

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

**ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ: ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ,
ΠΛΑΝΗ, ΔΡΑΠΑΝΟ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:
ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΤΑΤΑΡΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΗΛΙΑΣ ΝΙΚΟΠΟΥΛΟΣ

ΜΑΪΟΣ 2006

*Αφιερώνω αυτή την εργασία
με εκτίμηση στην οικογένειά μου
που μου συμπαραστάθηκε*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η προσπάθεια να ικανοποιηθεί μεγάλο πλήθος αναγκών του ανθρώπου με την αξιοποίηση και εκμετάλλευση του μετάλλου, σε συνδυασμό με τη μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας, είχε σαν αποτέλεσμα να αναπτυχθεί για το σκοπό αυτό πολύ μεγάλη ποικιλία μηχανών.

Εργαλειομηχανές ονομάζονται γενικά οι μηχανές εκείνες που χρησιμεύουν σε πλατιά έννοια ως εργαλεία για την εφαρμογή – με κατανάλωση ενέργειας – των διαφόρων μεθόδων που έχει επινοήσει ο άνθρωπος για την κατασκευή κάθε φύσεως μηχανημάτων και συσκευών. Αυτό επιτυγχάνεται με την αναγκαία διαμόρφωση και επεξεργασία κατάλληλων υλικών και κυρίως μετάλλων.

Οι μηχανές αυτές αντικαθιστούν τα εργαλεία του χεριού, κάνουν την παραγωγή μεγαλύτερη, δίνουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις κατασκευές και ελαττώνουν την χειρονακτική εργασία. Οι εργαλειομηχανές χρησιμοποιούνται ως κύριο εργαλείο για την κατασκευή κινητήριων μηχανών, αγροτικών και δομικών μηχανημάτων, στις αυτοκινητοβιομηχανίες, στις αεροπορικές κατασκευές, στα μεταλλεία, στη ναυτιλία, στη χημική βιομηχανία κλπ.

Αντικείμενο αυτής της εργασίας είναι οι κατεργασίες κοπής των μετάλλων και οι εργαλειομηχανές κοπής φρεζομηχανή, πλάνη και δράπανο.

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

Όμως, για να συντελεσθεί η μηχανουργική παραγωγή, εκτός από την κατάλληλη κατά περίπτωση εργαλειομηχανή και το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο, συμμετέχουν ο τεχνίτης, που χειρίζεται την εργαλειομηχανή, το κατεργαζόμενο υλικό και ο έλεγχος, τον οποίο διενεργούμε με τη βοήθεια των προβλεπομένων μετρητικών οργάνων. Με τον έλεγχο αυτό διαπιστώνουμε κάθε φορά, αν το κομμάτι που κατασκευάζουμε ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές, που έχουμε προκαταβολικά θέσει γι' αυτό.

Το κείμενο χωρίζεται σε πέντε κεφάλαια:

Το πρώτο κεφάλαιο είναι γενικού περιεχομένου. Αναπτύσσονται τα δομικά στοιχεία και τα στοιχεία μετάδοσης κίνησης των εργαλειομηχανών. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται και οι συσκευές προσδέσεως των κοπτικών εργαλείων και των προς κατεργασία κομματιών. Περιγράφεται η κινηματική των κατεργασιών κοπής, οι συνθήκες κατεργασίας αφαίρεσης υλικού και τα μέτρα ασφαλείας για εργασία σε εργαλειομηχανές. Αναφέρονται οι χαρακτηριστικές γωνίες κοπής των κοπτικών

εργαλείων τα υλικά τους και γίνεται ο προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής καθώς και των υγρών κοπής.

Στα επόμενα τέσσερα κεφάλαια περιγράφονται οι εργαλειομηχανές και οι συναφείς βασικές κατεργασίες κοπής.

Για κάθε κατεργασία δίνουμε την αρχή στην οποία αυτή βασίζεται, τις δυνατότητες, τις οποίες έχει και περιγράφουμε την εργαλειομηχανή, στην οποία εκτελείται η κατεργασία. Επί πλέον παρέχουμε στοιχεία για τη σωστή εκτέλεση της (πρόσδεση κομματιού, εργαλείου κλπ.), όπως και για την εκλογή των συνθηκών κατεργασίας, της γεωμετρικής μορφής του κοπτικού εργαλείου και του υγρού κοπής. Τέλος με εύχρηστες σχέσεις προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά μεγέθη των συνθηκών κατεργασίας όπως ταχύτητα κοπής πρόωση, κλπ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1.
1.1 Τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών	1.
1.2 Συσκευές προσδέσεως.....	16.
1.3 Κινηματική των κατεργασιών κοπής - Συνθήκες κατεργασίας αφαίρεσης υλικού.....	20.
1.4 Κοπτικά εργαλεία.....	21.
1.5 Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής.....	27.
1.6 Ψύξη και υγρά κοπής.....	32.
1.7 Μέτρα ασφαλείας για εργασία σε εργαλειομηχανές.....	34.
2. ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ.....	35.
2.1 Γενικά.....	35.
2.2 Μέθοδοι φρεζαρίσματος.....	36.
2.3 Δομή της φρεζομηχανής.....	39.
2.4 Κοπτικά εργαλεία φρεζομηχανών.....	64.
2.5 Συνθήκες κατεργασίας στη φρεζομηχανή.....	87.
2.6 Διαιρέτης.....	112.
2.7 Κατασκευή οδοντοτροχών.....	134.
3. ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΕΣ.....	161.
3.1 Γραναζοκόπτες.....	161.
3.2 Φρεζοδράπανα.....	171.
3.3 Φρεζοπλάνες.....	185.
4. ΠΛΑΝΗ.....	187.
4.1 Γενικά.....	187.
4.2 Δομή της πλάνης.....	191.
4.3 Κοπτικά εργαλεία πλανίσματος.....	214.
4.4 Συνθήκες κατεργασίας στην πλάνη.....	219.
4.5 Κατεργασίες στην πλάνη.....	229.
5. ΔΡΑΠΑΝΟ.....	234.
5.1 Γενικά.....	234.
5.2 Είδη και περιγραφή δραπάνου.....	235.
5.3 Κοπτικά εργαλεία-Τρυπάνια.....	250.
5.4 Συνθήκες κατεργασίας στη διάτρηση.....	260.
5.5 Μέτρα ασφαλείας - Βασικοί κανόνες κατά την εκτέλεση της διάτρησης.....	273.
5.6 Κατεργασίες συναφείς με τη διάτρηση.....	275.
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	289.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκτέλεση των κατεργασιών γίνεται στις εργαλειομηχανές κοπής. Αυτές πρέπει να έχουν τις παρακάτω βασικές συσκευές που διευκολύνουν την εκτέλεση της κατεργασίας.

Οι βασικοί μηχανισμοί σε μια εργαλειομηχανή είναι οι εξής:

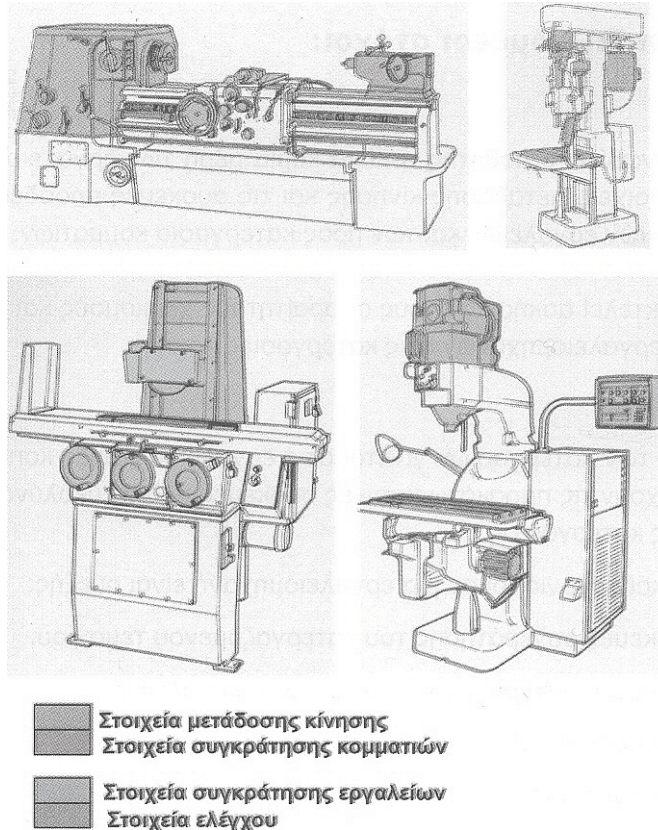
- Συσκευές συγκράτησης του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
- Συσκευές συγκράτησης του κοπτικού εργαλείου.
- Συσκευές κίνησης κοπτικού εργαλείου (προώσεως).
- Συσκευές κίνησης τεμαχίου.

1.1 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών είναι τα ακόλουθα (σχήμα 1.1):

> Τα δομικά στοιχεία. Είναι ο κορμός που συνδέει όλα τα μέρη, τα οποία αποτελούνται από το σώμα, τους ολισθητήρες, την κεφαλή, την τράπεζα και από διάφορα φορεία.

> Τα στοιχεία μετάδοσης κίνησης. Είναι τα κιβώτια ταχυτήτων και τα κιβώτια προώσεων. Ο σκοπός τους είναι η μετάδοση κίνησης από τον κινητήρα στο κοπτικό εργαλείο, στην περίπτωση κατεργασίας στη φρέζα, ή στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, στην περίπτωση κατεργασίας στον τόρνο, με μία ορισμένη ταχύτητα κοπής. Επίσης, στα στοιχεία μετάδοσης κίνησης ανήκουν οι μηχανισμοί μετατροπής περιστροφικής



Σχήμα 1.1 Μέρη διαφόρων εργαλειομηχανών κοπής.

κίνησης σε παλινδρομική.

> Συσκευές συγκρατήσεως κομματιών. Για περιστρεφόμενα κομμάτια (π.χ. κατεργασία στον τόρνο), είναι τα τσοκ, πλατώ, κ.α. Για σταθερά ή μετακινούμενα κομμάτια είναι οι μέγγενες, οι μηχανισμοί συγκρατήσεως, τα μαγνητικά τσοκ, (π.χ. κατεργασία στη φρέζα) κ.α.

> Συσκευές συγκρατήσεως εργαλείων. Για σταθερά ή μετακινούμενα εργαλεία (π.χ. κατεργασία στον τόρνο) είναι οι εργαλειοδέτες. Για περιστρεφόμενα εργαλεία είναι οι τυπικές συσκευές προσδέσεως κωνικής συναρμογής (π.χ. κατεργασία στη φρέζα) κ.α.

> Στοιχεία ελέγχου. Είναι στοιχεία για τον έλεγχο της λειτουργίας της εργαλειομηχανής και της ηλεκτρικής μετάδοσης κίνησης. Τα στοιχεία για τον έλεγχο της μετακίνησης του κοπτικού εργαλείου ή της τράπεζας, καθώς και τον έλεγχο των συνθηκών κοπής στις εργαλειομηχανές.

Δομικά στοιχεία

Το σώμα είναι ο κορμός της εργαλειομηχανής, στο οποίο στηρίζονται όλα τα μέρη της. Το σώμα πρέπει να έχει δυνατότητα αντίστασης στις εξωτερικές δυνάμεις και ικανότητα απόσβεσης των ταλαντώσεων που προκαλούνται. Στην κατασκευή και στην τοποθέτηση του σώματος μιας εργαλειομηχανής, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ανοχές μορφής και τοποθέτησης, για να μη χειροτερέψει η ταλαντωτική της συμπεριφορά, με αποτέλεσμα να χάσει την ακρίβειά της. Τα κύρια υλικά κατασκευής των σωμάτων των εργαλειομηχανών είναι τα παρακάτω:

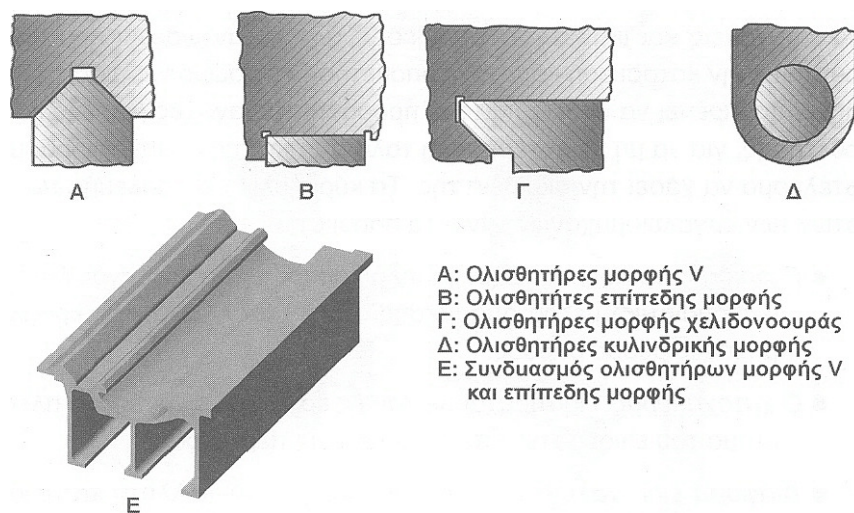
- Ο φαιός χυτοσίδηρος. Έχει χαμηλό κόστος, καλή κατεργαστικότητα, ικανοποιητικό μέτρο απόσβεσης. Είναι κατάλληλος για εργαλειομηχανές μέσου βάρους.

- Ο χυτοχάλυβας. Προτιμάται σε βαριές εργαλειομηχανές. Το πλεονέκτημά του είναι η καλή ταλαντωτική συμπεριφορά.
- Διάφορα είδη χαλύβων. Το σώμα είναι μια συγκολλητή κατασκευή, που αποτελείται από διάφορα είδη χαλύβων. Η επιλογή των υλικών του σώματος γίνεται με βάση την απαιτούμενη αντοχή. Το πλεονέκτημα τέτοιων σωμάτων είναι ή άνετη συντήρησή τους στην περίπτωση φθοράς. Το μειονέκτημά τους είναι η χειρότερη ταλαντωτική συμπεριφορά τους σε σύγκριση με τα προηγούμενα σώματα.

Οι ολισθητήρες είναι στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη διευκόλυνση της γραμμικής μετακίνησης των κινητών δομικών στοιχείων επάνω στα σταθερά δομικά στοιχεία. Οι ολισθητήρες είναι γραμμικά έδρανα, που αποτελούνται από δυο μέλη, το ένα μέλος είναι ενσωματωμένο ή συνδεδεμένο στο σώμα της εργαλειομηχανής, το άλλο στο μετακινούμενο δομικό στοιχείο. Οι ολισθητήρες πρέπει να είναι ευθύγραμμοι, να έχουν δυνατότητα ρύθμισης και λίπανσης και κατασκευαστικά να είναι στεγανοποιημένοι, ώστε να εμποδίζεται η εισροή γρεζιών ή άλλων σωμάτων, τα οποία βοηθούν στη χειροτέρευση της ποιότητας επιφανείας των τριβόμενων επιφανειών, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η εύκολη ολίσθηση μεταξύ των επιφανειών.

Τα διάφορα είδη των ολισθητήρων είναι τα εξής (σχήμα 1.2):

- ολισθητήρες μορφής V,
- ολισθητήρες επίπεδης μορφής,
- ολισθητήρες μορφής χελιδονουουράς,
- κυλινδρικοί ολισθητήρες,
- συνδυασμός ολισθητήρων μορφής V με ολισθητήρες επίπεδης μορφής.



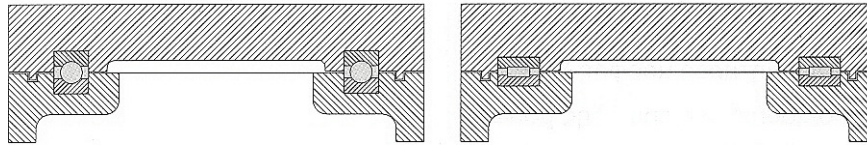
Σχήμα 1.2 Είδη ολισθητήρων.

Οι ολισθητήρες κατασκευάζονται από τα ακόλουθα υλικά:

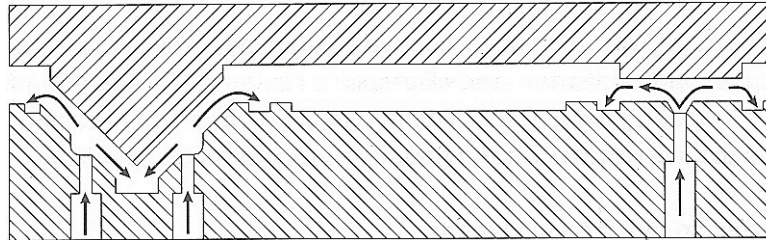
- Φαιό χυτοσίδηρο. Είναι ενσωματωμένοι στο χυτοσιδηρό σώμα της εργαλειομηχανής.
- Χάλυβα. Συνδέονται με το σώμα της εργαλειομηχανής με κοχλίες ή με συγκόλληση.

Για την μείωση του συντελεστή τριβής μεταξύ των τριβόμενων επιφανειών, χρησιμοποιούνται ολισθητήρες αντιτριβής, όπως έδρανα κύλισης (σχήμα 1.3).

Επίσης, υπάρχουν ολισθητήρες με υδροστατική λίπανση (σχήμα 1.4), στους οποίους κυκλοφορεί ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες λιπαντικό υπό πίεση. Τέλος, υπάρχουν οι αεροστατικοί ολισθητήρες, στους οποίους, ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες, αντί λιπαντικού κυκλοφορεί πεπιεσμένος αέρας.



Σχήμα 1.3 Ολισθητήρες αντιτριβής.

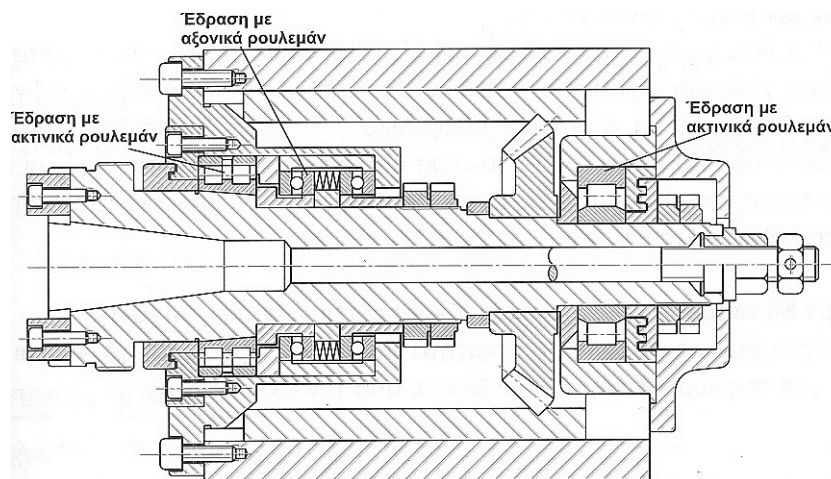


Σχήμα 1.4 Ολισθητήρες με υδροστατική λίπανση.

Η κεφαλή είναι η συναρμολογημένη διάταξη για τη στήριξη και περιστροφή του κατεργαζόμενου τεμαχίου (π.χ. στον τόρνο) ή του εργαλείου (π.χ. στην φρέζα).

Η τράπεζα (το τραπέζι) συγκρατεί το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Η τράπεζα έχει δυνατότητες μετακίνησης κατά μήκος των αξόνων λειτουργίας της ή περιστροφή γύρω από τους άξονές της, σε περίπτωση πολύαξονικής εργαλειομηχανής.

Η άτρακτος είναι ο κύριος περιστρεφόμενος άξονας στην εργαλειομηχανή και προσδίδει περιστροφική κίνηση στο κατεργαζόμενο κομμάτι (π.χ. κατεργασία στον τόρνο) ή στο κοπτικό εργαλείο (π.χ. κατεργασία στη φρέζα).



Σχήμα 1.5 Έδραση μιας φρεζοκεφαλής.

