση των εργαλείων πλανίσματος.

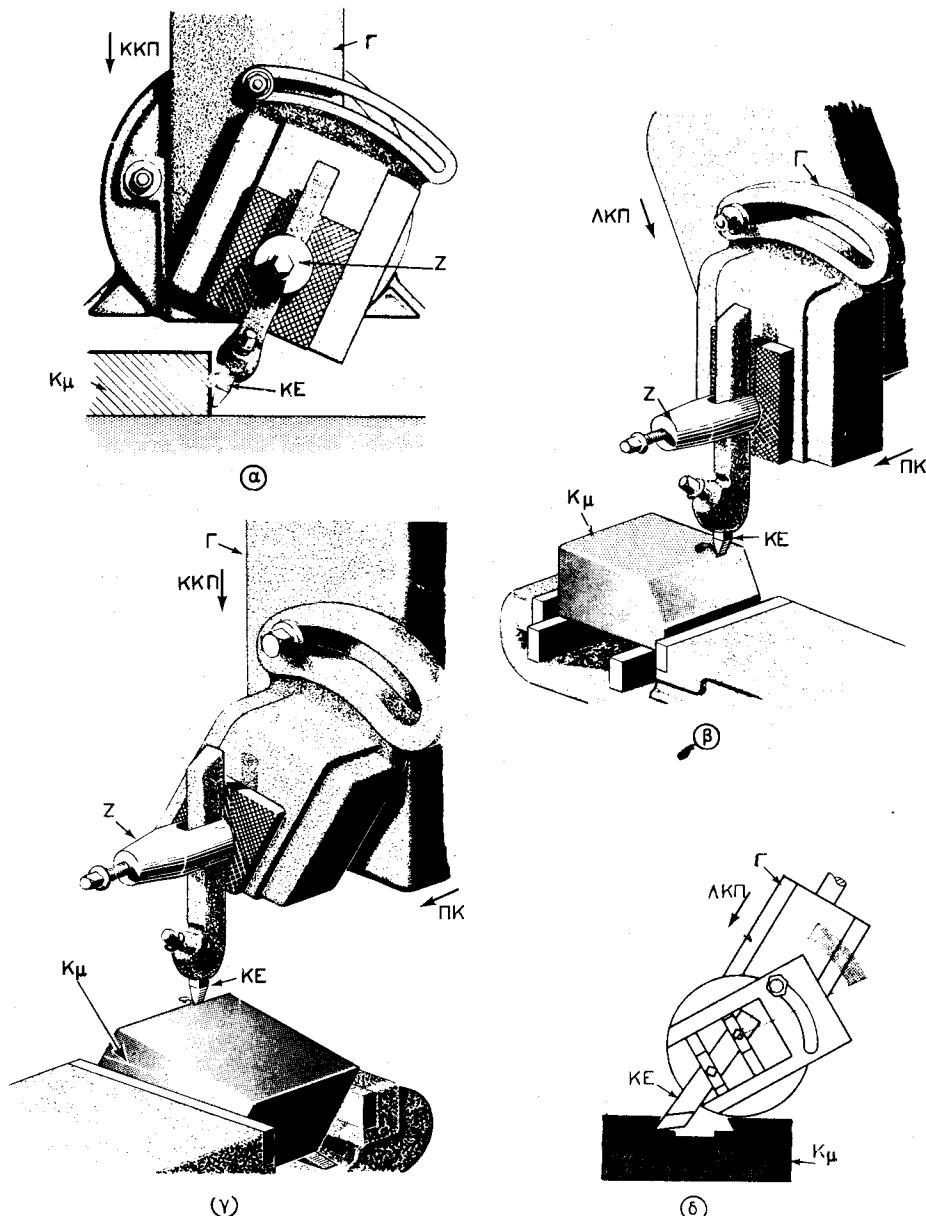
5.4.4 Η πρόσδεση των κομματιών.

Τα κομμάτια προσδένονται στην τράπεζα της πλάνης (βραχείας πλάνης ή τραπεζοπλάνης) τόσο με τις γνωστές τυπικές συσκευές προσδέσεως [παράγρ. 2.6.3 (B), σχ. 2.6θ, 2.6ι], 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. 2.6θ) 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), υποστήριγμάτων σχήματος Β ή βαθμιδωτών, κοχλιωτών ανυψωτήρων (γρύλλων) κ.α. Και πιο συγκεκριμένα:

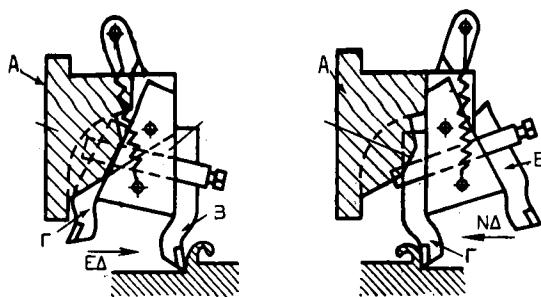
Τα μικρά κομμάτια, εφόσον το επιτρέπει η μορφή τους, στηρίζονται κατά κανόνα στη μέγγενη (σχ. 5.4ζ) και η μέγγενη με τη σειρά της στερεώνεται στην τράπεζα της πλάνης (στα αυλάκια της που έχουν σχήμα Τ) με ανάλογα βλήτρα. **Παράλληλα** σε σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου ή υπό κλίση υποβισθούν στη σωστή 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 βλέπομε στο σχήμα 5.4η. Υπάρχει και η δυνατότητα προσδέσεως κομματιών για κατακόρυφο πλάνισμα σε αυλάκια που βρίσκονται στις κατακόρυφες πλευρές της τράπεζας της πλάνης (σχ. 5.4θ).



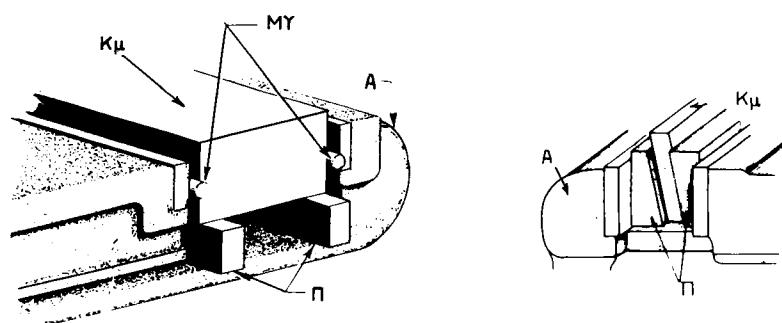
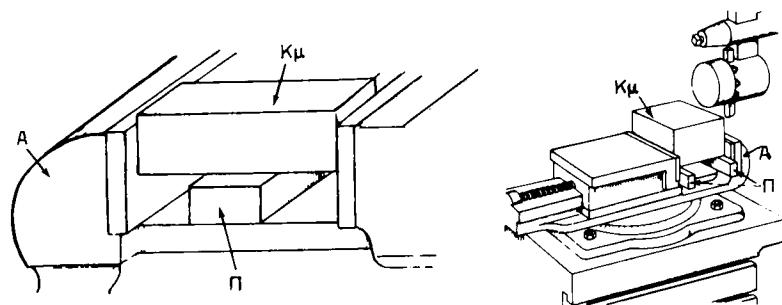
Σχ. 5.4ε.

α) Πλάνισμα κατακόρυφης επιφάνειας. β) Πλάνισμα κεκλιμένης επιφάνειας με περιστροφή του ολισθητήρα Γ του εργαλειοφορείου και οριζοντιώμενο 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 Γ του εργαλειοφορείου της πλάνης. δ) Πλάνισμα εσωτερικής κεκλιμένης επιφάνειας. (ΚΚΠ κατακόρυφη κίνηση προώσεως, ΛΚΠ λοξή κίνηση προώσεως, ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι, Ζ εργαλειοδέτης, Γ ολισθητήρας εργαλειοφορείου).