Οι άτρακτοι κατασκευάζονται από ημίσκληρο ανθρακούχο χάλυβα, ενώ οι μεγάλης σκληρότητας άτρακτοι κατασκευάζονται από χάλυβα ενανθρακώσεως. Η έδραση των ατράκτων στις εργαλειομηχανές επιτυγχάνεται με κατάλληλα μελετημένα έδρανα, ολίσθησης (κουζινέτα) ή κύλισης (ρουλεμάν), για αντίσταση στις εξωτερικές

δυνάμεις. Στο σχήμα 1.5 παρίσταται η έδραση μιας φρεζοκεφαλής, όπου φαίνεται στην κεφαλή της ατράκτου μια κωνικότητα για την πρόσδεση του κοπτικού εργαλείου.

Στοιχεία μετάδοσης κίνησης

Στις εργαλειομηχανές η πηγή της κίνησης είναι ένας ηλεκτροκινητήρας με καθορισμένο αριθμό στροφών και καθορισμένη ισχύ. Η μεταφορά της κίνησης από τον ηλεκτροκινητήρα στην κύρια άτρακτο της εργαλειομηχανής γίνεται μέσω κατάλληλων στοιχείων, όπως τροχαλίας- μάντας, οδοντωτός τροχός και άλλα.

Ανάλογα με το είδος της εργαλειομηχανής, η κίνηση εργασίας είναι περιστροφική ή ευθύγραμμη. Στην ευθύγραμμη κίνηση εργασίας χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός για μετατροπή της περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη. Αντίστοιχα, στην περιστροφική κίνηση εργασίας, για τη ρύθμιση της ταχύτητας, χρησιμοποιείται ένα κιβώτιο ταχυτήτων. Κάθε είδος κατεργασίας στις εργαλειομηχανές κοπής απαιτεί διαφορετική ταχύτητα κοπής, καθώς η ταχύτητα κοπής εξαρτάται και από τις συνθήκες κατεργασίας. Για να καλύψουν επομένως οι εργαλειομηχανές όλες τις απαιτήσεις της κοπής, πρέπει να διαθέτουν ένα μεγάλο φάσμα περιστροφικών ταχυτήτων και ταχυτήτων πρόωσης.

Η ρύθμιση των στροφών μπορεί να είναι συνεχής ή κατά βήματα. Η συνεχής

ρύθμιση των περιστροφικών ταχυτήτων και προώσεων επιτυγχάνεται ηλεκτρικά, μηχανικά και υδραυλικά και, παρά τη μεγάλη ποικιλία στροφών που παρέχει, είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Γι' αυτό το λόγο, οι περισσότερες εργαλειομηχανές κοπής διαθέτουν περιστροφικές ταχύτητες και προώσεις κατά βήματα.

-Μετάδοση περιστροφικής κίνησης στις εργαλειομηχανές

Σε περιστροφική κίνηση, η ταχύτητα κοπής σε εργαλειομηχανή και οι στροφές της κύριας ατράκτου δίδονται από την σχέση:

$$u = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{ή} \quad n = \frac{1000 \cdot u}{\pi \cdot d} \quad (1.1)$$

Όπου: u είναι η ταχύτητα κοπής σε [m/min],

d είναι η διάμετρος του κατεργαζόμενου τεμαχίου ή η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου σε [mm],

n είναι η περιστροφική ταχύτητα της κύριας ατράκτου σε [στρ/min] ή [rpm].

Οι περιστροφικές ταχύτητες της ατράκτου αποτελούν μια σειρά αριθμών, οι οποίοι σχηματίζονται με βάση καθορισμένη σχέση.

Η κλιμάκωση των περιστροφικών ταχυτήτων επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

1. Οι διαδοχικές περιστροφικές ταχύτητες ακολουθούν αριθμητική πρόοδο: Κάθε περιστροφική ταχύτητα ισούται με την προηγούμενη αυξανόμενη κατά μιας σταθεράς α .

$$n_1, n_2 = n_1 + \alpha, n_3 = n_2 + \alpha = n_1 + 2\alpha, \dots, n_n = n_1 + (n-1)\alpha \quad (1.2)$$

Όπου: n_1 είναι η ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα και

n_n είναι η μέγιστη.

Σύμφωνα με τη σχέση (1.2):

$$A = \frac{n_n - n_1}{n - 1} \quad (1.3)$$

2. Οι διαδοχικές περιστροφικές ταχύτητες ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο: Κάθε περιστροφική ταχύτητα ισούται με την προηγούμενη πολλαπλασιαζόμενη επί τον λόγο της προόδου Φ .

$$n_1, n_2 = n_1 \cdot \Phi, n_3 = n_2 \cdot \Phi = n_1 \cdot \Phi_2, \dots, n_n = n_1 \cdot \Phi^{(n-1)} \quad (1.4)$$

Σύμφωνα με τη σχέση (4), ο λόγος της γεωμετρικής προόδου ισούται:

$$\Phi = \sqrt[n-1]{\frac{n_n}{n_1}} \quad (1.5)$$

Παράδειγμα 1.1

Η ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα μιας ατράκτου είναι $n_1 = 100$ στρ/min και η μέγιστη είναι $n_n = 1000$ /min. Να υπολογισθούν οι ενδιάμεσες 10 ταχύτητες:

α) οι ταχύτητες σχηματίζουν αριθμητική πρόοδο.

β) οι ταχύτητες σχηματίζουν γεωμετρική πρόοδο.

Λύση

α) Η σταθερά α της αριθμητικής προόδου υπολογίζεται από τη σχέση (1.3):

$$\alpha = \frac{n_n - n_1}{n - 1} = \frac{1000 - 100}{10 - 1} = 100$$

Οι ενδιάμεσες ταχύτητες υπολογίζονται από τη σχέση (1.2):

$$n_1 = 100, n_2 = n_1 + \alpha = 200, n_3 = n_2 + \alpha = 300, \dots,$$

$$n_n = n_1 + (n-1) \alpha = 1000 \text{ στρ/min}$$

β) Ο λόγος της γεωμετρικής προόδου υπολογίζεται από τη σχέση (1.5):

$$\Phi = \sqrt[n-1]{\frac{n_n}{n_1}} = \sqrt[10-1]{\frac{1000}{100}} = 1.29$$

Οι ενδιάμεσες ταχύτητες υπολογίζονται από τη σχέση (1.4):

$$n_1 = 100, n_2 = n_1 \cdot \Phi = 129.15, n_3 = n_2 \cdot \Phi = n_1 \cdot \Phi_2 = 166.81, \dots,$$

$$n_n = n_1 \cdot \Phi^{(n-1)} = 1000 \text{ στρ/min}$$

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι ενδιάμεσες περιστροφικές ταχύτητες της ατράκτου και για τις δυο παραπάνω περιπτώσεις.

Αριθμητική Πρόοδος	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Γεωμετρική Πρόοδος	100	129.2	166.7	181.2	278.3	359.4	464.2	599.5	774.3	1000

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι η κλιμάκωση με βάση τη γεωμετρική πρόοδο εξασφαλίζει σχετικά ομοιόμορφη διαβάθμιση των περιστροφικών ταχυτήτων και γι' αυτό το λόγο η γεωμετρική πρόοδος προτιμάται από την αριθμητική.

Οι περιστροφικές ταχύτητες στις εργαλειομηχανές κοπής ακολουθούν τη γεωμετρική πρόοδο κατά Ρενάρ (R20), με λόγο $\Phi = 1.12$. Στον πίνακα 1.1

παρίστανται μερικές τυποποιημένες τιμές του γεωμετρικού λόγου, της ταχύτητας περιστροφής και της ταχύτητας προώσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1

Τυποποιημένες τιμές του γεωμετρικού λόγου Φ , της περιστροφικής ταχλυτητας προώσεως, κατά DIN 803,804.

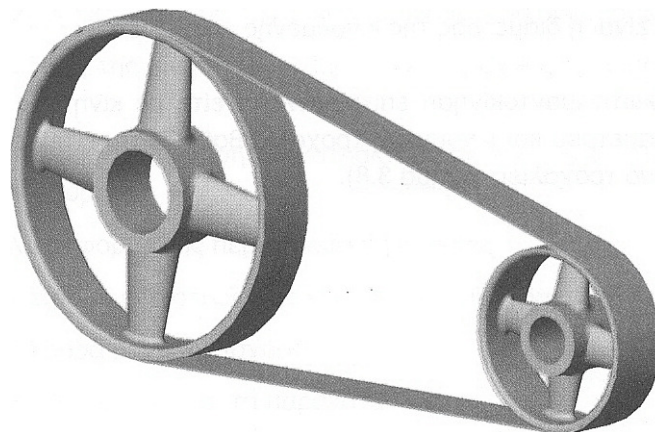
Λόγος Φ	1.12	1.25	1.4	1.6	2					
Περιστροφικές Ταχύτητες [στρ/min]	100 315 1000	112 355	125 400	140 450	160 500	180 560	200 630	224 710	250 800	280 900
Ταχύτητες Προώσεως [mm/min]	1 3.15 10	1.12 3.55	1.25 4	1.4 4.5	1.6 5	1.8 5.6	2 6.3	2.24 7.1	2.5 8	2.8 9

Η μετάδοση περιστροφικής κίνησης στις ατράκτους επιτυγχάνεται με τις εξής μορφές:

- A. Ιμαντοκίνηση,
- B. Μετάδοση με οδοντοτροχούς,
- Γ. Συνεχής μετάδοση κίνησης.

A. Ιμαντοκίνηση

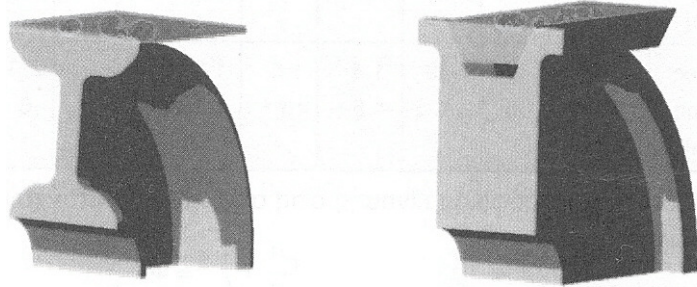
Η ιμαντοκίνηση είναι μία μέθοδος μετάδοσης κίνησης από τον ηλεκτροκινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων, μέσω μάντα. Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η ιμαντοκίνηση είναι οι άτρακτοι, οι τροχαλίες και ο μάντας. Στο σχήμα 1.6 παρίσταται μια διάταξη ιμαντοκίνησης.



Σχήμα 1.6 Διάταξη ιμαντοκίνησης.

Στις εργαλειομηχανές κοπής χρησιμοποιείται ιμαντοκίνηση για μεταφορά περιστροφικών ταχυτήτων σε μεγάλες αποστάσεις, αλλά και για μεγάλες περιστροφικές ταχύτητες, γιατί η ιμαντοκίνηση έχει δυνατότητα απόσβεσης των ταλαντώσεων που προκύπτουν.

Συνήθως οι μάντες που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές κοπής είναι επίπεδοι ή τραπεζοειδείς (σχήμα 1.7).



Επίπεδος ιμάντας

Τραπεζοειδής ιμάντας

Σχήμα 1.7 Επίπεδος και τραπεζοειδής ιμάντας.

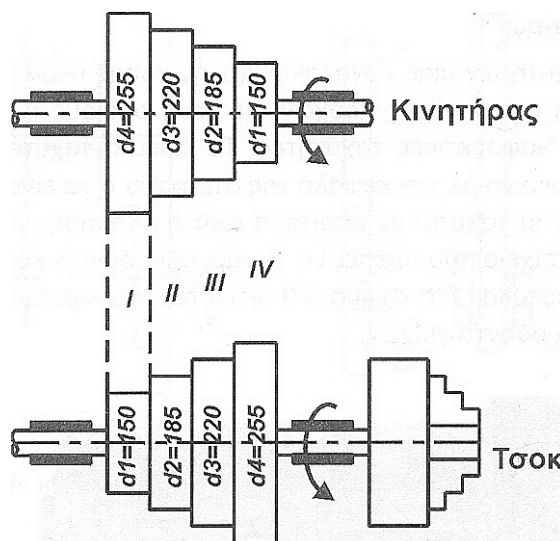
Η σχέση μετάδοσης i είναι ο λόγος της περιστροφικής ταχύτητας της τροχαλίας του κιβωτίου ταχυτήτων n_{II} και της περιστροφικής ταχύτητας της τροχαλίας του ηλεκτροκινητήρα n_I δηλαδή:

$$i = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} \quad (1.6)$$

Όπου: d_I είναι η διάμετρος της κινητήριας τροχαλίας και d_{II} είναι η διάμετρος της κινούμενης τροχαλίας.

Η κλιμακωτή μαντοκίνηση επιτυγχάνεται είτε με κινητήρα τροχαλία σταθερής διαμέτρου και κινούμενη τροχαλία βαθμιδωτή, είτε με βαθμιδωτές και τις δυο

τροχαλίες (σχήμα 1.8).



Σχήμα 1.8 Ιμαντοκίνηση με βαθμιδωτές κινητήρια και κινούμενη τροχαλία.

B. Μετάδοση με οδοντωτούς τροχούς

Η μετάδοση κίνησης με οδοντωτούς τροχούς στις εργαλειομηχανές κοπή πραγματοποιείται με τη βοήθεια κιβωτίων ταχυτήτων και κιβωτίων προώσεως. Η σχέση μετάδοσης δίδεται από τη σχέση:

$$i = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} = \frac{Z_I}{Z_{II}} \quad (1.7)$$

Όπου: Z_I είναι ο αριθμός δοντιών του κινητήριου οδοντοτροχού και

Z_{II} είναι ο αριθμός δοντιών του κινούμενου οδοντοτροχού.

Η μετάδοση της κίνησης με οδοντωτούς τροχούς έχει τις εξής δυνατότητες:

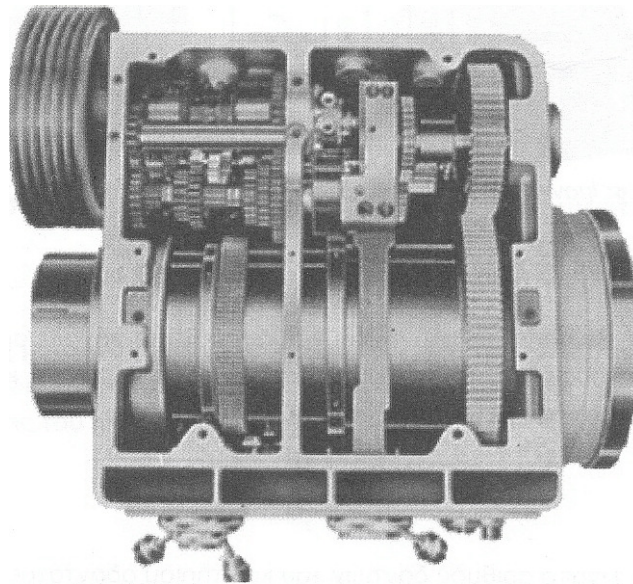
- Μετάδοση της κίνησης σε ατράκτους παράλληλες, κάθετες ή διασταυρούμενες.
- Αλλαγή φοράς της περιστροφικής κίνησης.
- Μετατροπή περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη.
- Μεταφορά μεγάλης ισχύος.

Τα μειονεκτήματα είναι τα παρακάτω:

- Το υψηλό κόστος κατασκευής.
- Η παρουσίαση ταλαντώσεων σε υψηλές περιστροφικές ταχύτητες.

Κιβώτιο ταχυτήτων

Το κιβώτιο ταχυτήτων μιας εργαλειομηχανής κοπής περιέχει την κύρια άτρακτο και μία σειρά οδοντοτροχών, με τους οποίους η άτρακτο ς περιστρέφεται με διαφορετικές ταχύτητες. Το κιβώτιο ταχυτήτων μπορεί να είναι ενσωματωμένο με την κεφαλή της ατράκτου ή να είναι ξεχωριστό κιβώτιο. Το κιβώτιο ταχυτήτων απαιτεί συχνά συντήρηση, γι' αυτό το λόγο τα διάφορα στοιχεία του πρέπει να συναρμολογούνται και να αποσυναρμολογούνται εύκολα. Στο σχήμα 1.9 φαίνεται ένα κιβώτιο ταχυτήτων με τη διάταξη των οδοντοτροχών.



Σχήμα 1.9 Κιβώτιο ταχυτήτων.

Ανάλογα με τον τρόπο αλλαγής των περιστροφικών ταχυτήτων, τα κιβώτια ταχυτήτων χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

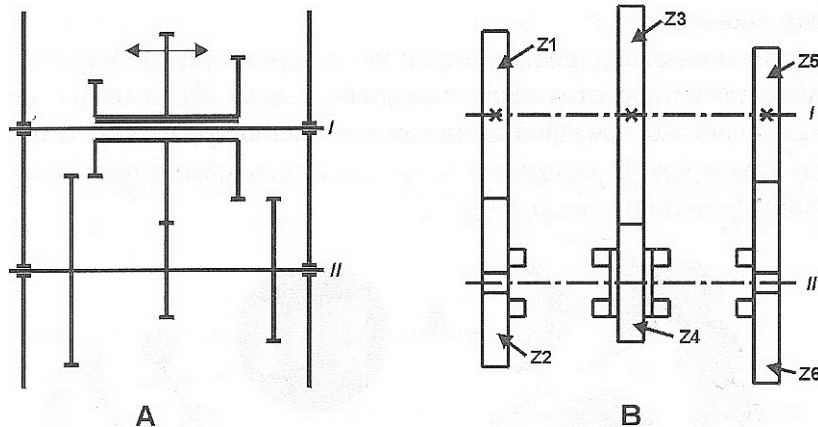
Κιβώτια ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς (σχήμα 1.10A)

Οι διάφορες ταχύτητες επιτυγχάνονται, όταν οδοντοτροχοί ολισθαίνουν στον άξονά τους και εμπλέκονται με σταθερούς οδοντοτροχούς.

Κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτες (σχήμα 1.10B)

Τα κιβώτια αυτά είναι όμοια με τα κιβώτια με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς, με τη διαφορά ότι οι ολισθαίνοντες οδοντοτροχοί συνδέονται με τον άξονά τους μέσω

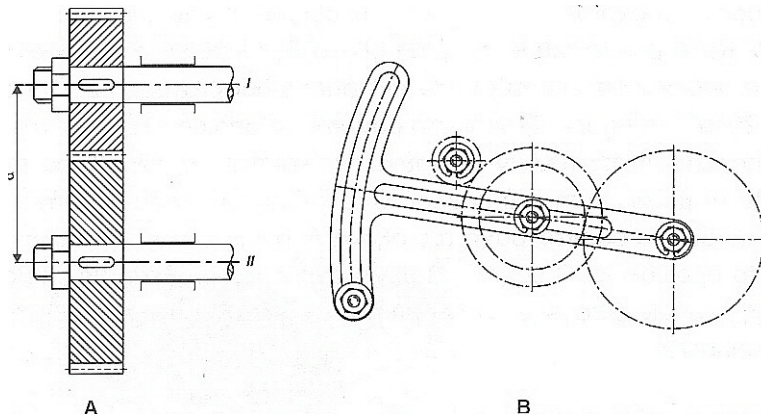
συμπλέκτη τριβής. Στα κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτη δίδεται η δυνατότητα εμπλοκής και κατά τη διάρκεια της κίνησης.



Σχήμα 1.10 Κιβώτιο ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς (A), με συμπλέκτη (B).

Κιβώτια ταχυτήτων με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς (σχήμα 1.11A)

Η μετάδοση της κίνησης επιτυγχάνεται με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς με σταθερή απόσταση μεταξύ των αξόνων. Τα κιβώτια αυτά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις περιορισμένου αριθμού περιστροφικής ταχύτητας.