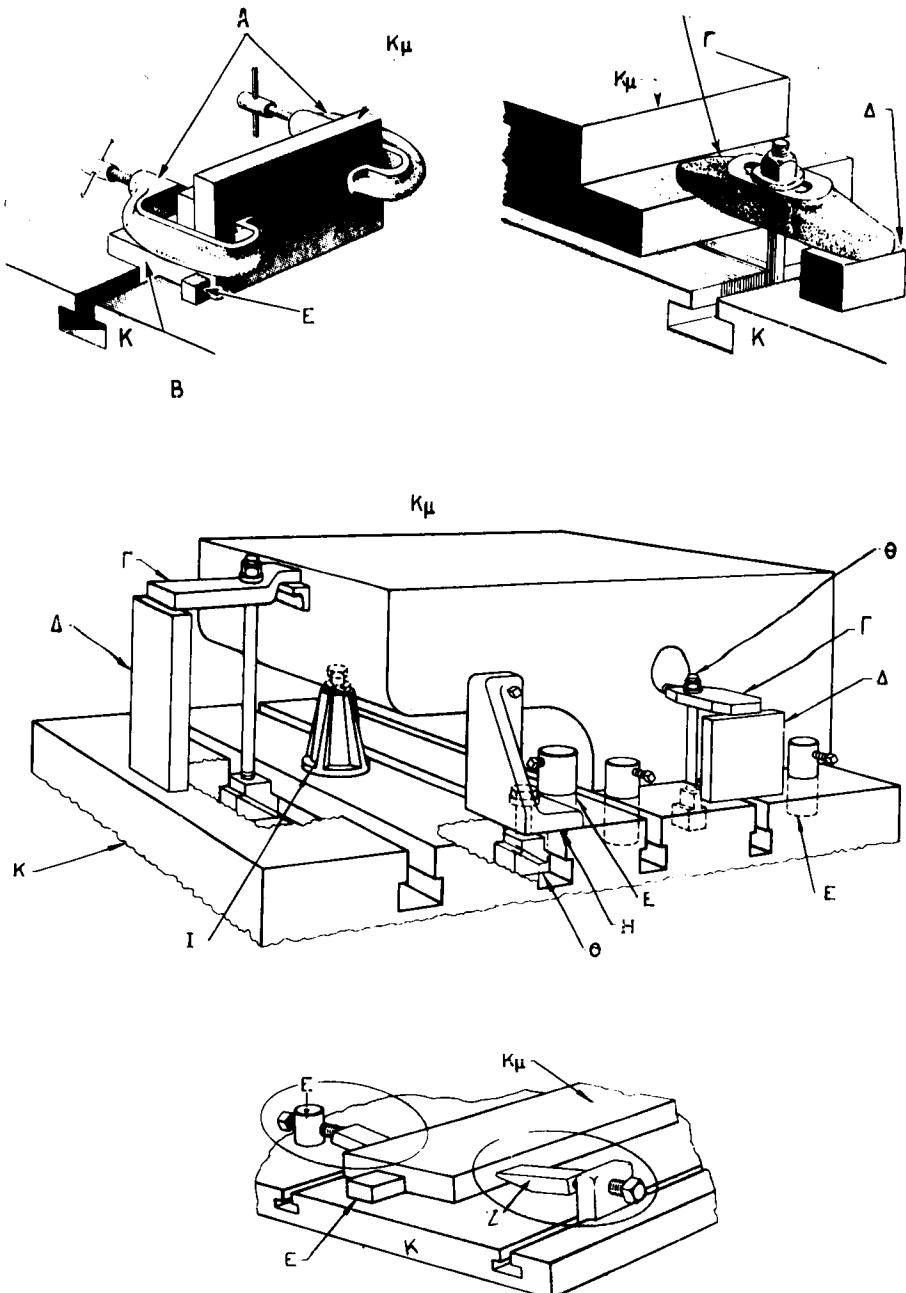
Σχ. 5.4στ.

Εργαλειοδέτης διπλής ενέργειας. (Α εργαλειοδέτης, Β, Γ κοπτικά εργαλεία, ΕΔ ενεργός διαδρομή, ΝΔ νεκρή διαδρομή).



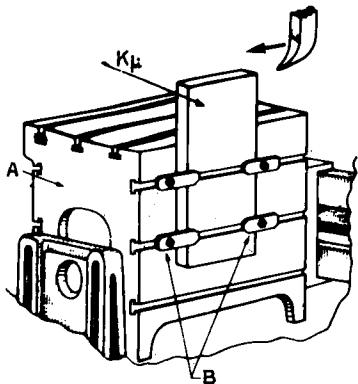
Σχ. 5.4ζ.

Πώς προσδένουμε κομμάτια στη μέγγενη για πλάνισμα. (Α μέγγενη, Π παράλληλα, ΜΥ ράβδοι από μα λακό υλικό, Κμ κομμάτι).



Σχ. 5.4η.

Πρόσδεση κομματιών στην τράπεζα της πλάνης. [Α σφιγκτήρες μορφής Σ, Β γωνιακή πλάκα, Γ φουρκέτα, Δ προσθήκη ευθυγραμμίσεως, Ε τερματικό οδηγητικό στήριγμα, Ζ ειδικός σφηνοειδής σφιγκτήρας, Η γωνιακός βραχίονας (μπρακέττο), Θ βλήτρο μορφής Τ, Ι κοχλιωτός ανυψωτήρας (γρύλλος), Κ τράπεζα της πλάνης, Κμ κομμάτι].

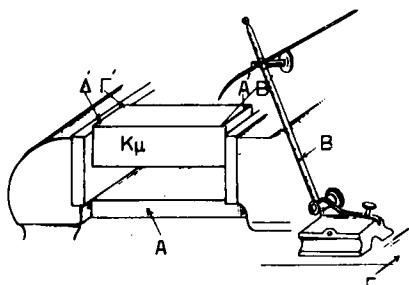


Σχ. 5.40.

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 άποφεύγεται 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. 2.9στ Μ.Τ.Β'). Για μικρότερη ακρίβεια για την οριζοντίωση κομματιών στην τράπεζα της πλάνης χρησιμοποιούμε τον απλό υψομετρικό χαράκτη (γράφτη) (σχ. 5.4ι) ή κατάλληλα ιαράλληλα, όπως π.χ. στό σχήμα 5.4ζ.



Σχ. 5.4ι.

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 αποφύγομε σημαδέματα από το σφίξιμο στις επιφάνειες των κομματιών κατά τη συγκράτηση τους στις θέσεις που ακουμπούν οι σιαγόνες της μέγιγνης ή οι διάφοροι σφιγκτήρες, χρησιμοποιούμε στις θέσεις αυτές φύλλα ή ράβδους από μαλακό υλικό (σχ. 5.4ζ).

5.4.5 Πώς ελέγχομε πλανισμένα κομμάτια.

Οριζόντιες επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, σαν αυτές που μορφοποιούμε στην τραπεζοπλάνη, ελέγχονται με την αεροστάθμη [σχ. 2.9η(β) Μ.Τ.Β'], όπως είδαμε στην παράγραφο 2.9.1 Μ.Τ.Β'. Μικρότερες επιφάνειες ελέγχονται με το μετρητικό ρολόι προσαρμοσμένο σε κατάλληλο υποστήριγμα επάνω στην πλάκα εφαρμογής [σχ. 2.9η (α) Μ.Τ.Β'] ή στην οριζοντιαμένη τράπεζα της πλάνης.

Η καθετότητα πλευρών ελέγχεται με την ορθή γωνία (σχ. 2.5γ Μ.Τ.Β') ή με τη βοήθεια του μετρητικού ρολογιού στηριγμένου σε κατάλληλο υποστήριγμα στην πλάκα εφαρμογής [σχ. 2.9ζ (γ) Μ.Τ.Β'] ή στην τράπεζα της πλάνης. Ο έλεγχος επιφανειών υπό κλίση γίνεται με τη βοήθεια του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο (σχ. 2.5ιε Μ.Τ.Β').

Ο έλεγχος της παραλληλότητας κεκλιμένων επιφανειών ως προς τη βάση του κομματιού γίνεται στην πλάκα εφαρμογής, όπως μας δείχνει το σχήμα 5.4ια(α).

Για τον έλεγχο της μορφής πλανισμένων κομματιών, όπως π.χ. κομματιών σε μορφή V, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον κατάλληλο για κάθε περίπτωση ελεγκτήρα μορφής (καλίμπρα), όπως βλέπουμε στο σχήμα 5.4ια (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 παχύμετρου (σχ. 2.2α Μ.Τ.Β') ή με το παχύμετρο βάθους (Μ.Ε., σχ. 1.4ιζ) ή με μικρόμετρο βάθους (Μ.Ε., σχ. 1.4 κε).

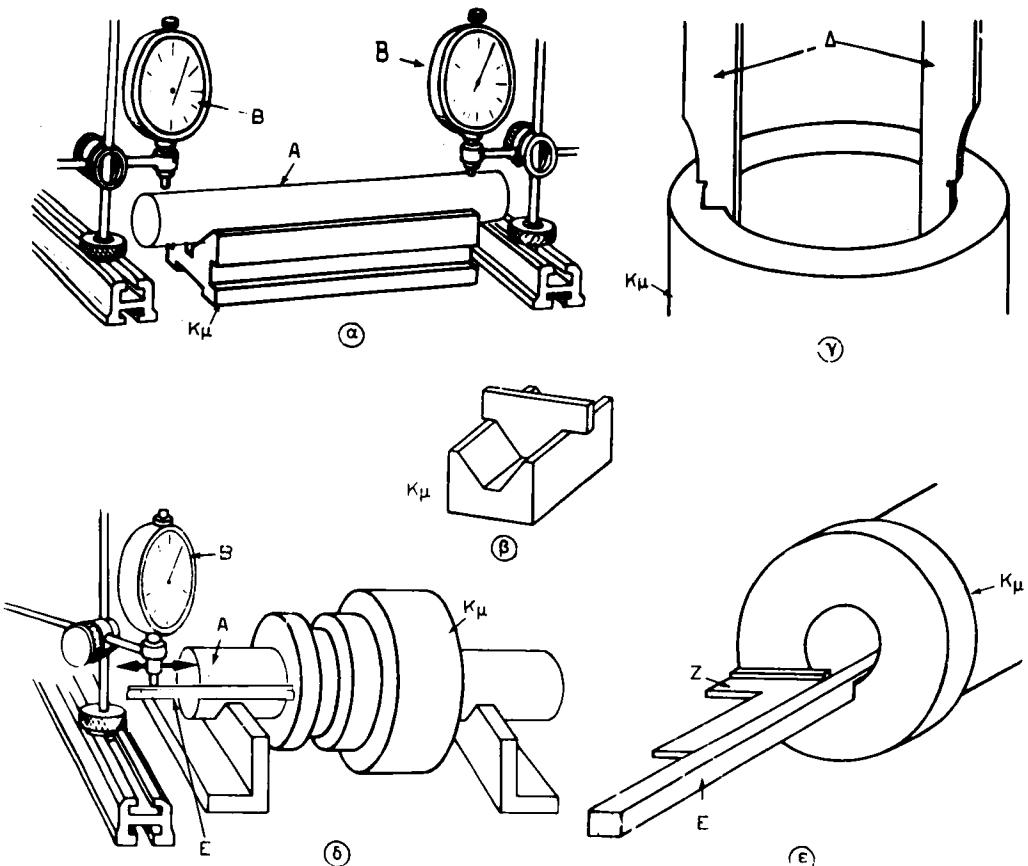
Τέλος, ο έλεγχος εσωτερικών σφηνοδρόμων εκτελείται, όπως εικονίζεται στα σχήματα 5.4ια (γ), (δ), (ε). Το βάθος του σφηνοδρόμου μετριέται με παχύμετρο [σχ. 5.4ια (γ)] και το πλάτος του συνήθως με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων. Για να ελέγχουμε την παραλληλότητα του σφηνοδρόμου με το κοίλο, στο οποίο πλανίζεται, όπως και την καθετότητά του ως προς το πρόσωπο του κομματιού μεταχειρίζομαστε τις διατάξεις που εικονίζονται αντίστοιχα στα σχήματα 5.4ια (δ) και 5.4ια (ε).