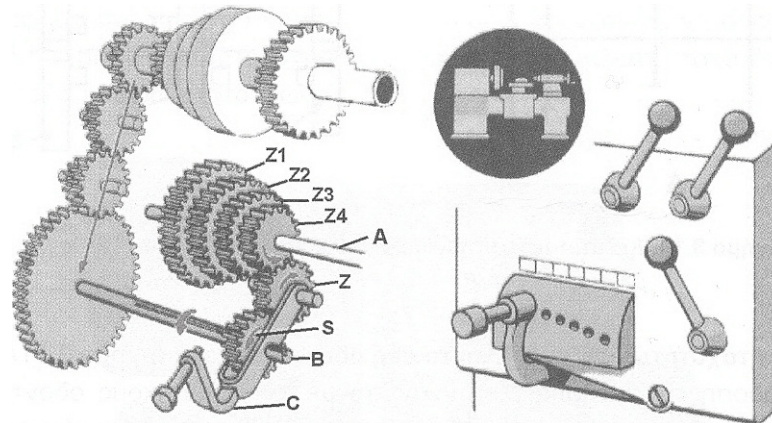


Σχήμα 1.11 Μετάδοση κίνησης με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς (A), με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς και με ενδιάμεσο άξονα (B).

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη περιστροφική ταχύτητα χρησιμοποιείται ένας ρυθμιζόμενος ενδιάμεσος άξονας τύπου κιθάρας, όπως φαίνεται στη διάταξη του σχήματος 1.11 B.

Κιβώτιο προώσεως

Το κιβώτιο προώσεως χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της κίνησης από τον ηλεκτροκινητήρα στον άξονα προώσεως ή στον άξονα σπειρώματος. Τα χαρακτηριστικά των κιβωτίων προώσεως είναι όμοια με εκείνα των κιβωτίων ταχυτήτων. Οι σύγχρονοι τórνοι διαθέτουν κιβώτιο προώσεων τύπου Νόρτον (Norton) (σχήμα 1.12).



Σχήμα 1.12 Κιβώτιο προώσεων τύπου Νόρτον.

Οι οδοντοτροχοί Z_1, \dots, Z_4 είναι σταθεροί επάνω στον άξονα προώσεως A. Κατά μήκος του κινητήριου άξονα B, ολισθαίνει ο οδοντοτροχός S, ο οποίος εμπλέκεται με τον ενδιάμεσο οδοντοτροχό Z. Οι οδοντοτροχοί Z και S προσαρμόζονται στο μοχλό C, ο οποίος έχει δυνατότητα ολίσθησης κατά μήκος του κινητήριου άξονα και περιστροφής γύρω από αυτόν. Με τη μετακίνηση του μοχλού C, ο ενδιάμεσος οδοντοτροχός Z εμπλέκεται με ένα οδοντοτροχό του άξονα A, ανάλογα με την επιλεγόμενη ταχύτητα προώσεως. Ο μοχλός C μένει στη σταθερή θέση με τη βοήθεια περόνης, η οποία εισάγεται στην οπή που αντιστοιχεί στη επιθυμητή ταχύτητα προώσεως.

Γ. Συνεχής μετάδοση κίνησης

Η συνεχής μετάδοση περιστροφικής κίνησης δίδει τη δυνατότητα ρύθμισης οποιασδήποτε περιστροφικής ταχύτητας και ταχύτητας προώσεων και κατά τη διάρκεια λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

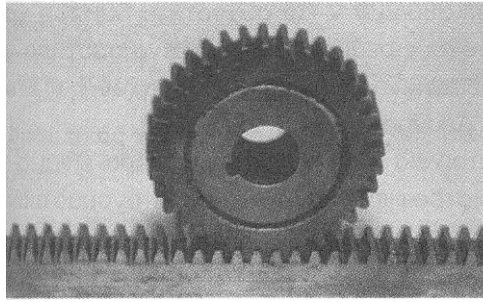
Τα είδη συνεχούς μετάδοσης περιστροφικής ταχύτητας είναι τα εξής:

- Μηχανική. Η μετάδοση κίνησης επιτυγχάνεται με τριβή. Η μηχανική συνεχής μετάδοση περιστροφικής ταχύτητας χρησιμοποιείται περισσότερο σε εργαλειομηχανές μικρής ισχύος.
- Ηλεκτρική. Επιτυγχάνεται με ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος. Έχει υψηλό κόστος, γιατί το ηλεκτρικό ρεύμα που φτάνει στα εργοστάσια είναι εναλλασσόμενο τριφασικό και χρειάζονται μετασχηματιστές για τη μετατροπή του σε συνεχές.
- Υδραυλική. Χρησιμοποιείται σε εργαλειομηχανές με μεταφορική κίνηση, γιατί έχουν πολύ καλή ταλαντωτική συμπεριφορά σε παλινδρομικές κινήσεις.

-Μεταφορική κίνηση στις εργαλειομηχανές

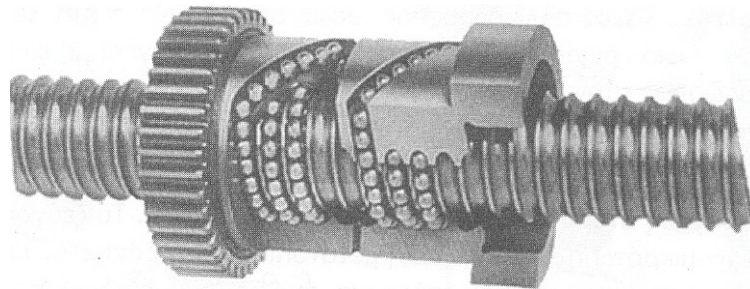
Σε εργαλειομηχανές παλινδρόμησης, όπως στην πλάνη ή στη λειαντική μηχανή, η κύρια κίνηση είναι μεταφορική. Επίσης, ευθύγραμμη είναι η κίνηση προώσεως στον τόρνο και στη φρέζα. Η μετατροπή της περιστροφικής κίνησης του ηλεκτροκινητήρα σε μεταφορική επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των παρακάτω κινηματικών ζευγών:

- Ζεύγους ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα (σχήμα 1.13). Το ζεύγος αυτό έχει μικρότερη και πιο ομαλή μετατόπιση του οδοντωτού κανόνα, σε μια περιστροφή του ατέρμονα, από το ζεύγος οδοντωτού τροχού - οδοντωτού κανόνα. Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος κατασκευής.



Σχήμα 1.13 Ζεύγος οδοντωτού τροχού – οδοντωτού κανόνα.

- Ζεύγος κοχλία - περικοχλίου (σχήμα 1.14). Το σπείρωμα του κοχλία και του περικοχλίου είναι σφαιροειδές. Στο σφαιροειδές σπείρωμα ανακυκλώνονται ένσφαιρα στοιχεία για μείωση της τριβής ανάμεσα στον κοχλία και στο περικόχλιο. Το ζεύγος κοχλία - περικοχλίου με σφαιροειδές σπείρωμα χρησιμοποιείται στις εργαλειομηχανές υψηλής ακριβείας, όπως στα εργαλαιοφορεία των τόνων ψηφιακής καθοδήγησης και στη μετακίνηση τραπεζών στις φρέζες. Το πλεονέκτημά του είναι οι χαμηλές σχέσεις μεταφοράς που σημαίνει χαμηλές ταχύτητες προώσεως.



Σχήμα 1.14 Μετακίνηση τραπεζών εργαλειομηχανών με χρήση ζεύγους κοχλία - περικοχλίου με ανακυκλωμένες σφαίρες.

Ηλεκτρική μετάδοση κίνησης

Στις εργαλειομηχανές κοπής η κίνηση προσδίδεται από ένα ηλεκτροκινητήρα. Οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές είναι τριφασικοί ασύγχρονοι, με βραχυκυκλωμένο δρομέα για κατευθείαν εκκίνηση. Επειδή το ηλεκτρικό ρεύμα που φτάνει στα εργοστάσια είναι εναλλασσόμενο τριφασικό με τάση 380/220 V και συχνότητα 50Hz, η χρησιμοποίηση ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος απαιτεί ένα σύστημα μετατροπής (ανορθωτή) για κατευθείαν κίνηση της εργαλειομηχανής. Τέτοιο σύστημα είναι η διάταξη Βαρντ - Λέοναρντ (Ward - Leonard).

Τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία ενός ηλεκτροκινητήρα είναι ο αριθμός στροφών, δηλαδή η περιστροφική ταχύτητα και η ονομαστική ισχύς. Η επιλογή ενός ηλεκτροκινητήρα εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας του. Στον πίνακα 1.2 αναφέρονται τα προτυποποιημένα χαρακτηριστικά των ηλεκτροκινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2

Προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες και ισχύς τριφασικού ασύγχρονου ηλεκτροκινητήρα.

Όνομαστική περιστροφική ταχύτητα [στρ/μίν]	450 710 900 1400 2800
Ισχύς [Kw]	1.5 3 4 7.5 15 25 40 50 75 100 150
Ισχύς [PS]	2 5.5 10 20 30 60 125 180

Η αναστροφή της φοράς περιστροφής σε ένα τριφασικό εναλλασσόμενο κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα γίνεται με εναλλαγή δύο οποιωνδήποτε από τις τρεις συνδέσεις του. Η αναστροφή της φοράς περιστροφής του συνεχούς κινητήρα με παράλληλη διέγερση επιτυγχάνεται με αλλαγή της πολικότητας της τάσης του δρομέα.

Υδραυλική μετάδοση κίνησης

Η υδραυλική μετάδοση κίνησης διαρκώς κερδίζει έδαφος στην εφαρμογή της σε εργαλειομηχανές. Η υδραυλική μετάδοση κίνησης χρησιμοποιείται στη μετάδοση κύριας ευθύγραμμης κίνησης, κίνησης πρόωσης στις βοηθητικές κινήσεις και στους

μηχανισμούς σύσφιξης. Το μειονέκτημά της είναι το υψηλό κόστος κατασκευής των τμημάτων της, το οποίο μεγαλώνει ανάλογα με τον απαιτούμενο βαθμό ακριβείας. Όμως έχει πολλά πλεονεκτήματα, τα κυριότερα από τα οποία είναι:

- Ευκολία αλλαγής της περιστροφικής ταχύτητας.
- Μεγάλη περιοχή μεταβολών της περιστροφικής ταχύτητας.
- Πολύ καλή κινηματική και ταλαντωτική συμπεριφορά.

Ένα υδραυλικό σύστημα μετάδοσης κίνησης περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

Αντλία. Καταναλώνει μηχανική ενέργεια για αύξηση της πίεσης.

Υδραυλικός κινητήρας. Μετατρέπει την πίεση της αντλίας σε μηχανικό έργο.

Υδραυλικό υγρό. Είναι το μέσο μεταφοράς της ενέργειας από την αντλία στον υδραυλικό κινητήρα και είναι συνήθως ορυκτέλαιο.

Σύστημα σωληνώσεων.

Στοιχεία ελέγχου.

Αντλίες

Η αποδοτική λειτουργία της υδραυλικής μετάδοσης κίνησης εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα της χρησιμοποιούμενης αντλίας. Συνήθως στις εργαλειομηχανές χρησιμοποιείται υδραυλική μετάδοση ευθύγραμμης κίνησης. Η ταχύτητα του εμβόλου στον κύλινδρο υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V = \frac{Q}{F} \quad [\text{cm}/\text{min}] \quad (1.8)$$

όπου: Q είναι η παροχή, δηλαδή ο όγκος του εισερχόμενου υγρού στον κύλινδρο $[\text{cm}^3/\text{min}]$ και

F είναι η επιφάνεια του εμβόλου $[\text{cm}^2]$

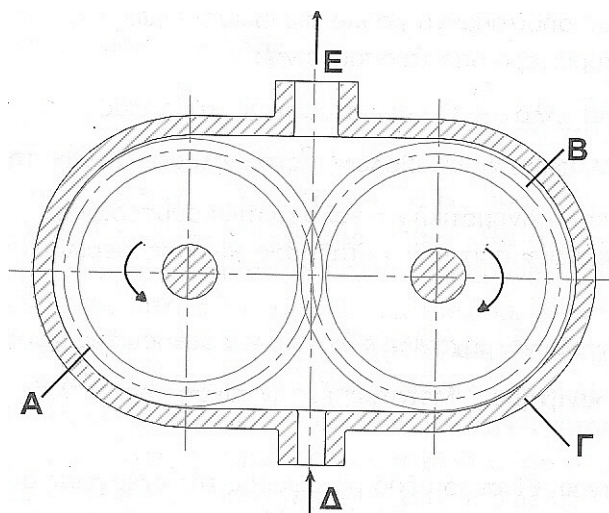
Η ρύθμιση της ταχύτητας επιτυγχάνεται με δύο τρόπους:

1. με χρήση αντλίας σταθερής παροχής,
2. με χρήση αντλίας με μεταβλητή παροχή.

1. Αντλία με σταθερή παροχή

Μια αντλία με σταθερή παροχή είναι η οδοντωτή αντλία, η οποία κατασκευάζεται για πίεση μέχρι 100 kp/cm^2 . Η αρχή λειτουργίας της οδοντωτής αντλίας φαίνεται στο σχήμα 1.15.

Η οδοντωτή αντλία αποτελείται από δύο οδοντοτροχούς. Οι δυο οδοντοτροχοί είναι σε εμπλοκή και ο ένας είναι συνδεδεμένος με ένα ηλεκτροκινητήρα και δίδει κίνηση στον άλλο οδοντοτροχό. Οι δυο οδοντοτροχοί βρίσκονται σε ένα κλειστό κέλυφος ή θάλαμο τύπου έλλειψης Γ. Το υδραυλικό υγρό εισέρχεται στο θάλαμο μέσω του κυλίνδρου εισαγωγής Δ, συμπιέζεται και εξέρχεται από το θάλαμο μέσω του κυλίνδρου εξαγωγής Ε.



Σχήμα 1.15 Οδοντωτή αντλία.

Για μια σταθερή περιστροφική ταχύτητα, η παροχή της οδοντωτής αντλίας είναι σταθερή. Οι οδοντωτές αντλίες χρησιμοποιούνται ευρέως, γιατί είναι απλές στην κατασκευή και έχουν χαμηλό κόστος.

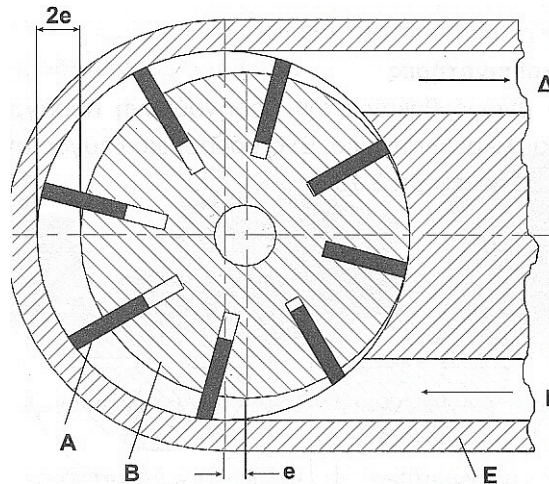
2. Αντλίες με μεταβλητή παροχή

Στις αντλίες με μεταβλητή παροχή, ανήκουν οι πτερυγιοφόρες αντλίες και οι περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες.

Πτερυγιοφόρες αντλίες

Η κατασκευή της αντλίας αυτής δίδεται στο σχήμα 1.16. Ο δίσκος Β, στον οποίο διατάσσονται ακτινικά τα πτερύγια Α, περιστρέφεται μέσα σε ένα διαμορφωμένο

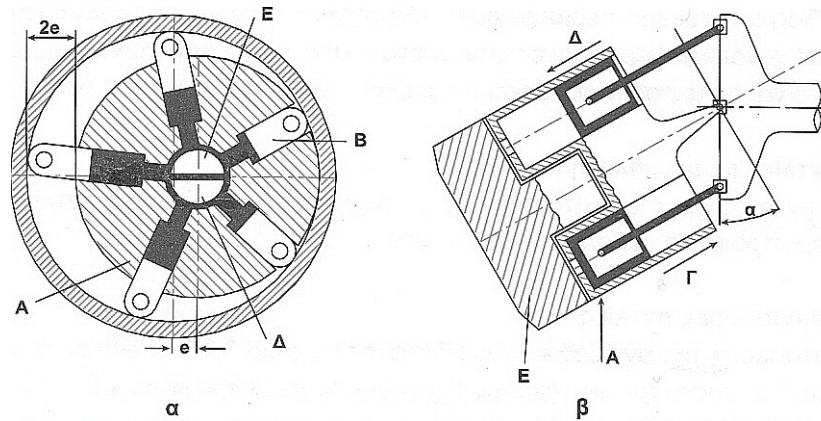
θάλαμο. Το υδραυλικό υγρό εισέρχεται στο θάλαμο από τον αγωγό εισαγωγής Γ, και με περιστροφή του δίσκου και παλινδρόμηση των πτερυγίων, εξέρχεται από τον θάλαμο μέσω του αγωγού Δ. Για μια δεδομένη περιστροφική ταχύτητα, η παροχή της αντλίας μεταβάλλεται με την αλλαγή της εκκεντρότητας e (απόσταση μεταξύ του κέντρου του δίσκου και του κέντρου του θαλάμου). Οι αντλίες αυτές κατασκευάζονται για πίεση μέχρι 70 kp/cm^2 .



Σχήμα 1.16 Πτερυγιοφόρος αντλία.

Περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες

Η περιστροφική εμβολοφόρος αντλία είναι αντλία απλής ενεργείας με συμμετρική διάταξη των κυλίνδρων ως προς τον άξονα της αντλίας. Ανάλογα με τη διάταξη των κυλίνδρων, οι περιστροφικές εμβολοφόρες αντλίες διακρίνονται σε ακτινικές (σχήμα 1.17α) και σε αξονικές (σχήμα 1.17β).

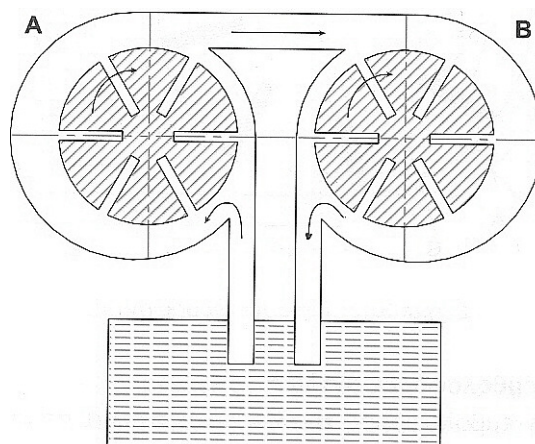


Σχήμα 1.17 Περιστροφική εμβολοφόρος αντλία α: ακτινική, β: αξονική.

Με περιστροφή του δρομέα Α και παλινδρόμηση των εμβόλων, το υγρό καταθλίβεται από το θάλαμο αναρροφήσεως Δ στο θάλαμο κατάθλιψης Ε. Η παροχή της αντλίας ρυθμίζεται από την εκκεντρότητα e και από την αλλαγή της γωνίας κλίσεως α . Η πίεση κατάθλιψης των αντλιών αυτών ανέρχεται έως 150 kp/cm^2 .

Υδραυλικοί κινητήρες

Οι αντλίες, που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, λειτουργούν και ως υδραυλικοί κινητήρες. Ένα υδραυλικό ζεύγος αντλία - κινητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.18.



Σχήμα 1.18 Υδραυλικό ζεύγος αντλία – κινητήρα.

Το υδραυλικό ζεύγος του σχήματος αποτελείται από μία αντλία A και ένα ίδιας κατασκευής υδραυλικό κινητήρα B. Η αντλία περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα και αναρροφά το υδραυλικό υγρό. Το πιεζόμενο από την αντλία υδραυλικό υγρό αναρροφάται από τον υδραυλικό κινητήρα, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την κύρια

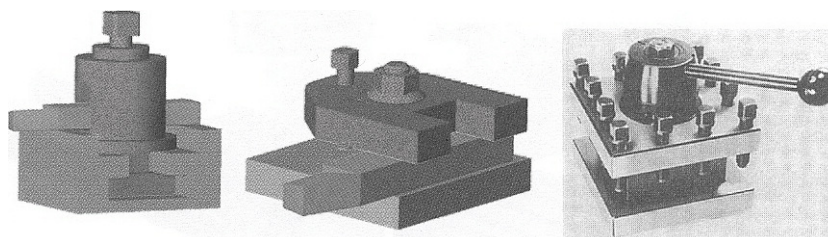
άτρακτο. Με αύξηση της εκκεντρότητας της αντλίας, το υδραυλικό υγρό καταλαμβάνει μεγαλύτερη επιφάνεια ροής, με αποτέλεσμα να μειώνεται η περιστροφική ταχύτητα. Με τη μείωση της εκκεντρότητας, αυξάνεται η περιστροφική ταχύτητα που φτάνει στην άτρακτο.

1.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΠΡΟΣΔΕΣΕΩΣ

Κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, αναπτύσσονται δυνάμεις που μεταφέρονται στο κοπτικό εργαλείο και στο κατεργαζόμενο τεμάχιο. Γι' αυτό το λόγο το εργαλείο και το κομμάτι πρέπει να είναι καλά συγκρατημένα, ώστε να αποφεύγονται οι μετατοπίσεις τους, με αποτέλεσμα τη μείωση της ακρίβειας της κατεργασίας και την κακή ποιότητα επιφάνειας λόγω ταλαντώσεων.

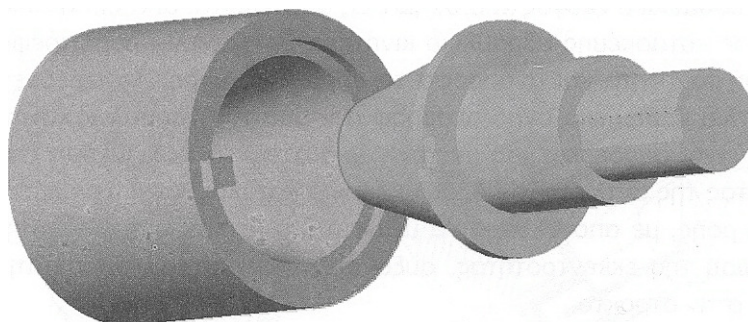
Τυπικές συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων

Τα σταθερά κοπτικά εργαλεία (εργαλεία τόννευσης) συγκρατούνται με τη βοήθεια εργαλειοδετών (σχήμα 1.19).



Σχήμα 1.19 Εργαλειοδέτες για πρόσδεση κοπτικών εργαλείων τόννευσης.

Για τη συγκράτηση περιστρεφόμενων κοπτικών εργαλείων (εργαλεία φρεζαρίσματος, διάτρησης) χρησιμοποιείται κωνική συναρμογή ανάμεσα στο στέλεχος του κοπτικού εργαλείου και στον εργαλειοφόρο άξονα (σχήμα 1.20).

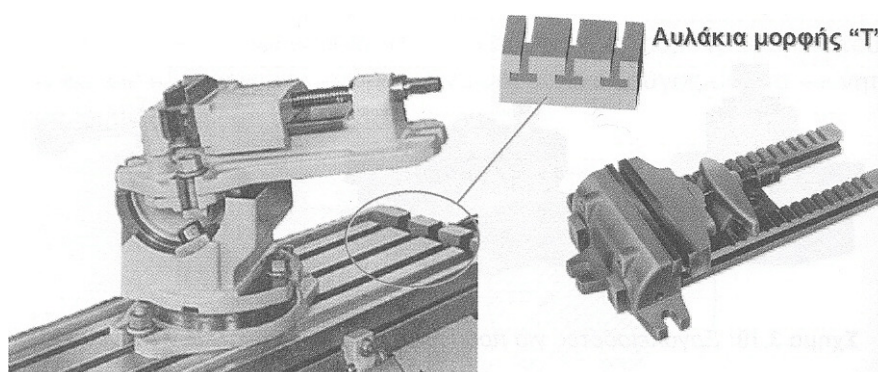


Σχήμα 1.20 Συσκευή προσδέσεως κοπτικού εργαλείου φρέζας.

Τυπικές συσκευές προσδέσεως κομματιών

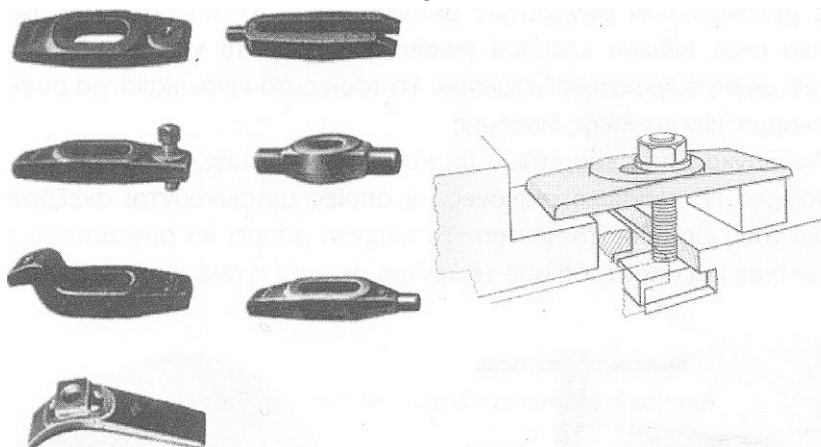
Οι τυπικές συσκευές προσδέσεως σταθερών ή μετακινούμενων κομματιών είναι οι εξής:

Μέγγενες εργαλειομηχανών (σχήμα 1.21). Οι μέγγενες χρησιμοποιούνται για συγκράτηση τεμαχίων που πρόκειται να κατεργασθούν στη φρέζα ή στο δρέπανο. Η τράπεζα της εργαλειομηχανής πρέπει να διαθέτει αυλάκια μορφής "T", για τη σύνδεση της μέγγενης μέσω κοχλία κεφαλής ίδιας μορφής.



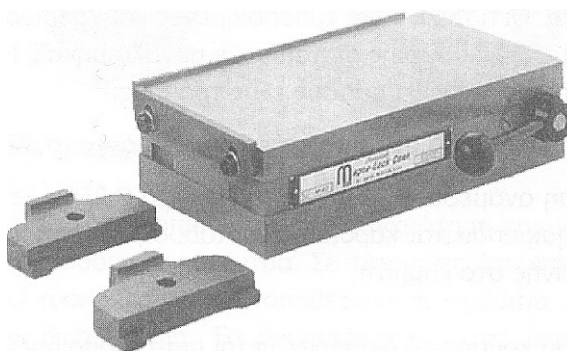
Σχήμα 1.21 Μέγγενες εργαλειομηχανών.

Στοιχεία για την κατευθείαν πρόσδεση κομματιών στην τράπεζα. Στην τράπεζα υπάρχουν αυλάκια μορφής "T", με καθορισμένο μέγεθος και αποστάσεις, στα οποία τοποθετούνται τα κατάλληλα μέσα συγκράτησης. Στο σχήμα 1.22 φαίνονται διάφορα μέσα για την απευθείας στήριξη κομματιών σε τράπεζα με αυλάκια "T".



Σχήμα 1.22 Διάφορες μορφές για την κατευθείαν πρόσδεση κομματιών στην τράπεζα.

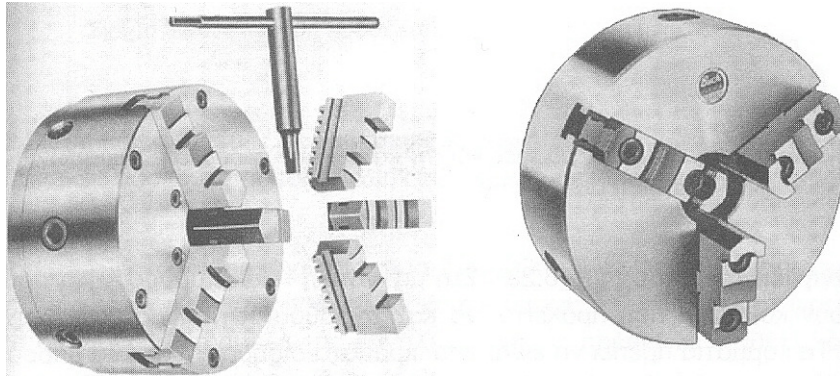
Μαγνητική πλάκα (σχήμα 1.23). Στη μαγνητική πλάκα μπορούν να προσδεθούν κομμάτια που πρόκειται να κατεργασθούν στις λειαντικές μηχανές. Τα κομμάτια πρέπει να είναι από κράματα σιδήρου, ώστε να μπορούν να συγκρατηθούν στη μαγνητική πλάκα. Ο μαγνήτης ενεργοποιείται με απλό γύρισμα ενός μοχλού.



Σχήμα 1.23 Συγκράτηση με μαγνητική πλάκα.

Οι τυπικές συσκευές προσδέσεως περιστρεφόμενων κομματιών είναι οι εξής: Σφιγκτήρες ή τσοκ. Για κατεργασία στον τόρνο, τα κομμάτια συγκρατούνται σταθερά και περιστρέφονται με τη βοήθεια σφιγκτήρων ή τσοκ (σχήμα 1.24). Υπάρχουν σφιγκτήρες με δυο ή τρία μάγουλα ή σιαγόνες, οι οποίες μετακινούνται συγχρόνως ακτινικά και κατά ίση απόσταση με τη βοήθεια ενός ειδικού κλειδιού (τσοκόκλειδο), ώστε να κεντράρεται το κομμάτι μόλις συγκρατηθεί σταθερά. Τα τσοκ αυτά είναι ικανά για συγκράτηση κομματιών κυκλικής διατομής.

Για συγκράτηση κομματιών μη κυκλικής διατομής, χρησιμοποιούνται σφιγκτήρες με τέσσερις σιαγόνες, οι οποίες μετακινούνται ανεξάρτητα μεταξύ τους ως προς το κέντρο. Το κομμάτι μπορεί να συγκρατηθεί στο κέντρο ή σε μια απόσταση από το κέντρο σε ίσιες ή ανάποδες σιαγόνες.

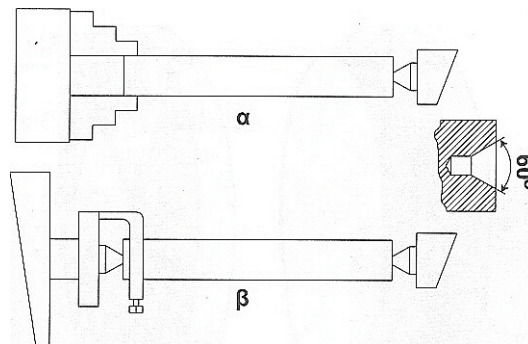


Σχήμα 1.24 Σφιγκτήρες ή τσοκ.

Πόντες ή κέντρα. Οι πόντες είναι τυποποιημένες και χρησιμοποιούνται για συγκράτηση τεμαχίων κυκλικής διατομής με μεγάλο μήκος. Η συγκράτηση των τεμαχίων μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

1. Συγκράτηση ανάμεσα στο σφιγκτήρα και σε πόντα (σχήμα 1.25α).
2. Συγκράτηση ανάμεσα σε δυο πόντες (σχήμα 1.25β). Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται καρδιά για μετάδοση κίνησης από την άτρακτο της μηχανής στο κομμάτι.

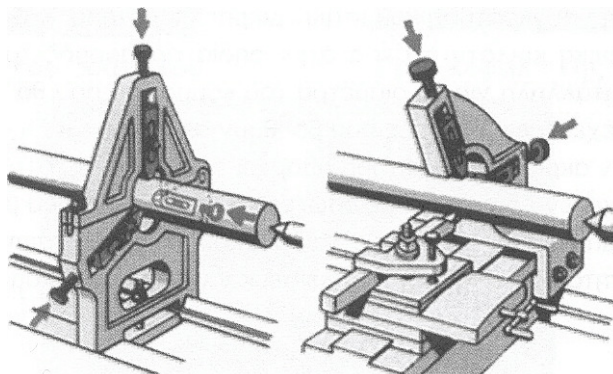
Στο άκρο του κομματιού διαμορφώνεται μια τυποποιημένη κωνική οπή στην οποία προσαρμόζεται το κέντρο. Το άνοιγμα της κωνικής οπής είναι 60° .



Σχήμα 1.25 Στήριξη κομματιών με πόντες ή κέντρα.

Καβαλλέτα. Για συγκράτηση αξόνων μικρής διαμέτρου και μεγάλου μήκους χρησιμοποιούνται καβαλλέτα, τα οποία μπορούν να είναι κινητά ή σταθερά (σχήμα

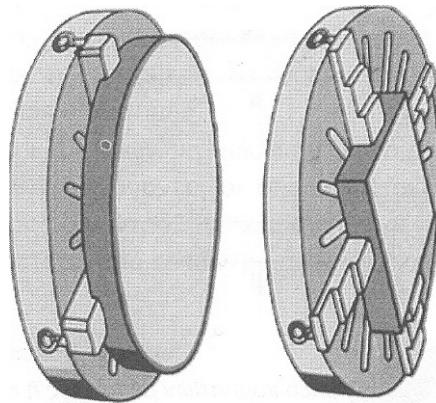
1.26).



Σχήμα 1.26 Συγκράτηση με καβαλλέτα

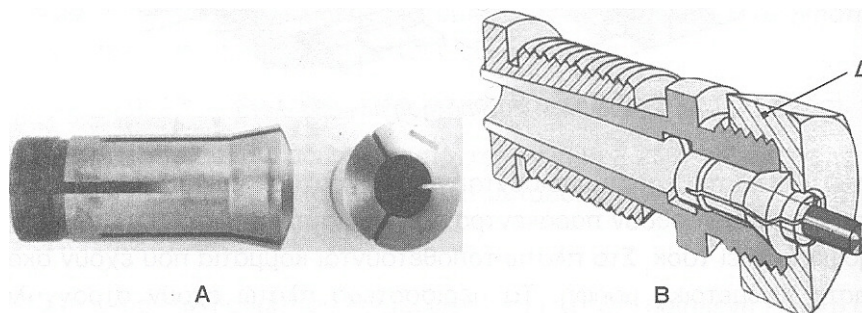
Πλατώ. Τα πλατώ χρησιμοποιούνται για συγκράτηση κομματιών που πρόκειται να κατεργασθούν παράκεντρα. Σε τέτοια περίπτωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί τσοκ. Στα πλατώ τοποθετούνται κομμάτια που έχουν ακανόνιστη γεωμετρική μορφή. Τα περισσότερα πλατώ έχουν στρογγυλόσχημα και στην επιφάνειά τους υπάρχουν ακτινωτές σχισμές ίσα κατανεμημένες (σχήμα 1.27). Στις σχισμές προσαρμόζονται σιαγόνες ή άλλου είδους στοιχεία συγκράτησης. Οι σιαγόνες μετακινούνται ακτινικά αλλά ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Αν το κομμάτι έχει προσδεθεί σε μέρος του πλατώ, δηλαδή όχι συμμετρικά για να μην υπάρχει αζυγοσταθμία, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αντίβαρα για ισοκατανομή βάρους, ομαλή περιστροφή και αποφυγή καταπονήσεων στην κύρια άτρακτο του τόνου.



Σχήμα 1.27 Συγκράτηση με πλατώ.

Τσιμπίδα ή σφιγκτήρας με κολέτ (collet) (σχήμα 1.28). Η τσιμπίδα χρησιμοποιείται για συγκράτηση κομματιών μικρής διαμέτρου. Κάθε σφιγκτήρας έχει μια κωνική κοιλότητα μέσα στην οποία προσαρμόζεται η τσιμπίδα, που είναι κατάλληλη για τη διάμετρο του κομματιού που θα συγκρατήσει. Η τσιμπίδα έχει τρεις εγκοπές που βοηθούν στη συναρμολόγηση των κομματιών. Στην άκρη του σφιγκτήρα υπάρχει ένας μοχλός, στην άκρη του οποίου υπάρχει ένα δαχτυλίδι με εσωτερικό σπείρωμα, όπου βιδώνεται η άκρη της τσιμπίδας. Με το βίδωμα του μοχλού έλκεται η τσιμπίδα και λόγω της κωνικότητας αναγκάζεται να κλείσει και να σφίξει το κομμάτι.



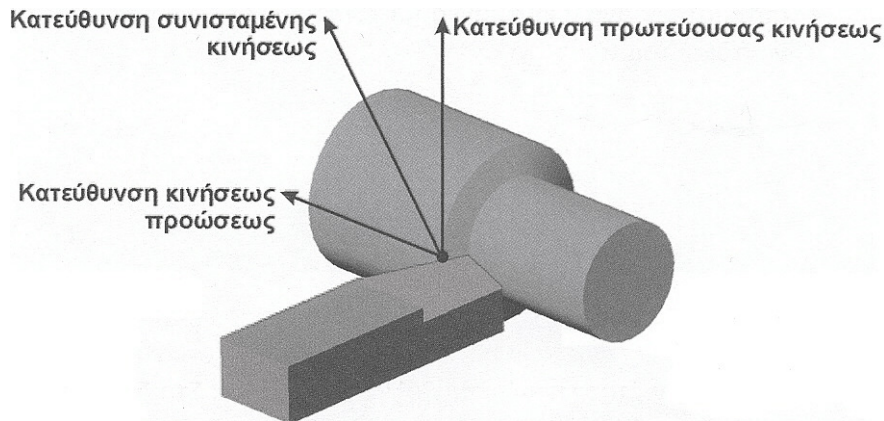
Σχήμα 1.28 Συγκράτηση με τσιμπίδα.

Στο σφιγκτήρα του σχήματος 3.28B ο μοχλός έχει αντικατασταθεί με ένα περικόγλιο Δ.

1.3 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΟΠΗΣ - ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΦΑΙΡΕΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ

Η κινηματική μιας κατεργασίας κοπής είναι οι κινήσεις που πρέπει να κάνουν το κοπτικό εργαλείο και το κομμάτι, για να σχηματισθεί η κατεργαζόμενη επιφάνεια.

Στις κατεργασίες με αφαίρεση υλικού απαιτείται ο συνδυασμός της πρωτεύουσας κίνησης και της κίνησης προώσεως (σχήμα 1.29).



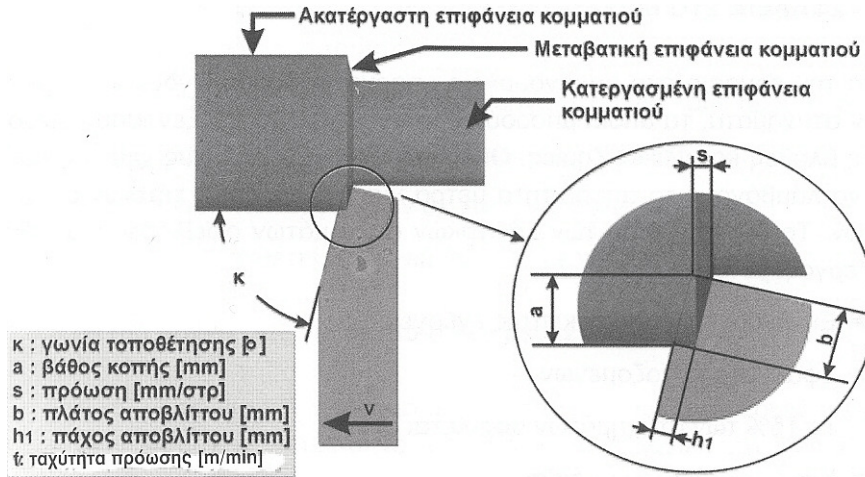
Σχήμα 1.29 Κοπή κατά την τórνευση.

Η πρωτεύουσα κίνηση: ή κύρια κίνηση είναι η σχετική κίνηση ανάμεσα στο κοπτικό εργαλείο και στο κομμάτι, με σκοπό το εργαλείο να προσεγγίζει το υλικό του κομματιού. Η πρωτεύουσα κίνηση είναι εκείνη που επιδρά στην ισχύ, που απαιτείται για την κατεργασία. Η πρωτεύουσα κίνηση, κατά την τórνευση, είναι η περιστροφική κίνηση του αντικειμένου, ενώ κατά τη διάτρηση είναι η περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Η κίνηση προώσεως: είναι η κίνηση που δίδεται από την εργαλειομηχανή είτε στο κοπτικό εργαλείο είτε στο κατεργαζόμενο κομμάτι. Η κίνηση προώσεως, σε συνδυασμό με την πρωτεύουσα κίνηση, επιδρά στη μορφή του αποβλίττου. Η κίνηση προώσεως, κατά την τórνευση, είναι η κίνηση του κοπτικού εργαλείου, ενώ, κατά το φρεζάρισμα, είναι η κίνηση του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

Οι δύο παραπάνω κινήσεις ορίζουν τις συνθήκες κοπής. Οι συνθήκες κοπής είναι η

ταχύτητα κοπής, η πρόωση και το βάθος κοπής (σχήμα 1.30). Οι τρεις αυτοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατεργασία και η σωστή κάθε φορά επιλογή τους αποτελεί απαραίτητη γνώση του χειριστή της εργαλειομηχανής.