5.4.6 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. 1.2.2 Μ.Τ.Β'), συνιστούμε και τα εξής επί πλέον:

— Οι δύο βασικές αιτίες ατυχήματος κατά το πλάνισμα είναι από τη μία μεριά η εκτόξευση γρεζιών και από τη άλλη το «πιάσιμο» ανάμεσα στο κομμάτι και στο εργαλείο. Άρα, αν από το κοπτικό εργαλείο ξεπετιούνται γρέζια, τότε ο χειριστής της πλάνης δεν θα πρέπει να παρακολουθεί το εργαλείο, καθώς αυτό κάθει· επίσης δεν θα πρέπει να βάζει τα δάκτυλα του κοντά στο σταθερό ή κινούμενο εργαλείο, ανάλογα με το είδος της πλάνης στην οποία εργάζεται.

— Μετρήσεις ή ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια παλινδρομήσεως του ελκύθρου η



Σχ. 5.4ια.

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 κομματού. (Α πρότυπος κύλινδρος, Β μετρητικό ρολόι, Γ καλίμπρα, Δ τα δύο ρίμφη 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**.

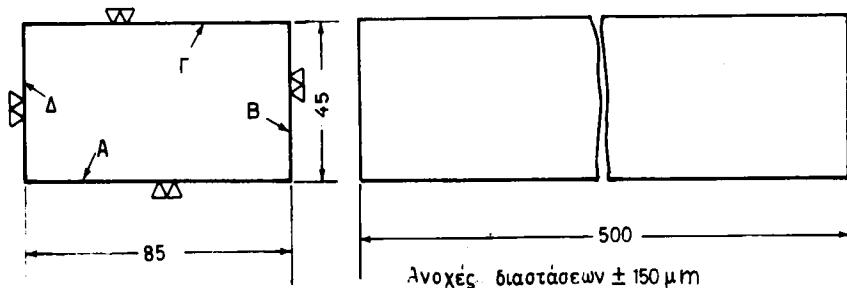
— Σε περιπτώσεις, όπου το έλκυθρο μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης στην ακραία του θέση προεξέχει σε διαδρόμους ή βρίσκεται κοντά σε τοίχο ή σε άλλο αντικείμενο, θα πρέπει αυτό (το έλκυθρο) να περιτριγυρίζεται από κατάλληλο προστατευτικό κάλυμμα.

— 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 γνύσιμο του τεχνίτη (σχ. 1.2 Μ.Τ.Β').

5.4.7 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 στὸ 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, συμπεραίνουμε 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 με εκχόνδριση και τελική κατεργασία οριζοντίως το πλάνισμα και των υπόλοιπων δύο του πλευρών. Στο σχήμα 5.4iβ (σελ. 186), 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 5.4.1 και 5.4.2 αντίστοιχα.