Σχήμα 1.30 Συνθήκες κατεργασίας κατά τη διαμήκη τόννευση.

Ταχύτητα κοπής: είναι ο ρυθμός κοπής στην κύρια κίνηση. Η ταχύτητα κοπής μετράται συνήθως σε μέτρα ανά λεπτό [m/min] για την τόννευση, διάτρηση, πλάνισμα και φρεζάρισμα και σε μέτρα ανά δεύτερο λεπτό [m/s] για τη λείανση. Η ταχύτητα κοπής συμβολίζεται με u ή v . Στη διαμήκη τόννευση, Π.χ., η ταχύτητα κοπής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$u = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.9)$$

Όπου, d : η διάμετρος του κατεργαζόμενου κομματιού σε [mm], και

n : η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου της εργαλειομηχανής σε [στρ/min].

Πρόωση: εκφράζει την ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά λεπτό [mm/min] και συμβολίζεται με s . Ουσιαστικά πρόκειται για την ταχύτητα μετακίνησης του κοπτικού εργαλείου. Στη διαμήκη τόννευση η πρόωση εκφράζει τη μετατόπιση του εργαλείου σε χιλιοστά κατά μήκος του άξονα του κομματιού σε μία περιστροφή του κατεργαζόμενου κομματιού, δηλαδή σε [mm/στρ] ή [mm/U]. Στο φρεζάρισμα χρησιμοποιείται και η πρόωση ανά δόντι, η οποία μετράται σε [mm/δόντι] και συμβολίζεται με s_z .

Βάθος κοπής: είναι η απόσταση ανάμεσα στην ακατέργαστη και στην κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού ή το βάθος, στο οποίο εισχωρεί το κοπτικό εργαλείο μέσα στο υλικό του κομματιού. Το βάθος κοπής συμβολίζεται με a και μετράται σε χιλιοστά [mm].

1.4 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

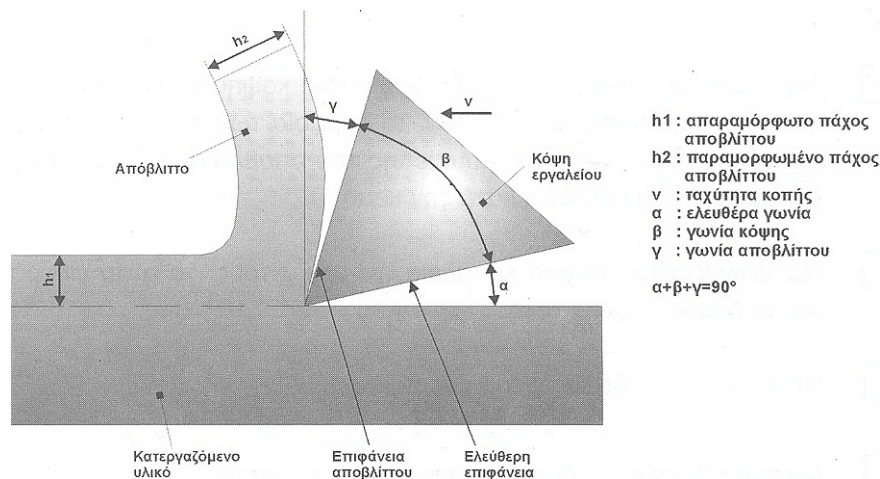
Ο μηχανισμός κοπής των μετάλλων

Κατά τη διάρκεια της κοπής, με την υπόθεση πως το κοπτικό εργαλείο κινείται με ταχύτητα v ενάντια στο σταθερό κατεργαζόμενο τεμάχιο, το υλικό του τεμαχίου, που κόβεται, σχηματίζεται με συνεχή πλαστική διάτμηση, που λαμβάνει χώρα ακριβώς

μπροστά στην κόψη του εργαλείου. Το απόβλιττο που παράγεται κινείται επάνω στην επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και απομακρύνεται, ενώ η τελική παραγόμενη επιφάνεια του τεμαχίου δημιουργείται από συνεχή θραύση του υλικού του.

Η κατεργασία με αφαίρεση υλικού μπορεί να προσομοιωθεί με την είσοδο στο κατεργαζόμενο τεμάχιο μιας κοπτικής σφήνας. Η κόψη αυτής της σφήνας έχει σχεδόν πάντα συγκεκριμένη γεωμετρία, επιλεγμένη σχετικά με το προς κατεργασία υλικό και τις συνθήκες κατεργασίας. Τα χαρακτηριστικά αυτής της γεωμετρίας αποτελούν και τα κύρια γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε κοπτικού εργαλείου. Το επιλεγόμενο βάθος κοπής για κάθε κατεργασία αποτελεί επίσης σημαντική παράμετρο που ανήκει στις συνθήκες κοπής. Στο σχήμα 1.31 φαίνεται η μορφή αυτής της κοπτικής σφήνας στην οποία διακρίνονται δύο κύριες επιφάνειες:

- επιφάνεια αποβλίττου: είναι αυτή επάνω στην οποία ρέει το απόβλιττο,
- ελεύθερη επιφάνεια: είναι η επιφάνεια προς το μέρος της νεοσχηματιζόμενης επιφάνειας του κατεργαζόμενου τεμαχίου.



Σχήμα 1.31 Γεωμετρία κόψης κοπτικού εργαλείου κατά την κοπή.

Στο ίδιο σχήμα το πάχος h_2 του παραμορφωμένου αποβλίττου, το οποίο ονομάζεται πραγματικό πάχος αποβλίττου, παρουσιάζεται μεγαλύτερο από το θεωρητικό πάχος h_1 του αντίστοιχου απαραμόρφωτου αποβλίττου.

Το κοπτικό εργαλείο έχει τις εξής γωνίες:

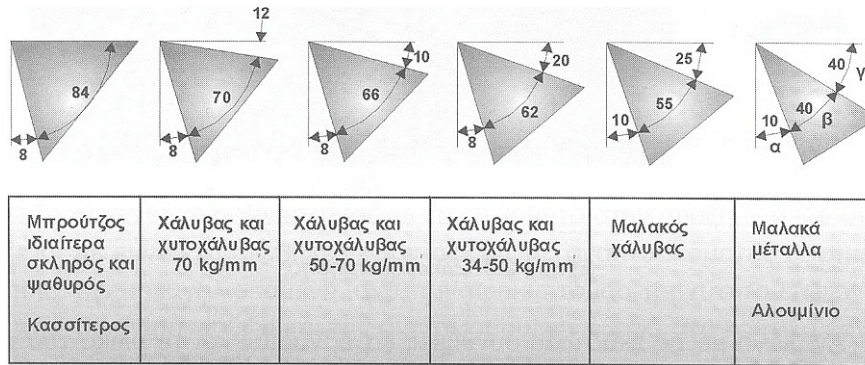
- Τη γωνία ελευθερίας α , η οποία σχηματίζεται ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου (δηλαδή στην επιφάνεια που κείται προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου) και την κατεύθυνση της κοπής. Η γωνία α επηρεάζει τη φθορά του κοπτικού εργαλείου.
- Τη γωνία κοπτικού σφήνα β , η οποία είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στις επιφάνειες αποβλίττου και ελευθερίας του κοπτικού εργαλείου.
- Τη γωνία αποβλίττου γ , η οποία σχηματίζεται ανάμεσα στην επιφάνεια αποβλίττου του εργαλείου (δηλαδή στην επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το απόβλιττο) και την κάθετο στην κατεύθυνση της κοπής. Η γωνία γ μπορεί να πάρει θετικές τιμές, αρνητικές ή μηδέν.

Οι γωνίες αυτές είναι χαρακτηριστικές στην κοπή, την επηρεάζουν σημαντικά και επιλέγονται ανάλογα με το συνδυασμό υλικού κοπτικού εργαλείου - κατεργαζόμενου

τεμαχίου και συνθηκών κοπής. Μεταξύ των τριών αυτών γωνιών, που ονομάζονται γωνίες κοπής, ισχύει η σχέση:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

- Οι γωνίες κοπής μεταβάλλονται ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου (σχήμα 1.32). Τα πιο μαλακά κατεργαζόμενα υλικά απαιτούν πιο αιχμηρή κόψη του κοπτικού σφήνα, δηλαδή μικρότερη γωνία σφήνας β και μεγαλύτερη γωνία ελευθερίας α , επίσης μεγαλύτερη γωνία αποβλίπτου γ . Τα σκληρά υλικά απαιτούν στιβαρότερη και άρα πιο χοντρή σφήνα, δηλαδή μεγαλύτερη γωνία σφήνας β και μικρότερη γωνία ελευθερίας α , επίσης μικρότερη γωνία αποβλίπτου γ .



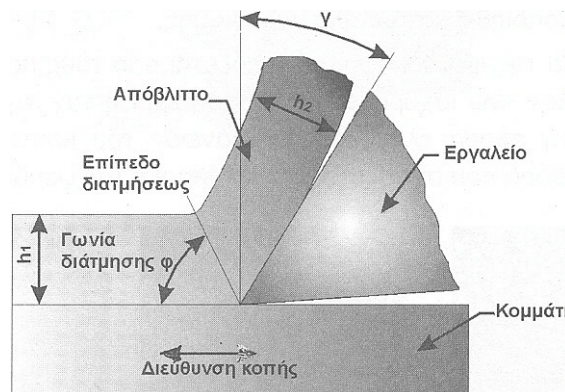
Σχήμα 1.32 Γωνίες κοπής για διάφορα κατεργαζόμενα υλικά.

Γενικά μπορεί να παρατηρηθεί πως όσο πιο μαλακό είναι ένα υλικό, τόσο οι γωνίες κοπής του κοπτικού εργαλείου πρέπει να τείνουν αντίστοιχα σε :

- αύξηση της γωνίας ελευθερίας α ,
- μείωση της γωνίας σφήνας β ,
- αύξηση της γωνίας αποβλίπτου γ .

Γωνία διάτμησης

Η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο διάτμησης και τη διεύθυνση κοπής ονομάζεται γωνία διάτμησης Φ , (σχήμα 1.33).



Σχήμα 1.33 Επίπεδο και γωνία διάτμησης.

Όταν η γωνία διάτμησης είναι μεγάλη, το πάχος της ζώνης διάτμησης είναι μικρό, οι δυνάμεις κοπής που αναπτύσσονται είναι μικρές, η ισχύς είναι μικρότερη και οι

θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες. Οι συνέπειες στη φθορά και στη ζωή του κοπτικού εργαλείου θα είναι πιο ευνοϊκές. Με μικρή γωνία διάτμησης συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο.

Η γωνία διάτμησης Φ εξαρτάται από τη γωνία αποβλίττου. Όταν αυξάνεται η γωνία αποβλίττου γ , μειώνεται ο συντελεστής τριβής μ ανάμεσα στο εργαλείο και στο απόβλιττο, με συνέπεια να αυξάνεται η γωνία διάτμησης.

Υλικά εργαλείων κοπής.

Τα εργαλεία, που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές για την κοπή των μετάλλων, πρέπει, όπως είναι φανερό, να είναι πιο σκληρά από το μέταλλο, που θα κόψουν, να αντέχουν στις δυνάμεις, που θα εξασκηθούν κατά την κοπή, και ακόμη να διατηρούν την αντοχή και την σκληρότητά τους σε όσο το δυνατό μεγαλύτερη θερμοκρασία, επειδή κατά την κατεργασία ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας, που καταναλίσκεται, μετατρέπεται σε θερμότητα και έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία της ακμής του εργαλείου. Η αύξηση αυτή είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο το υλικό που κόβουμε είναι σκληρότερο, η διατομή του αποβλίττου (γρεζιού) είναι μεγαλύτερη και ιδίως όσον η ταχύτητα κοπής είναι μεγαλύτερη. Γι' αυτό τα διάφορα εργοστάσια, που κατασκευάζουν εργαλεία κοπής, προσπαθούν να βρουν υλικά εργαλείων, που να μπορούν να εργάζονται με μεγάλες κανονικές ταχύτητες, ώστε να επιτυγχάνεται μεγάλη παραγωγή.

Σπουδαιότερη ιδιότητα, την οποία πρέπει να έχει ένα εργαλείο για να είναι κατάλληλο για μεγάλη ταχύτητα κοπής, είναι να διατηρεί την σκληρότητά του και σε υψηλή θερμοκρασία. Η θερμοκρασία προξενεί γρήγορη φθορά του εργαλείου, όταν είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη για το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένο το εργαλείο.

Έτσι έχουν βρεθεί υλικά, με τα οποία επιτυγχάνουμε μεγάλες ταχύτητες κοπής. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι πάντοτε πρέπει να χρησιμοποιούμε εργαλεία κατασκευασμένα από τα υλικά αυτά. Υπάρχουν περιπτώσεις, που δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

Τα διάφορα υλικά, από τα οποία κατασκευάζουμε τα εργαλεία κοπής, είναι τα εξής:

α) Χάλυβες εργαλείων.

Όταν κατασκευάζουμε εργαλεία κοπής για ένα ορισμένο σκοπό και όταν δεν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν πολύ, χρησιμοποιούμε τους χάλυβες εργαλείων. Τέτοια είναι λ.χ. τα εργαλεία μορφής, τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε λίγες φορές. Έτσι ονομάζουμε τα εργαλεία εκείνα, των οποίων η μορφή είναι ίδια με την μορφή, που πρέπει να έχει το αντικείμενο μετά την κατεργασία.

Χάλυβες εργαλείων είναι οι ανθρακούχοι χάλυβες με περιεκτικότητα σε άνθρακα (C) 0,6 ως 1,5% και μικρή περιεκτικότητα άλλων στοιχείων (π.χ. Μαγγανίου, Πυριτίου, Χρωμίου κλπ.). Όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε άνθρακα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντοχή τους σε κρούση. Οι ανθρακούχοι χάλυβες βάζονται στο νερό (ατσάλια του νερού).

Μειονέκτημα των χαλύβων αυτών είναι ότι χάνουν την σκληρότητά τους στην χαμηλή για την κοπή θερμοκρασία των 200°C.

Για την κατασκευή εργαλείων χρησιμοποιούνται επίσης χάλυβες με μεγαλύτερη ποσότητα προσμίξεων Μαγγανίου (Mn), Πυριτίου (Si), Χρωμίου (Cr), Μολυβδαινίου (Mo), Βολφραμίου (W), κ.α. Βεβαίως οι χάλυβες εργαλείων με προσμίξεις έχουν λίγο

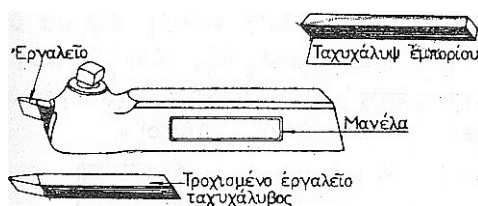
βελτιωμένες ιδιότητες σε σύγκριση με τους ανθρακούχους χάλυβες, παρουσιάζουν όμως μειονεκτήματα σε σύγκριση με τα άλλα υλικά κατασκευής εργαλείων.

β) Ταχυχάλυβες.

Έτσι ονομάζονται οι ειδικοί χάλυβες, που περιέχουν Βολφράμιο (W) και Χρόμιο (Cr) και σε μικρότερη αναλογία Βανάδιο (V) και Μολυβδαίνιο (Mo). Προσθήκη Κοβαλτίου (Co) έως 12% αυξάνει την σκληρότητα του υλικού σε υψηλή θερμοκρασία. Οι ταχυχάλυβες, που περιέχουν κοβάλτιο (Co), είναι ακριβότεροι και ονομάζονται ανώτεροι ταχυχάλυβες, ενώ οι άλλοι λέγονται κοινοί ταχυχάλυβες.

Βασική ιδιότητα των ταχυχαλύβων είναι ότι διατηρούν την σκληρότητά τους και συνεπώς και την ικανότητά τους να κόβουν και σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες ταχύτητες κατεργασίας. Από αυτό προέκυψε και η ονομασία τους (Ταχύς + Χάλυψ = Ταχυχάλυψ). Οι ταχυχάλυβες, ανάλογα με την σύνθεσή τους, για να βαφούν θερμαίνονται σε θερμοκρασία $1200^{\circ} - 1300^{\circ} \text{C}$. Όλοι ψύχονται στον αέρα. (Γι' αυτό στην τεχνική διάλεκτο ονομάζονται ατσάλια του αέρος).

Επειδή οι ταχυχάλυβες είναι ακριβοί, γι' αυτό πωλούνται στο εμπόριο σε μικρά κομμάτια ράβδων, συνήθως ορθογωνικής διατομής. Τα κομμάτια αυτά τα προσαρμόζουμε επάνω σε κατάλληλα διαμορφωμένα σιδηρά αντικείμενα, τις μανέλλες (σχήμα 1.34).



Σχήμα 1.34 Μανέλλα και εργαλείο τόννου.

γ) Σκληροκράματα.

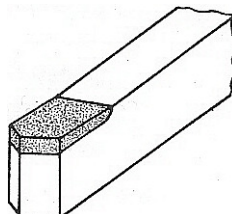
Τα σκληροκράματα προέρχονται από τήξη Κοβαλτίου (Co), Χρωμίου (Cr), Βολφραμίου (W) και μικρών ποσοτήτων άλλων στοιχείων.

Τα σκληροκράματα είναι πολύ σκληρά και δεν χρειάζονται βαφή. Διατηρούν την σκληρότητά τους σε υψηλές θερμοκρασίες ($700^{\circ} - 800^{\circ} \text{C}$), άρα είναι κατάλληλα για μεγάλες ταχύτητες κοπής.

Επειδή δεν αντέχουν σε κρούσεις, γι' αυτό δεν χρησιμοποιούνται σε διακοπτόμενη λειτουργία όπως π.χ. για το τορνάρισμα ενός άξονα, που έχει σφηνόδρομο.

Επειδή τα σκληροκράματα κοστίζουν ακριβά, πωλούνται και αυτά σε μικρά κομμάτια, τα οποία συγκολλούμε στις μανέλλες (σχήμα 1.35).

Το πιο γνωστό από τα σκληροκράματα είναι ο στελλίτης.



Σχήμα 1.35 Μανέλλα με κολλημένο εργαλείο από σκληροκράμα.

δ) Σκληρομέταλλα.

Τα σκληρομέταλλα παρασκευάζονται από καρβίδια του βολφραμίου και του τιτανίου με συνδετικό υλικό κοβάλτιο (Co).

Καρβίδια ονομάζουμε τις ενώσεις του άνθρακος. Έτσι, όταν λέμε καρβίδια του βολφραμίου, εννοούμε ένωση βολφραμίου και άνθρακος (W,C), καρβίδια του Τιτανίου, ένωση τιτανίου και άνθρακος (T,C) κλπ.

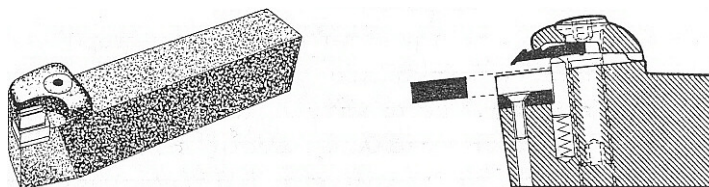
Τα σκληρομέταλλα απάγουν (δηλαδή παίρνουν) την θερμότητα.

Η ιδιότητα αυτή είναι χρήσιμη για τα εργαλεία κοπής, γιατί η θερμότητα, που αναπτύσσεται στο σημείο, που γίνεται η κοπή, απομακρύνεται και έτσι δεν υπερθερμαίνεται η ακμή.

Τροχίζονται με ειδικούς σκληρούς σμυριδοτροχούς. Δεν αντέχουν σε κρούσεις και συνεπώς δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε διακοπόμενη λειτουργία.