5.5 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 έπιφανεις μπορούμε να μορφοποιήσουμε με το πλάνισμα;
- Ποιοι είναι οι λόγοι που καθιστούν το πλάνισμα απόδοτικό 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-

- 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 αναγκαίο σχήμα πώς επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα του ελκύθρου στην ενεργό του διαδρομή.
 12. Πώς επιτυγχάνεται η διακοπόμενη κίνηση προώσεως σε μία οριζόντια βραχεία πλάνη; Να κάμετε και το απαραίτητο σκίτο.
 13. Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζει ένα υδραυλικό σύστημα για την παλινδρομική κίνηση του ελκύθρου μιας βραχείας πλάνης σε σχέση με το μηχανικό σύστημα της ερωτήσεως με αύξοντα 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 μία οριζόντια βραχεία πλάνη. β) Σε μία κατακόρυφη βραχεία πλάνη και γ) σε μία τραπεζοπλάνη.
 18. Να μνημονεύσετε από δύο κομμάτια (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 μιας ενδιαφέρει η μέση ταχύτητα του ελκύθρου 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 ελκύθρου σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη με μηχανισμό ταλαντεύομένου βραχίονα και δισκοειδούς στροφάλου;
 23. Πώς εκφράζεται η πρώση στο πλάνισμα; Να δώσετε και ένα αριθμητικό παράδειγμα.
 24. Ποιο σθόροπλο πλεονέκτημα παρουσιάζει το εργαλείο αποπερατώσεως σε μορφή «λαιμού χήνας»;
 25. Γιατί τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος κατασκευάζονται αποκλειστικά σχεδόν από ταχυχάλυβα;
 26. Αν συμβεί να χρησιμοποιήσουμε σκληρομέταλλο στο πλάνισμα, ποια ποιότητα σκληρομετάλλου θα χρησιμοποιήσουμε και γιατί;
 27. Να σχεδιάσετε ένα κοπτικό εργαλείο πλανίσματος (όποιο θέλετε) για εκχόνδριση, ένα για αποπέρατωση, όπως και ένα ειδικό.
 28. Ποια γενική αρχή εφαρμόζουμε σχετικά με την εκλογή της ταχύτητας κοπίς 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 στην ενεργό διαδρομή του ελκύθρου σε μια οριζόντια βραχεία πλάνη και να περιγράψεται τη λειτουργία του.
 31. Να μνημονεύσετε τρόπους προσδέσεως των κομματών 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 μία οριζόντια βραχεία πλάνη πρόκειται να πλανισθεί μία πλάκα μήκους 450 mm και πλάτους 100 mm. Αν διαλέξετε με στην ταχύτητα κοπής $u_m = 25 \text{ m/min}$ και πρώση $s = 0,9 \text{ mm}$ ανά παλινδρόμηση, να υπολογίσετε: α) Το μήκος της διαδρομής του ελκύθρου που θα απαιτηθεί. β) Τη συχνότητα και την περίοδο παλινδρομήσεως του ελκύθρου 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 ελκύθρου 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 $\delta = 1,50$.

Φύλλο κατεργασίας

Εργοστάσιο. Τμήμα: ..., ...
 Ονομασία .(και/η κωδικός αριθμός) κομματιού: Πρισματική ράβδος (...)
 Υλικό κομματιού: Χάλυβας St 37 σε ράβδο 90 × 50 × 500. Αριθμός κομματών στην παρίδα: ...
 Παραπρήσεις: ...

Συμβολισμός εργασίας ή φόρσεως	Εργασία ή φόρση	Εργαλείο μετρητικό όργανο ή μέσο	υ _{m,120} [m/min]	η' [παλινδρ./min]	s [mm/παλινδρ.]	α [mm]
E1	Πρόσδεση κομματιού για κατεργασία της πλευράς Γ	Ακραία οδηγητικά στηρίγματα, ειδικοί σφιγκτήρες	—	—	—	—
E2	Πρόσδεση κοπτικού εργαλείου	Ευθύ αριστερό εργαλείο εκχονδρίσεως ($\gamma = 22^\circ$, $\alpha = 11^\circ$, $\lambda = 8^\circ$) HSS.	—	—	—	—
Φ1	Εκκόνδριση ορίζοντας πλευράς Γ	Εργαλείο σπασ στην E2	23	26	0,5	2,0
E3	Αφαιρέση κοπτικού εργαλείου εκχονδρίσεως και πρόσδεση νέου για αποπεράτωση	Εργαλείο αποπεράτωσης ($\gamma = 20^\circ$, $\alpha = 13^\circ$, $\lambda = 30^\circ$) HSS	—	—	—	—
Φ2	Αποπεράτωση πλευράς Γ	Εργαλείο σπασ στην E3	33	43	0,2	0,5
E4	Αφαιρέση εργαλείου αποπεράτωσης και πρόσδεση εργαλείου εκχονδρίσεως	Εργαλείο εκχονδρίσεως κεκαμένης αριστερά ($\gamma = 22^\circ$, $\alpha = 11^\circ$, $\lambda = 8^\circ$) HSS	—	—	—	—
E5	Πρόσδεση κομματιού για πλάνισμα της πλευράς Β	Κατάλληλα ακραία οδηγητικά στηρίγματα και σφιγκτήρες	—	—	—	—
Φ3	Εκκόνδριση κατακόρυφης πλευράς Β	Εργαλείο σπασ στην E4	23	26	0,5	2,0