Στο εμπόριο τα βρίσκουμε με διάφορες ονομασίες, που τους δίνουν τα εργοστάσια κατασκευής, π.χ. Βίντια (Widia), Τιτανίτ (Titanit), Ούντια (Uddia) κ.α.

Κυκλοφορούν σε πλακίδια, που συγκολλούνται ή στερεώνονται με κοχλίες σε κατάλληλα διαμορφωμένες μανέλλες (σχήμα 1.35 και 1.36).



Σχήμα 1.36.

Η συγκόλληση του πλακιδίου επάνω στην μανέλλα παρουσιάζει δυσκολίες, επειδή τα σκληρομέταλλα έχουν διαφορετικό συντελεστή διαστολής από τον σίδηρο. Συνήθως γίνεται μπρουντζοκόλληση του πλακιδίου.

ε) Φυσικό και τεχνητό κορούνδιο.

Το φυσικό κορούνδιο (σμύρις) και το τεχνητό χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σμυριδοτροχών. Για τον ίδιο σκοπό χρησιμοποιούνται και καρβίδια και κυρίως το καρβίδιο του πυριτίου (SiC).

Τα τελευταία χρόνια άρχισαν να χρησιμοποιούνται και πλακίδια κορουντίου αντί πλακίδια σκληρομετάλλων για εργαλεία τόννου, πλάνης, φρεζομηχανής κ.α.

στ) Διαμάντι (αδάμας).

Το διαμάντι, επειδή είναι πολύ σκληρό, χρησιμοποιείται σαν εργαλείο στις κατεργασίες κοπής σε ειδικές περιπτώσεις (όπως π.χ. για το ακόνισμα των

σφυριδοτροχών και την κατεργασία μαλακών μετάλλων).

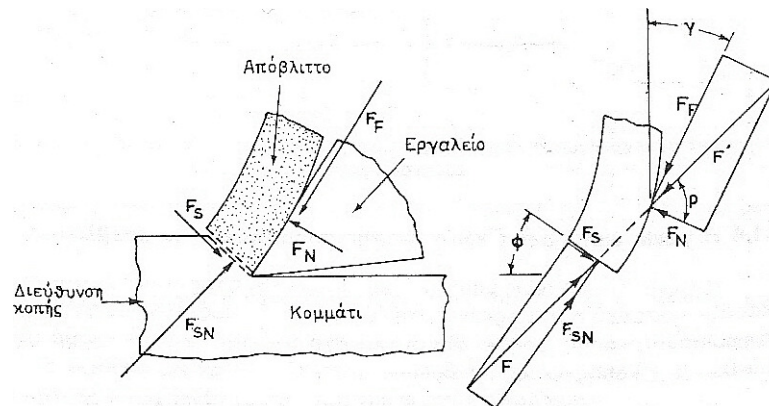
Επειδή δεν φθείρεται, δίνει ακρίβεια διαστάσεων και μεγάλη διάρκεια ζωής.

Σε υψηλές θερμοκρασίες καίγεται και γι' αυτό χρησιμοποιείται σπάνια για κατεργασία χάλυβος.

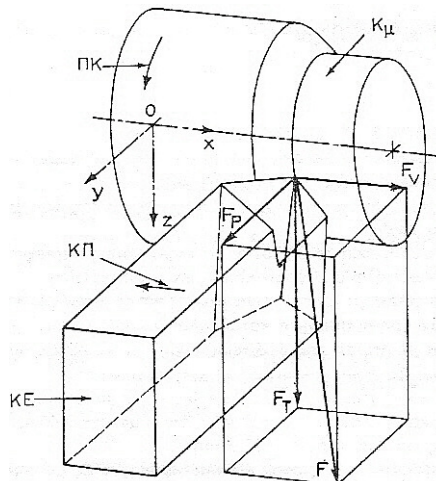
1.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΟΠΗΣ

Γενικά.

Στο σχήμα 1.37 βλέπουμε το σύστημα των δυνάμεων στην ορθογωνική κοπή. Στη λοξή κοπή η δύναμη κοπής αναλύεται σε τρεις συνιστώσες κατά μήκος τριών αξόνων κάθετων ανάμεσά τους (O_x, O_y, O_z). Στο σχήμα 1.38 εικονίζεται μια τέτοια ανάλυση της δυνάμεως κοπής για τη διαμήκη εξωτερική τórνευση.



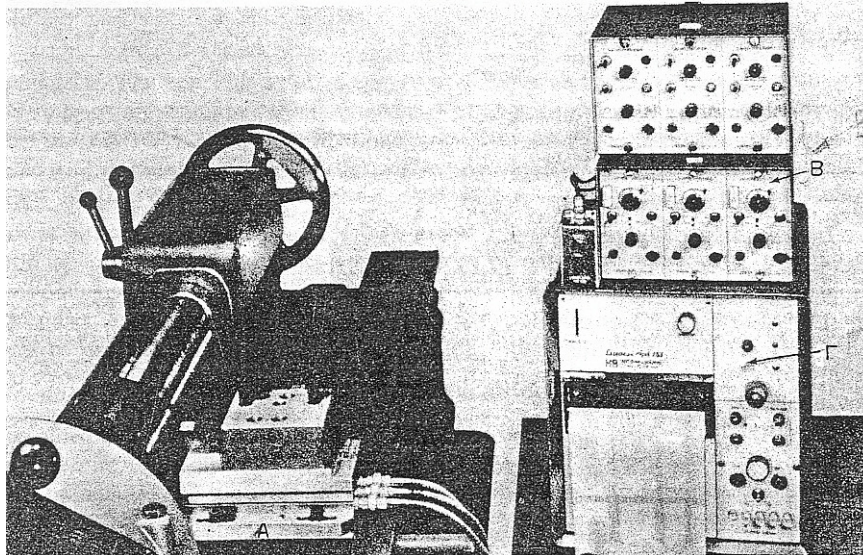
Σχήμα 1.37 Το σύστημα των δυνάμεων στην ορθογωνική κοπή. F_S : δύναμη διατμήσεως, F_{SN} : κάθετη δύναμη στο επίπεδο διατμήσεως, F_F : δύναμη τριβής, F_N : κάθετη δύναμη στη ζώνη τριβής, F : συνισταμένη δύναμη των F_S & F_{SN} , F' : συνισταμένη δύναμη των F_F & F_N , F' (ή F): δύναμη κοπής, ρ : μέση γωνία τριβής και Φ : γωνία διατμήσεως.



Σχήμα 1.38 Οι τρεις συνιστώσες της δυνάμεως κοπής F στην τórνευση. 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 κοπτικό εργαλείο).

Η γνώση των δυνάμεων κοπής παρουσιάζει ενδιαφέρον τόσο 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_1 στην ορθογωνική κοπή, σχήμα 1.37 ή F_T στην τórνευση, σχήμα 1.38) 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 1.39 εικονίζεται ένα σύγχρονο δυναμόμετρο για τη μέτρηση των τριών συνιστωσών της δυνάμεως κοπής στην τórνευση. Τα δυναμόμετρα αυτά βασίζονται στη μέτρηση (άμεσα με μηχανοσκόμια ή έμμεσα με ηλεκτρομηχανοσκόμια ή με κρυστάλλους χαλαζία) κάποιων (ή κάποιας) παραμορφώσεων ή μετατοπίσεων που προκαλούνται από την αναπτυσσόμενη δύναμη κοπής σε ορισμένες θέσεις του δυναμόμετρου.



Σχήμα 1.39 Ένα σύγχρονο δυναμόμετρο τórνευσης, με το οποίο μετρούμε και τις τρεις συνιστώσες της δυνάμεως κοπής (σχήμα 1.38). (A κυρίως δυναμόμετρο, B ηλεκτρονικό σύστημα ενισχύσεως, Γ καταγραφικό τριών διαύλων).

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

Παρακάτω δίνουμε 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:

$$k_s = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_1}{b_1 t_1} \quad (1.10)$$

όπου F_1 σε kr είναι η κύρια συνιστώσα της δύναμews κοπής και A_1 σε mm^2 η θεωρητική διατομή του αποβλήτου.

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 αποβλήτου και μάλιστα έτσι, ώστε όσο το πάχος του αποβλήτου μεγαλώνει τόσο η ειδική αντίσταση μικραίνει.

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

$$k_s = k_1 \cdot t_1^{-z} \quad (1.11)$$

Στον τύπο αυτό η σταθερά k_1 (είναι η ειδική αντίσταση κοπής για $t_1 = 1,0$ mm και $b_1 = 1,0$ mm, δηλαδή $A_1 = 1,0$ mm²) και ο εκθέτης z είναι χαρακτηριστικές του υλικού του κατεργαζόμενου κομματιού και έχουν υπολογισθεί πειραματικά (Πίνακας 1.3) για μια σειρά από τυπικά τέτοια υλικά και για τους αναφερόμενους στον πίνακα παράγοντες κοπής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3

Τιμές της σταθεράς k_1 και του $(1-z)$ της σχέσεως 1.13, όπως και τιμές της ειδικής αντιστάσεως κοπής k_s για διάφορα υλικά και τιμές του θεωρητικού πάχους αποβλήτου.

	Υλικό κομματιού	σ_B [kr/mm ²] ή BHN*	$1-z$	k_1 [kr/mm ²]	k_s [kr/mm ²] για θεωρητικό πάχος αποβλήτου σε mm								
					0,06	0,1	0,13	0,25	0,4	0,63	1	1,6	2,5
Ανθρακούχοι χάλυβες	St 50	52	0,74	199	420	361	319	283	250	224	199	178	158
	St 60	62	0,83	211	331	308	283	262	244	227	211	196	182
	St 70	72	0,70	226	512	450	392	341	299	260	226	198	174
	Ck 45	67	0,86	222	324	304	284	266	250	234	222	209	196
	Ck 60	77	0,82	213	343	315	292	270	249	230	213	196	181
Χαλυβοκράματα	60 MnCr 5	77	0,74	210	435	383	340	302	266	236	210	188	167
	18 Cr Ni 6	63	0,70	226	514	451	392	341	300	269	226	198	175
	42 Cr Mo 4	73	0,74	250	500	450	400	355	315	280	250	224	200
	34 Cr Mo 4	60	0,79	224	400	361	329	300	275	246	224	205	187
	50 Cr V 4	60	0,74	222	462	410	361	319	282	250	222	199	178
	55 Ni Cr Mo V 6G. 55 Ni Cr Mo V6V. EC Mo 80	94 BHN = 352 59	0,76 0,76 0,83	174 192 229	347 367 365	307 331 339	272 295 313	239 266 290	217 238 268	193 210 247	174 192 229	154 172 202	135 153 198
Χυτοσίδηροι	Φαιός	BHN = 200	0,74	116	236	211	187	166	147	130	116	103	93
	Μαλακτικοποιημένος	36	0,74	127	258	230	205	184	164	144	127	113	101
Κράματα χαλκού	Κρατέρωμα	—	0,83	178	285	263	243	225	208	193	178	164	152
	Ορείχαλκος	—	0,82	78	128	118	109	100	92	85	78	72	66

* Σκληρότητα σε βαθμούς Brinell.

Η κύρια συνιστώσα της δύναμews κοπής μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$F_1 = A_1 \cdot k_s = b_1 \cdot t_1 \cdot k_s \quad (1.12)$$

ή αν λάβουμε υπόψη τη σχέση (1.11):

$$F_1 = b_1 \cdot t_1 \cdot k_1 \cdot t_1^{-z} = b_1 \cdot k_1 \cdot t_1^{1-z} \quad (1.13)$$

Με σταθερούς τους λοιπούς παράγοντες της κοπής, η κύρια συνιστώσα της δύναμews κοπής μεγαλώνει εν γένει με αύξηση του θεωρητικού πάχους t_1 , του πλάτους b_1 ή της διατομής A_1 του αποβλήτου και μειώνεται όσο η γωνία αποβλήτου

του εργαλείου και η ταχύτητα κοπής μεγαλώνουν. Το υγρό κοπής ασκεί ευνοϊκή επίδραση στην κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής στις χαμηλές σχετικά ταχύτητες κοπής.

Τώρα από την κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής F_1 σε kp [σχέση (1.13)] και την ταχύτητα κοπής v σε m/min είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την ισχύ κοπής N_k σε PS ή σε kW από τις σχέσεις:

$$N_k = \frac{F_1 \cdot v}{4500} \text{ [PS]} \quad \text{ή}$$

$$N_k = \frac{F_1 \cdot v}{6120} \text{ [kW]} \quad (1.14)$$

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 αποβλήτου t_1 του Πίνακα (1.3) 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 (1.12) ή (1.13)], εισάγοντας κατάλληλους συντελεστές διορθώσεως, ως εξής:

$$F_{1\delta} = (K_u \cdot K_Y \cdot K_e \cdot K_\Phi) \cdot F_1 \quad (1.15)$$

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

K_u : συντελεστής διορθώσεως λόγω ταχύτητας κοπής.

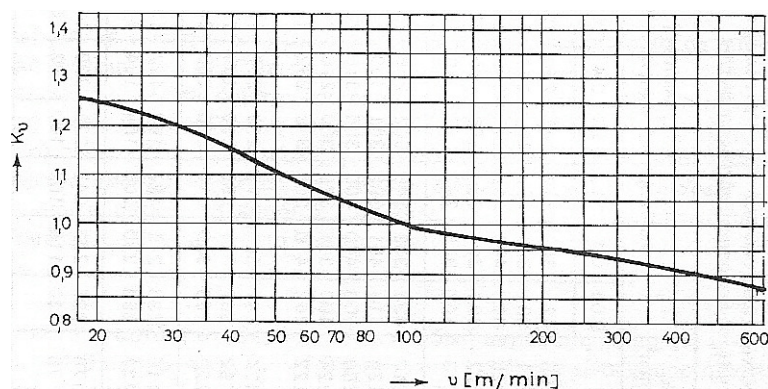
K_Y : συντελεστής διορθώσεως λόγω γωνίας αποβλήτου.

K_e : συντελεστής διορθώσεως λόγω υλικού κοπτικού εργαλείου.

K_Φ : συντελεστής διορθώσεως λόγω φθοράς του εργαλείου.

Σχετικά με τι τιμές παίρνουν οι συντελεστές αυτοί διορθώσεως της συνιστώσας F_1 προσθέτουμε τα ακόλουθα:

Ο συντελεστής διορθώσεως K_u υπολογίζεται από την καμπύλη του σχήματος 1.40 συναρτήσει της ταχύτητας κοπής.



Σχήμα 1.40 Καμπύλη του συντελεστή διορθώσεως της κύριας συνιστώσας της δύναμης κοπής λόγω ταχύτητας κοπής.

Ο συντελεστής διορθώσεως K_Y προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$K_Y = 1 - \frac{\gamma - \gamma_0}{66,7} \quad (1.16)$$

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

Ο συντελεστής K_ε για εργαλεία από σκληρομέταλλα και ταχυχάλυβες παίρνει ως τιμή τη μονάδα, ενώ για εργαλεία από κεραμειυτικά πυριμάχων οξειδίων λαμβάνει τιμές $K_\varepsilon = 0,90$ 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. Αν π.χ. εφαρμόζουμε ως κριτήριο αστοχίας τη στόμωση της κόψης του εργαλείου μπορούμε να εκλέγουμε $K_\phi = 1,5$, ενώ αν πάρουμε ως κριτήριο αστοχίας κάποια καθορισμένη τιμή στο πλάτος φθοράς είναι δυνατό να λάβουμε μικρότερη τιμή για το συντελεστή K_ϕ .

Με βάση τη διορθωμένη τιμή της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως κοπής $F_{1\delta}$ μας είναι δυνατός και ο υπολογισμός διορθωμένης τιμής για την ισχύ κοπής $N_{κδ}$ από τη σχέση (1.14) 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 βαθμό αποδόσεως της εργαλειομηχανής η , δηλαδή:

$$N_0 = \frac{N_{κδ} \text{ (ή } N_{δκ} \text{)}}{\eta} \quad (1.17)$$

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

Παράδειγμα 1.2

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

- Η διορθωμένη κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής $F_{1\delta}$ και
- η διορθωμένη ισχύς κοπής $N_{κδ}$ και από αυτή η ονομαστική ισχύς N_0 του τόννου, 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 αποβλήτου t_1 . Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε με δύο τρόπους. Ο ένας είναι να την πάρουμε απευθείας από τον Πίνακα 1.3 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 (1.11), αφού λάβουμε τις τιμές της σταθεράς k_1 και του εκθέτη z για το δοσμένο χάλυβα Ck45 από τον Πίνακα 1.3, 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, παίρνουμε:

$$\log k_s = \log 222 - 0,14 \times \log (0,2) = 2,3464 - 0,14 \times 1,3010$$

$$\log k_s = 2,3464 - 0,14 (-1,000 + 0,3010) = 2,3464 + 0,14 - 0,14 \times 0,3010 = 2,3464 + 0,14 - 0,04214 = 2,4443$$

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

Το δεύτερο βήμα είναι ο προσδιορισμός της κύριας συνιστώσας, της δύναμης κοπής F_1 από την ειδική αντίσταση κοπής k_s , την οποία μόλις υπολογίσαμε ή πήραμε από τον Πίνακα 1.3 χρησιμοποιώντας τη σχέση (1.12), 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 δύναμης κοπής $F_{1\delta}$ είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός των συντελεστών διορθώσεως K_u , K_Y , K_ϵ και K_ϕ σύμφωνα με τα στοιχεία που έχουμε δώσει. Έτσι βρίσκουμε:

$$K_u = 1,15 \text{ για } u = 40 \text{ m/min από την καμπύλη του σχήματος 1.40.}$$

$$K_Y = 1 - \frac{14 - 6}{66,7} = 1 - \frac{8}{66,7} = 1 - 0,12 = 0,88 \text{ [σχέση (1.16)]}$$

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

$$K_\phi = 1,4 \text{ (το εκλέγουμε).}$$

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

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

Για τη διορθωμένη ισχύ κοπής θα έχουμε [σχέση 1.14]:

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

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

Εκλέγοντας συνολικό μηχανικό βαθμό αποδόσεως του τόννου $\eta = 0,70$ υπολογίζουμε τελικά την ονομαστική ισχύ του [σχέση (1.17)]:

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

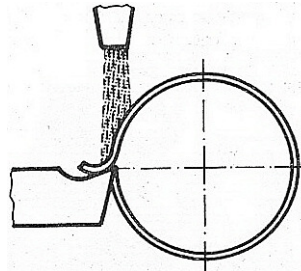
$$\text{ή } N_0 = \frac{2,64}{0,70} = 3,80 \text{ kW}$$

Η πλησιέστερη τυποποιημένη ονομαστική ισχύς για ηλεκτροκινητήρα είναι 5,5 PS ή 4 kW (πίνακας 1.2), την οποία και στο τέλος εκλέγουμε.

1.6 ΨΥΞΗ ΚΑΙ ΥΓΡΑ ΚΟΠΗΣ.

Τα υγρά κοπής με μια κατάλληλη σωλήνωση οδηγούνται στην περιοχή, όπου γίνεται η κοπή (σχήμα 1.41), και έχουν διπλό προορισμό:

- 1) Να λιπάνουν και να περιορίσουν την τριβή μεταξύ του αποβλήτου και της επιφάνειας κοπής καθώς και την τριβή μεταξύ του κομματιού και της ελεύθερης επιφάνειας του εργαλείου (λιπαντική δράση).
- 2) Να απαγάγουν τη θερμότητα, που αναπτύσσεται κατά την κοπή από το εργαλείο, από το κομμάτι και τα απόβλητα (ψυκτική δράση).



Σχήμα 1.41 Παροχή ψυκτικού υγρού στην περιοχή κοπής.

Σε μερικές περιπτώσεις και ιδίως σε αυτόματα μηχανήματα, όταν τα απόβλητα που παράγονται είναι ασυνεχή (σπασμένα σε μικρά κομμάτια), τα υγρά κοπής χρησιμεύουν επιπλέον στο να τα παρασύρουν και να τα απομακρύνουν από την περιοχή της κοπής.

Πλεονεκτήματα από την ψύξη.

- 1) Η ταχύτητα κοπής μπορεί να αυξηθεί μέχρι και 40%, χωρίς να αυξηθεί και η θερμοκρασία.
- 2) Αυξάνει τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου.
- 3) Η ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας του κομματιού είναι καλύτερη.
- 4) Το κομμάτι δεν θερμαίνεται υπερβολικά και δεν προκαλούνται ανεπιθύμητες διαστολές.
- 5) Η ενέργεια που δαπανάται για την κοπή είναι μικρότερη λόγω των μικρότερων τριβών.

Είδη ψυκτικών υγρών.

Ως υγρά χρησιμοποιούνται:

- 1) Λάδια κοπής. Αυτά δεν διαλύονται και συνεπώς δεν αραιώνονται με νερό. Η δράση τους είναι περισσότερο λιπαντική και λιγότερο ψυκτική.
- 2) Ψυκτικά λάδια (σαπουνέλαια). Συνδυάζουν λιπαντική με μεγάλη ψυκτική ικανότητα. Είναι διαλυτά στο νερό και σχηματίζουν γαλάκτωμα. Η αναλογία λαδιού προς νερό μπορεί κατά περίπτωση να φθάσει το 10% σε λάδι.

Κύκλωμα ψύξεως.

Η εργαλειομηχανή είναι κατά κανόνα εφοδιασμένη με ένα κύκλωμα κυκλοφορίας του ψυκτικού υγρού. Το ψυκτικό υγρό περνάει από φίλτρο και οδηγείται στην αντλία, που με κατάλληλη σωλήνωση το στέλνει με επαρκή πίεση στο ακροφύσιο κοντά στη θέση κοπής, όπου υπάρχει και η σχετική βάνα για τον περιορισμό ή τη διακοπή της ροής του υγρού.

Η ροή πρέπει κανονικά να αρχίζει πριν από την έναρξη της κοπής (σε σύγχρονες εργαλειομηχανές αυτό γίνεται αυτόματα), για να μην πέσει απότομα ψυχρό υγρό σε ζεστό εργαλείο, πράγμα που είναι επικίνδυνο, ιδίως για τα σκληρομέταλλα (ρωγμές).

Γενικές παρατηρήσεις και υποδείξεις για τα υγρά κοπής.

- 1) Τα λάδια κοπής τα προμηθεύουν κατά κανόνα οι εταιρείες πετρελαιοειδών ή

ειδικοί κατασκευαστές.

2) Υπάρχουν πολλές ποικιλίες που προσαρμόζονται στο είδος του υλικού που κόβεται (χάλυβας, χυτοσίδηρος, αλουμίνιο κλπ.), στην ταχύτητα κοπής και στην πίεση κοπής. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να συμβουλευόμαστε τις υποδείξεις και τους καταλόγους των προμηθευτών παράλληλα με την πείρα από τα αποτελέσματα της χρησιμοποιήσεώς τους.

3) Τα υγρά κοπής πρέπει να ανανεώνονται κατά ορισμένα διαστήματα, πριν χάσουν τις χρήσιμες ιδιότητές τους.

4) Δεν πρέπει να προκαλούν οξείδωση και διαβρώσεις, ιδίως στα ευπαθή και μεγάλης

σημασίας σημεία των εργαλειομηχανών (γλισιέρες κλπ).

5) Δεν πρέπει να προκαλούν επιβλαβείς ατμούς στην αναπνοή ούτε να προσβάλλουν την επιδερμίδα του χειριστή της εργαλειομηχανής.

6) Να μην έχουν δυσάρεστη οσμή και να μην αναπτύσσουν μικροοργανισμούς.

1.7 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΕ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ.

Τα βασικά μέτρα για την προστασία των εργαζομένων, που εργάζονται σε περιστροφικά μηχανήματα και γενικά σε όλες τις εργαλειομηχανές, είναι:

> Σωστός χειρισμός.

> Καλή κατάσταση εργαλειομηχανών.

> Κοπτικά εργαλεία σε καλή κατάσταση.

> Σωστή ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας και πρόωσης.

> Προσεκτική συγκράτηση τεμαχίων και κοπτικών εργαλείων.

> Σταμάτημα της εργαλειομηχανής, όταν επιδιώκεται μια μέτρηση, ρύθμιση, καθάρισμα ή επισκευή.

> Να μην εγκαταλείπεται η εργαλειομηχανή όταν βρίσκεται σε λειτουργία.

> Σωστή διάταξη των μηχανημάτων και καθαριότητα του χώρου εργασίας.

> Αναφορά στους προϊσταμένους για σφάλματα ή ατυχήματα,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

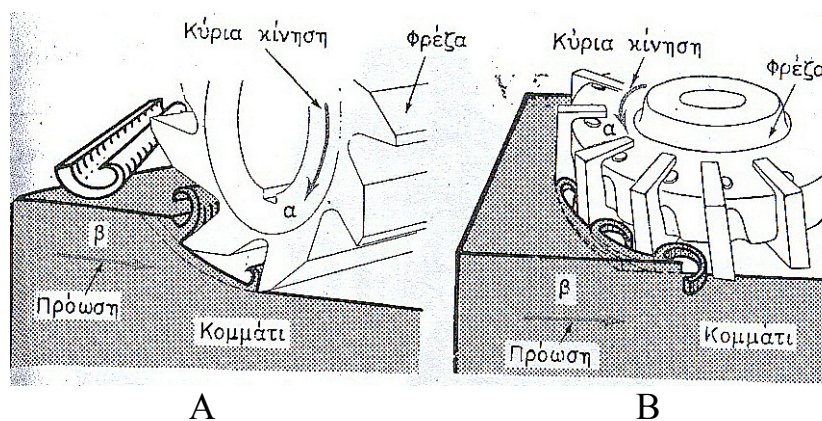
ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η φρεζομηχανή είναι μια εργαλειομηχανή με την οποία κατεργάζονται διάφορα κομμάτια με αφαίρεση υλικού. Η εργασία λέγεται φρεζάρισμα. Η εργαλειομηχανή αυτή μπορεί να κάνει πολλές από τις εργασίες της πλάνης, του δραπάνου, του τόρνου και άλλες ακόμα που δεν μπορούν ή δε συμφέρει να γίνουν από τις παραπάνω εργαλειομηχανές.

Τα υλικά που μπορούν να επεξεργασθούν στις φρεζομηχανές είναι ο χάλυβας, ο χυτοσίδηρος, ο ανοξείδωτος χάλυβας, τα μη σιδηρούχα μεταλλεύματα, οι τεχνητές ύλες κλπ.

Τα απόβλητα στο φρεζάρισμα είναι διακεκομμένα και απομακρύνονται από ένα περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο. Το κοπτικό εργαλείο που το ονομάζουμε κοπήρα ή φρέζα διαθέτει πολλές κοπτικές ακμές (κύριες κόψεις) διατεταγμένες σε κύκλο περιφερειακά ή περιφερειακά και μετωπικά, ενώ, για να μπορεί να εισέρχεται το εργαλείο στο κατεργαζόμενο κομμάτι, οι κοπτικές ακμές έχουν τη μορφή της σφήνας όπως και το εργαλείο τόρνευσης. Η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου γύρω από το σταθερό άξονά του αποτελεί και την κύρια κίνηση κοπής. Για τη συνέχεια της κοπής το κατεργαζόμενο κομμάτι, το οποίο συγκρατείται στο τραπέζι της εργαλειομηχανής, μετατοπίζεται κάθετα προς τον άξονα της φρέζας με προκαθορισμένο ρυθμό (ευθύγραμμο) που είναι η πρόωση (σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1 Κινήσεις φρεζομηχανής Α) με οριζόντιο Β) με κατακόρυφο άξονα. α) Περιστροφική. β) Ευθύγραμμη

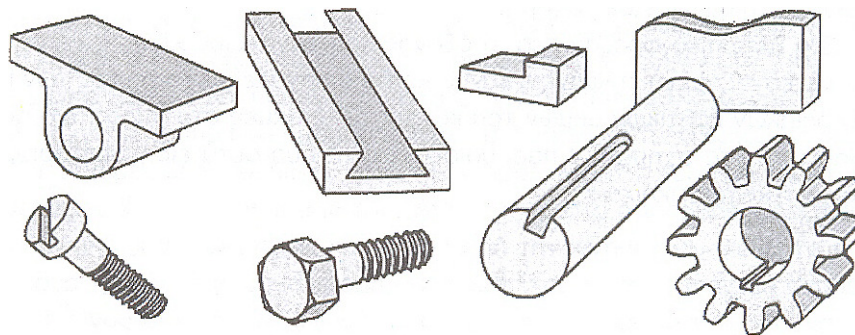
Η κίνηση προώσεως είναι συνεχής και κατά τη διάρκεια της κοπής κάθε κοπτικό δόντι δεν κόβει συνεχώς, αλλά μόνο επί ορισμένο μέρος της περιόδου κινήσεως της φρέζας, που αντιστοιχεί σε ορισμένη γωνία περιστροφής της. Αυτό έχει ως συνέπεια τα κοπτικά δόντια να προλαβαίνουν να απαγάγουν θερμότητα στο διάστημα που δεν κόβουν και έτσι να μην καταπονούνται θερμικά, σε αντίθεση με το εργαλείο της τόρνευσης, το οποίο εκτελεί συνεχή κοπή. Η κοπή γι' αυτό το λόγο στο φρεζάρισμα λέγεται διακοπτόμενη. Είναι φανερό ότι οι πολλές κόψεις αυξάνουν την απόδοση

κοπής, δηλαδή στον ίδιο χρόνο αφαιρείται περισσότερη ποσότητα υλικού και δίνουν στο εργαλείο μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Με τη μια κύρια κίνηση και το συνδυασμό σε δύο από τις τρεις δυνατές προώσεις (οριζόντια κατά μήκος, εγκάρσια και κατακόρυφη) του τραπεζιού καθώς και την κατάλληλη επιλογή του είδους του κοπτήρα, η φρεζομηχανή μπορεί να κάνει τις παρακάτω κατεργασίες και να αποδώσει:

- 1) Επίπεδες και καμπύλες επιφάνειες.
- 2) Ευθύγραμμες αυλακώσεις σε επίπεδες ή κυλινδρικές επιφάνειες (εκσκαφές, σφηνόδρομους, χελιδνοουρές κλπ.).
- 3) Ελικοειδείς αυλακώσεις σε κυλινδρικές επιφάνειες.
- 4) Σπειρώματα ακριβείας, τραπεζοειδή, τριγωνικά κλπ. με μία ή περισσότερες αρχές.
- 5) Διαμόρφωση κανονικών πολυγωνικών μορφών (τρίγωνα, τετράγωνα, εξάγωνα, κλπ).
- 6) Διαίρεση περιφερειακά σε ίσα μέρη εξαρτήματος (π.χ. ισομοιρασμένες τρύπες σε μία φλάντζα).
- 7) Κατασκευή οδοντωτού κανόνα (κρεμαγιέρα).
- 8) Κοπή δοντιών σε οδοντωτούς τροχούς με ευθύγραμμο ή ελικοειδή δόντια.

Στο σχήμα 2.2 φαίνονται αντιπροσωπευτικά τεμάχια που παράγονται με φρεζάρισμα.




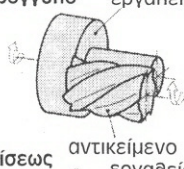
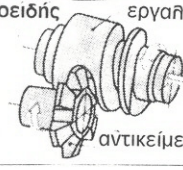
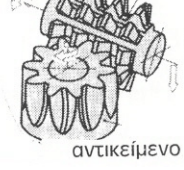
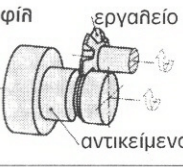
Σχήμα 2.2 Τεμάχια κατεργασμένα με φρεζάρισμα.

Τα τεμάχια αυτά, συνήθως, εκχονδρίζονται ή φινιρίζονται (αποπερατώνονται), ενώ, όταν απαιτούνται πολύ καλές επιφάνειες, ως τελική κατεργασία χρησιμοποιείται η λείανση. Όσον αφορά την ακρίβεια κοπής και την ποιότητα της επιφάνειας που προκύπτει, η φρεζομηχανή ξεπερνά οπωσδήποτε το δρέπανο και την πλάνη και μπορούμε να πούμε ότι ξεπερνά και τον τόρνο.

2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ

Ανάλογα με το είδος της κινήσεως προώσεως και με το είδος της παραγόμενης επιφάνειας, το φρεζάρισμα διακρίνεται σε επίπεδο, στρογγυλό, ελικοειδές, κυλίσεως και προφίλ (πίνακας 2.1).

Πίνακας 2.1

Πίνακας 1-1: Μέθοδοι φρεζαρίσματος		Χαρακτηριστικά/Μεμονομένη μέθοδος	
<p>Ονομασία/Παράδειγμα</p> <p>Επίπεδο εργαλείο</p>  <p>αντικείμενο</p>	<p>Με ευθύγραμμη κίνηση προώσεως παράγονται επίπεδες επιφάνειες: περιφερειακό-επίπεδο φρεζάρισμα (σχέδιο), μετωπικό-επίπεδο φρεζάρισμα και μετωπικό-περιφερειακό-επίπεδο φρεζάρισμα.</p>	<p>Στρογγυλό εργαλείο</p>  <p>αντικείμενο</p>	<p>Με κυκλική κίνηση προώσεως παράγονται κυλινδρικές επιφάνειες: Εξωτερικό κυκλικό φρεζάρισμα (σχέδιο) και εσωτερικό κυκλικό φρεζάρισμα.</p>
<p>Ελικοειδής εργαλείο</p>  <p>αντικείμενο</p>	<p>Με ελικοειδή κίνηση προώσεως παράγονται ελικοειδείς επιφάνειες: Φρεζάρισμα σπειρώματος, φρεζάρισμα ατέρμονα (σχέδιο).</p>	<p>Κυλίσεως εργαλείο</p>  <p>αντικείμενο</p>	<p>Το εργαλείο με το προφίλ εκτελεί ταυτόχρονα με την πρόωση και μία κύλιση: Φρεζάρισμα οδοντωτών τροχών, φρεζάρισμα πολύσφηνων (σχέδιο).</p>
<p>Προφίλ εργαλείο</p>  <p>αντικείμενο</p>	<p>Το προφίλ του εργαλείου απεικονίζεται στο αντικείμενο: Φρεζάρισμα κατά μήκος προφίλ και κυκλικό φρεζάρισμα προφίλ (σχέδιο).</p>		

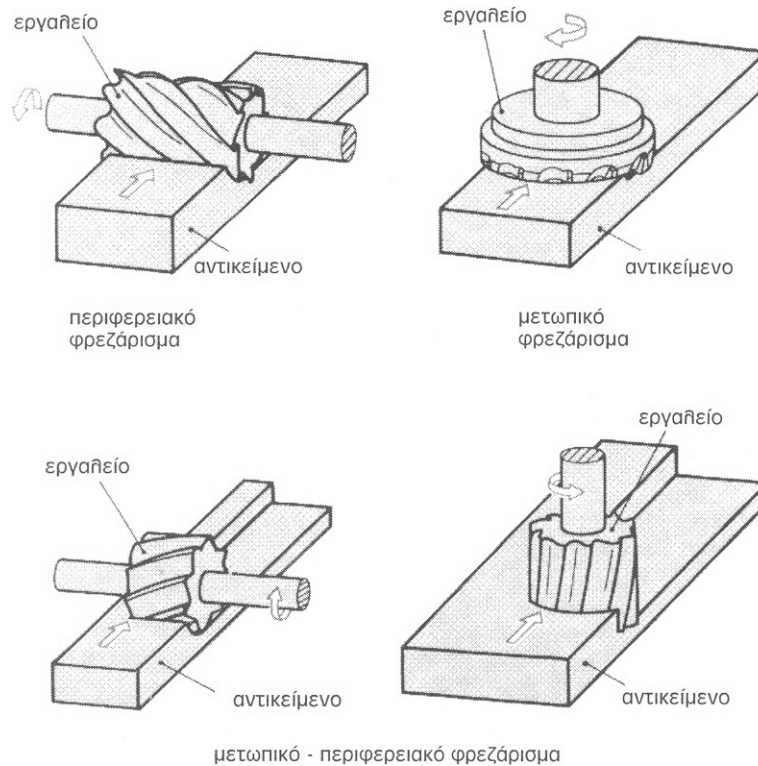
Ανάλογα με την κατεύθυνση του άξονα του κοπτικού εργαλείου ως προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια, το φρεζάρισμα διακρίνεται σε **περιφερειακό ή μετωπικό φρεζάρισμα**.

Στο περιφερειακό φρεζάρισμα, ο άξονας του εργαλείου είναι παράλληλος με την κατεργαζόμενη επιφάνεια και το κοπτικό εργαλείο έχει κυλινδρική μορφή, κόβοντας τα απόβλητα από το τεμάχιο με περιφερειακά διατεταγμένες κοπτικές ακμές. Τα προκύπτοντα απόβλητα έχουν στην περίπτωση αυτή σφηνοειδές σχήμα.

Στο μετωπικό φρεζάρισμα, ο άξονας του εργαλείου είναι κάθετος με την κατεργαζόμενη επιφάνεια και το κοπτικό εργαλείο έχει, εκτός των περιφερειακών κοπτικών ακμών του και κοπτικές ακμές στο μπροστινό πρόσωπό του.

Στο μετωπικό-περιφερειακό φρεζάρισμα φρεζάρονται ταυτόχρονα οι επιφάνειες από τις μετωπικές και περιφερειακές κόψεις του εργαλείου.

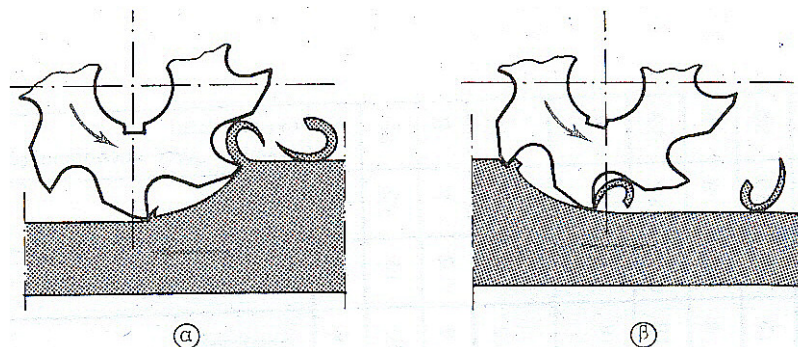
Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζονται τα δύο αυτά είδη φρεζαρίσματος και η κινηματική τους.



Σχήμα 2.3 Περιφερειακό, μετωπικό και μετωπικό-περιφερειακό φρεζάρισμα

Το μετωπικό φρεζάρισμα χρησιμοποιείται για κατεργασία μόνο επιπέδων επιφανειών, ενώ το περιφερειακό φρεζάρισμα χρησιμοποιείται για κατεργασία επιπέδων επιφανειών, σφηνοδρόμων, αυλάκων, καμπυλωτών επιφανειών και επιφανειών με σύνθετη μορφή. Στο μετωπικό φρεζάρισμα, υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από ό,τι στο περιφερειακό φρεζάρισμα. Επίσης, στο μετωπικό φρεζάρισμα, το πάχος του αποβλήτου είναι μεγαλύτερο από ό,τι στο περιφερειακό, με συνέπεια τη μείωση της ειδικής αντίστασης κοπής.

Στο περιφερειακό φρεζάρισμα, η πρόωση του τεμαχίου συνήθως είναι αντίθετη στην περιστροφή του εργαλείου αλλά μπορεί και να συμβαίνει το αντίθετο. Η επιλογή αυτή της κίνησης του τεμαχίου διακρίνει το φρεζάρισμα σε **ομόρροπο και αντίρροπο**. Στο σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η κινηματική για τα δύο αυτά είδη φρεζαρίσματος.