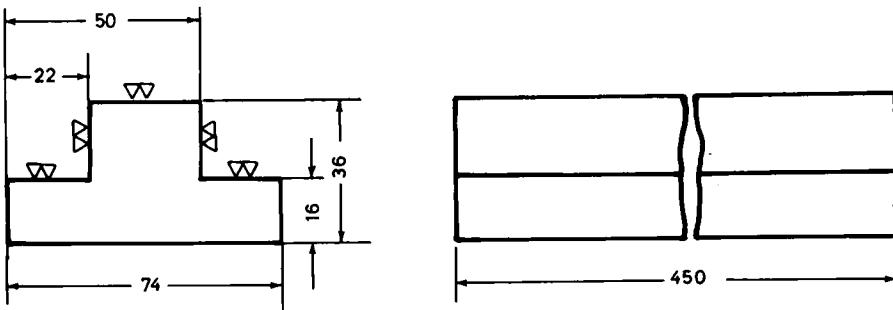
E6	Αφάίρεση έργαλείου εγκονδρίσεως και πρόσδεση έργαλείου αποπερατώσεως	Έργαλείο αποπερατώσεως κεκαμμένο αριστερά ($\gamma = 20^\circ$, $\alpha = 13^\circ$, $\lambda = 30^\circ$) HSS	—	—	—	—
Φ4	Αποπεράτωση πλευράς Β	Έργαλείο όπως στην E6	33	43	0,2	0,5

Επαναλαμβάνονται οι εργασίες E1, E2, E3 και E4 για την εκχόνδριση και αποπεράτωση των υπόλοιπων πλευρών Δ και Α του κομματιού. Χρησιμοποιούνται αντίστοιχα κοπικά έργαλα, όπως στις εργασίες E2 και E3 και συνθήκες κατεργασίας, δημιας στις φάσεις Φ1 και Φ2.

Επιθεώρηση: Ελεγκτική υρθή γνωνία, παχύμετρο και πρότυπα πλακίδια. Τα τελευταία χρειάζονται για τη ρύθμιση του βάθους κοπής στις φάσεις αποπερατώσεως των επιφανειών Δ και Α, για να επιτευχθούν με την σπατούμενη ακρίβεια οι διαστάσεις 45 mm και 85 αντίστοιχα.

Σχ. 5.41β.

36. Σε μια τραπεζοπλάνη εκχονδρίζομε μία οριζόντια επιφάνεια μήκους 1300 mm και πλάτους 200 mm ενδέκα κομματιού από χάλυβα St 37 με κοπτικό έργαλείο από ταχυχάλυβα ($\gamma = 20^\circ$, $k = 60^\circ$) 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 κατασκευάσσομε 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: $n' [\text{παλινδρ./min}] = 12 \quad 16 \quad 23 \quad 32 \quad 45 \quad 63 \quad 90 \quad 125 \quad 180$
 $s [\text{mm/παλινδρ.}] = 0,125 \quad 0,18 \quad 0,25 \quad 0,355 \quad 0,50 \quad 0,71 \quad 1,00 \quad 1,4 \quad 2,0$
 Ζητούμε να καταρτίσετε το φύλλο κατεργασίας του κομματιού αυτού.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Γενικές αρχές της κοπής των μετάλλων

1.1	Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων	1
1.1.1	Προκαταρκτικές έννοιες και ορισμοί	1
1.1.2	Είδη και μορφές αποβλίττου	3
1.1.3	Πώς σχηματίζεται το συνεχές απόβλιτο	6
1.1.4	Η γωνία διατήσεως και ο δείκτης συμπέσεως του αποβλίττου	11
1.1.5	Ερωτήσεις και ασκήσεις	13
1.2	Θερμότητα και θερμοκρασίες κατά την κοπή των μετάλλων	13
1.2.1	Η θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή	13
1.2.2	Οι αναπτυσσόμενες κατά την κοπή θερμοκρασίας και η διανομή τους	14
1.2.3	Ερωτήσεις	15
1.3	Το κοπτικό εργαλείο	15
1.3.1	Προτυποποίηση του εργαλείου τορνεύσεως	16
1.3.2	Υλικά κοπτικών εργαλείων (συμπλήρωση)	20
1.3.3	Ερωτήσεις	29
1.4	Φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου	29
1.4.1	Γενικά	29
1.4.2	Φθορά του κοπτικού εργαλείου	30
1.4.3	Η Ζωή του εργαλείου	32
1.4.4	Ερωτήσεις	37
1.5	Υγρά κοπής	37
1.5.1	Γενικά	37
1.5.2	Οι δράσεις του υγρού κοπής	38
1.5.3	Εδη υγρών κοπής	42
1.5.4	Βιομηχανικές χρήσεις των υγρών κοπής	43
1.5.5	Ερωτήσεις	46
1.6	Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής	46
1.6.1	Γενικά	46
1.6.2	Υπολογισμός της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής και της κοπής από την ειδική άντεσταση κοπής	48
1.6.3	Ερωτήσεις και ασκήσεις	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Συγκρότηση των εργαλειομηχανών κοπής

2.1 Τα κύρια μέρη μιας εργαλειομηχανής κοπής	54
2.1 Τα δομικά στοιχεία μιας εργαλειομηχανής κοπής	55
2.2.1 Το σώμα της εργαλειομηχανής και οι ολισθητήρες (ευθυντηρίες πρισματοδηγοί ή γλιστρές)	55
2.2.2 Κεφαλή, τράπεζα και φορεία	58
2.2.3 Άτρακτος και έδρανά της	60
2.3 Μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές	62
2.3.1 Γενικά	62
2.3.2 Μετάδοση περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές	63
2.3.3 Μετάδοση συνεχους περιστροφικής κινήσεως στις εργαλειομηχανές	83
2.3.4 Η μεταφορική κίνηση στις εργαλειομηχανές	86
2.3.5 Η περιοδική κίνηση στις εργαλειομηχανές	88
2.4 Ηλεκτρική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές	89
2.4.1 Γενικά για τους ηλεκτροκινητήρες που μεταχειρίζομαστε στις εργαλειομηχανές	89
2.4.2 Ρύθμιση της περιστροφικής ταχύτητας των ηλεκτροκινητήρων	90
2.5 Υδραυλική μετάδοση κινήσεως στις εργαλειομηχανές	91
2.5.1 Γενικά	91
2.5.2 Αντλίες	92
2.5.3 Υδραυλικοί κινητήρες	94
2.6 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων και κομματιών	95
2.6.1 Γενικά	95
2.6.2 Συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων	96
2.6.3 Συσκευές προσδέσεως κομματιών	96
2.7 Ερωτήσεις και ασκήσεις	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Συντήρηση εργαλειομηχανών

3.1 Γενικά	106
3.2 Η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών	107
3.2.1 Γενικά	107
3.2.2 Εργασίες ημερήσιας προληπτικής συντηρήσεως	107
3.2.3 Εργασίες τριμηνιαίας προληπτικής συντηρήσεως	109
3.3 Εργασίες επισκευών των εργαλειομηχανών	109
3.4 Ερωτήσεις	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Τρυπάνισμα και συναφείς κατεργασίες - Δράπανα

4.1 Γενικά για το άνοιγμα και την αποπεράτωση (τελείωμα) οπών	111
4.2 Το τρυπάνισμα και το δράπανο	112
4.2.1 Γενικά για το τρυπάνισμα	112
4.2.2 Το ελικοειδές τρυπάνι ως κοπτικό εργαλείο	113
4.2.3 Το δράπανο	115
4.2.4 Χαρακτηριστικά μεγέθη του τρυπανίσματος	122
4.2.5 Εκτέλεση του τρυπανίσματος	129
4.3 Κατεργασίες συναφείς με το τρυπάνισμα: Η γλύφανση και η εσωτερική σπειροτόμηση	139
4.3.1 Η γλύφανση	139
4.3.2 Η εσωτερική σπειροτόμηση	146
4.4 Ερωτήσεις και ασκήσεις	150

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Πλάνισμα και πλάνες

5.1 Γενικά	153
5.2 Η πλάνη	154
5.2.1 Τα ειδή πλανών	154
5.2.2 Ποια είναι τα στοιχεία που προδιαγράφονται σε μία πλάνη	163
5.3 Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του πλανίσματος	163
5.3.1 Οι συνθήκες κατεργασίας	163
5.3.2 Η θεωρητική διατομή του αποβλίτου και ο ρυθμός παραγωγής	165
5.3.3 Ο χρόνος κοπής στο πλάνισμα (σχ. 5.3β)	166
5.3.4 Η ισχύς κοπής στο πλάνισμα	167
5.4 Εκτέλεση του πλανίσματος	169
5.4.1 Τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος και πώς αυτά εκλέγονται	169
5.4.2 Πώς εκλέγομε τις συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής	174
5.4.3 Η πρόσδεση του εργαλείου	176
5.4.4 Η πρόσδεση των κομματιών	177
5.4.5 Πώς ελέγχομε πλανισμένα κομμάτια	182
5.4.6 Μέτρα για την πρόληψη ατυχήματος στο πλάνισμα	182
5.4.7 Ένα παράδειγμα πλανίσματος κομματιού	184
5.5 Ερωτήσεις και ασκήσεις	184