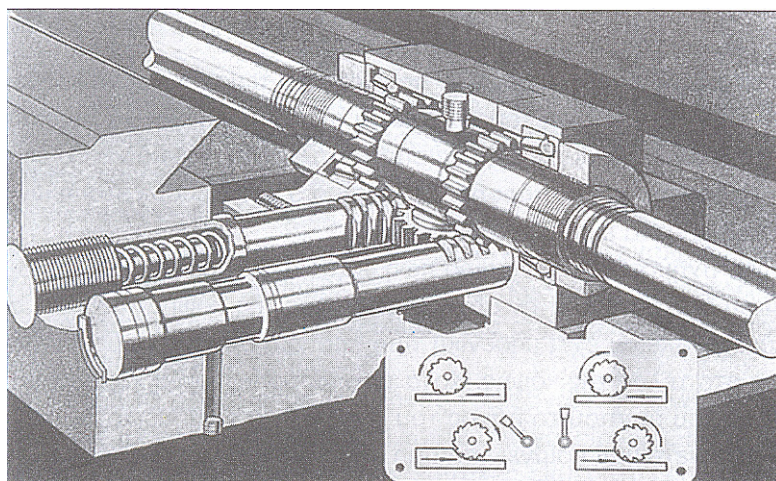


Σχήμα 2.4 α) Αντίρροπο φρεζάρισμα. β) Ομόρροπο φρεζάρισμα.

Από το σχήμα γίνεται φανερό πως, κατά το αντίρροπο φρεζάρισμα, το πάχος του

αποβλήτου στην αρχή της τροχιάς της κόψης του δοντιού του κοπτικού εργαλείου έχει μηδενική τιμή, η οποία αυξάνεται μέχρι μία μέγιστη τιμή στο τέλος της κόψης. Κατά το ομόρροπο φρεζάρισμα, στην αρχή της κόψης του δοντιού το πάχος του αποβλήτου είναι μέγιστο, στη συνέχεια ελαττώνεται και παίρνει την τιμή μηδέν στο τέλος της κόψης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο να δέχεται ισχυρές καταπονήσεις κατά την είσοδό του στο τεμάχιο και έτσι να αυξάνει ο κίνδυνος θραύσης του. Αντίστοιχα, στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο, όπως προκύπτει από την κινηματική, πιέζει το τεμάχιο στο τραπέζι της εργαλειομηχανής και έτσι η κοπή είναι πιο σταθερή.

Στο σχήμα 2.5 παρουσιάζεται ο μηχανισμός εναλλαγής του ομόρροπου-αντίρροπου φρεζαρίσματος σε μια φρεζομηχανή.



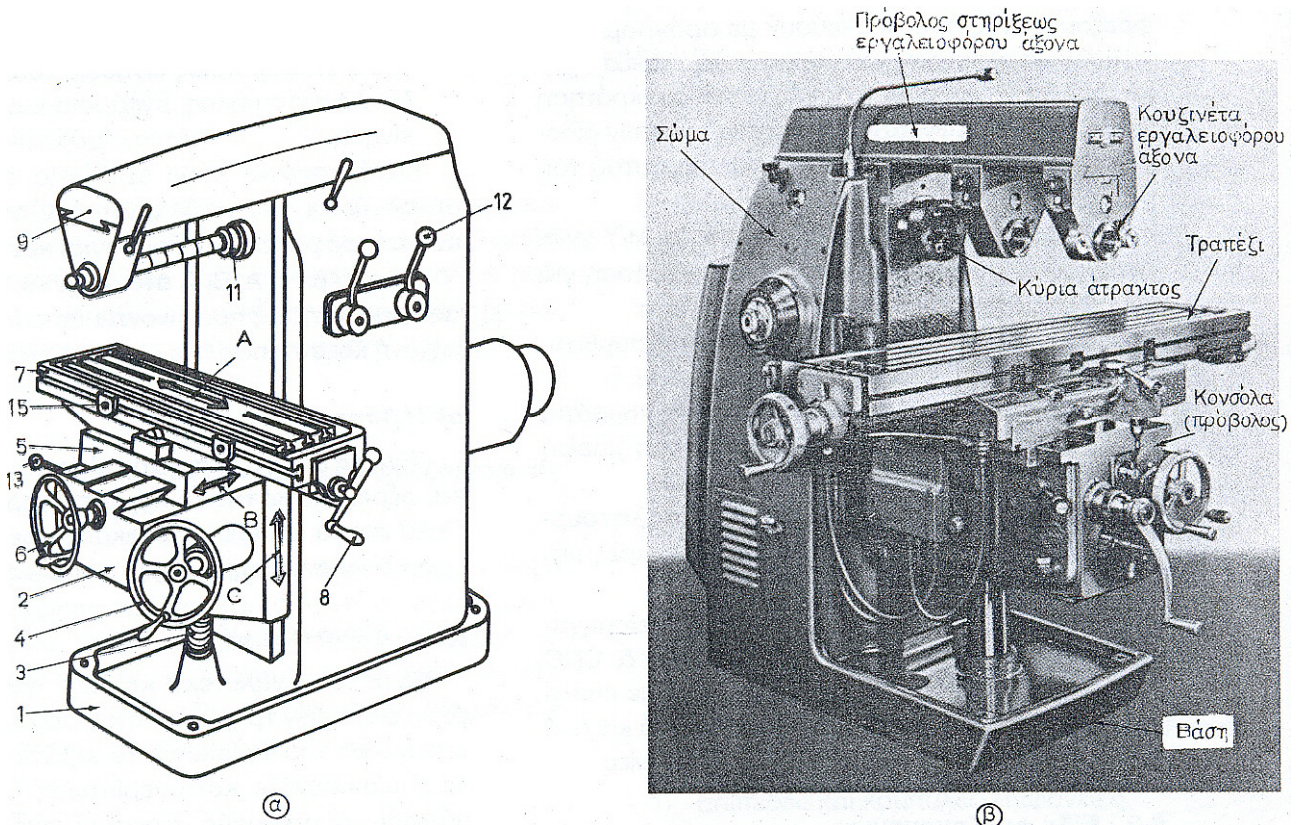
Σχήμα 2.5 Μηχανισμός εναλλαγής ομόρροπου και αντίρροπου φρεζαρίσματος.

2.3 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗΣ

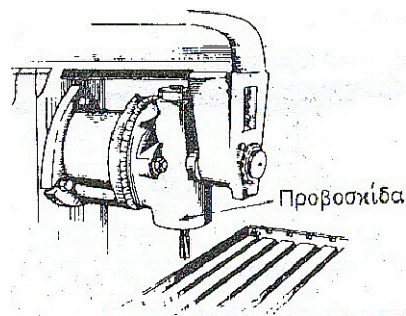
Η διαμόρφωση διαφόρων μορφών και τεμαχίων στη φρεζομηχανή απαιτεί και διάφορους τύπους εργαλειομηχανών για οικονομικότερη κατεργασία. Έτσι, ανάλογα με την θέση της κύριας ατράκτου οι φρεζομηχανές διακρίνονται σε οριζόντιες και κατακόρυφες.

Οριζόντια φρεζομηχανή [σχήμα 2.6].

Η οριζόντια φρεζομηχανή είναι το βασικότερο είδος εργαλειομηχανών γιατί μπορεί να εκτελέσει ποικίλες εργασίες και το χαρακτηριστικό της είναι ότι ο κύριος άξονας, που μεταφέρει την κίνηση στο εργαλείο, είναι οριζόντιος. Η οριζόντια φρεζομηχανή εκτελεί το περιφερειακό φρεζάρισμα, μπορεί όμως να εκτελέσει και εργασίες κατακόρυφης φρεζομήχανης αν προσθέσουμε ένα συγκρότημα που ονομάζεται προβοσκίδα (σχήμα 2.7).



Σχήμα 2.6 Οριζόντια φρεζομηχανή. 1) Βάση. 2) Κονσόλα (πρόβολος). 3) Κοχλίας ανυψώσεως τραπέζιού. 4) Χειροτροχός ανυψώσεως. 5) Φορείο εγκάρσιας κινήσεως. 6) Χειροτροχός εγκάρσιας κινήσεως. 7) Κυρίως τραπέζι. 8) Μοχλός για κατά μήκος κίνηση τραπέζιού. 9) Πρόβολος στηρίξεως του εργαλειοφόρου άξονα. 11) Κύρια άτρακτος. 12) Μοχλοί ταχυτήτων. 13) Μοχλός προώσεως. 15) Οριοδιακόπτες για κατά μήκος κίνηση.



Σχήμα 2.7 Φρεζομηχανή με πρόσθετη προβοσκίδα.

Τα κύρια μέρη της οριζόντιας φρεζομηχανής είναι τα εξής:

- Η βάση.
- Το σώμα (κορμός ή ορθοστάτης), με το κιβώτιο ταχυτήτων.
- Η κύρια άτρακτος.
- Το συγκρότημα του τραπέζιού, με τα τμήματα και τους μηχανισμούς που επιτυγχάνουν τις τρεις διαφορετικές κινήσεις του (δηλαδή οριζόντια κατά μήκος, εγκάρσια και κατακόρυφη κίνηση).

Κατά κανόνα, κάθε οριζόντια φρεζομηχανή συνοδεύεται από το διαιρέτη (που αναφέρεται στη συνέχεια) ένα κεντροφορέα (κουκουβάγια) και μια μέγγενη.

Τα τρία βέλη A, B, C στο σχήμα 2.6 (α) δείχνουν τις τρεις κινήσεις που γίνονται σε αυτήν τη φρεζομηχανή και συνεπώς στο υπό κατεργασία κομμάτι.

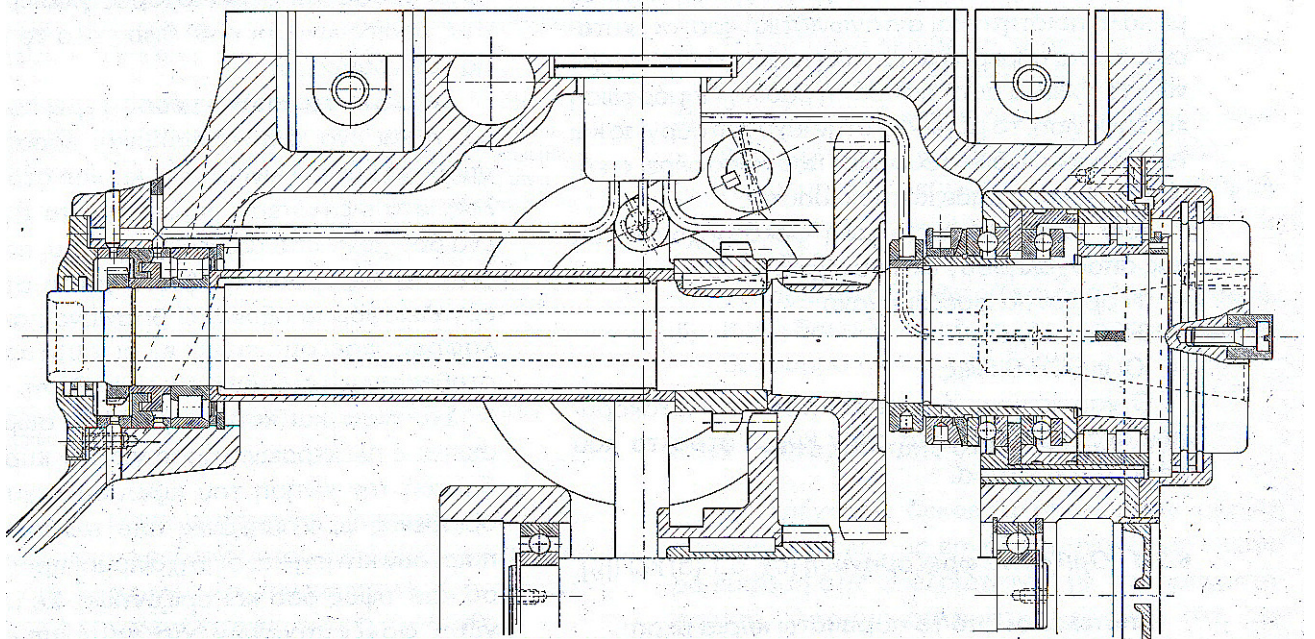
Η βάση. Είναι το στοιχείο πάνω στο οποίο σταθεροποιείται ο κορμός. Σε πολλές φρεζομηχανές η βάση με τον κορμό αποτελούν ένα σώμα. Η βάση είναι ενισχυμένη με διάφορα νεύρα, ώστε να έχει καλή στατική συμπεριφορά λόγω φορτίσεων όλων των υπόλοιπων στοιχείων της φρεζομηχανής.

Το σώμα (κορμός ή ορθοστάτης). Είναι το βασικότερο μέρος μίας φρεζομηχανής, πάνω στο οποίο συγκρατούνται το συγκρότημα του τραπεζιού και ο πρόβολος. Ο πρόβολος βρίσκεται στο πάνω μέρος του κορμού, έχει τη μορφή βραχίονα και είναι εφοδιασμένος με δύο ή τρία κουζινέτα για την έδραση του εργαλειοφόρου άξονα. Το μπροστινό μέρος του κορμού φέρει ολισθητήρες επί των οποίων ολισθαίνει το σύστημα του τραπεζιού πάνω-κάτω.

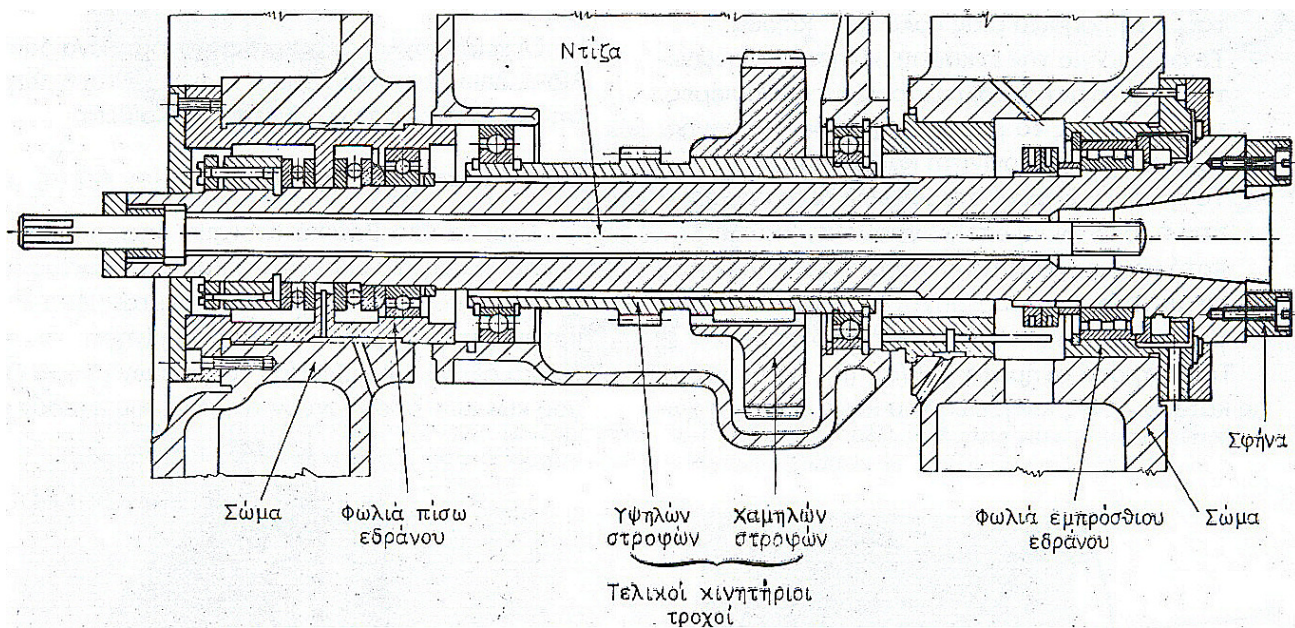
Στο εσωτερικό του κορμού βρίσκονται τα κιβώτια ταχυτήτων για μεταφορά περιστροφικής κίνησης στην κύρια άτρακτο και μεταφορικής στο συγκρότημα του τραπεζιού (σύγχρονες φρεζομηχανές).

Η κύρια άτρακτος. Στερεώνει στο άκρο της τον εργαλειοφόρο άξονα. Σ' αυτή καταλήγουν οι περιστροφικές ταχύτητες από το κιβώτιο ταχυτήτων (σχήμα 2.8). Η κύρια άτρακτος δέχεται και ακτινικές και αξονικές φορτίσεις, οι οποίες προέρχονται από τις δυνάμεις κοπής, γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται για την έδρασή της ακτινικά έδρανα κύλισης, που τοποθετούνται σε κατάλληλη θέση, και αξονικά έδρανα κύλισης.

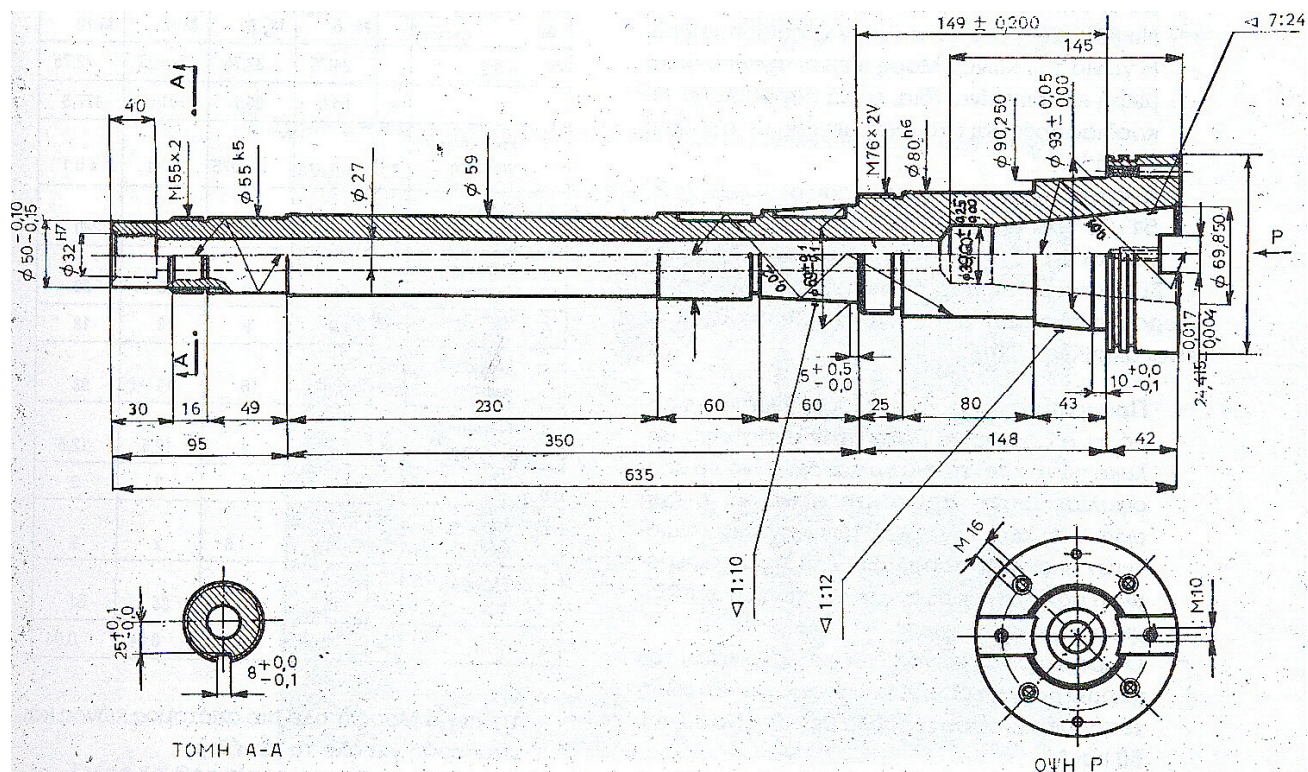
Στο σχήμα 2.9 παρουσιάζεται η πρόοψη σε τομή της έδρασης μίας κύριας ατράκτου, και στο σχήμα 2.10 δίνεται το κατασκευαστικό σχέδιο της, όπου φαίνονται εκτός από το κατασκευαστικό σχέδιο και τα απαραίτητα σύμβολα ανοχών και κατεργασιών.



Σχήμα 2.8 Συναρμολογημένο σύνολο κύριας ατράκτου οριζόντιας φρεζομηχανής
Τομή κατά μήκος.



Σχήμα 2.9 Έδραση και βασικά λειτουργικά στοιχεία κύριας ατράκτου.



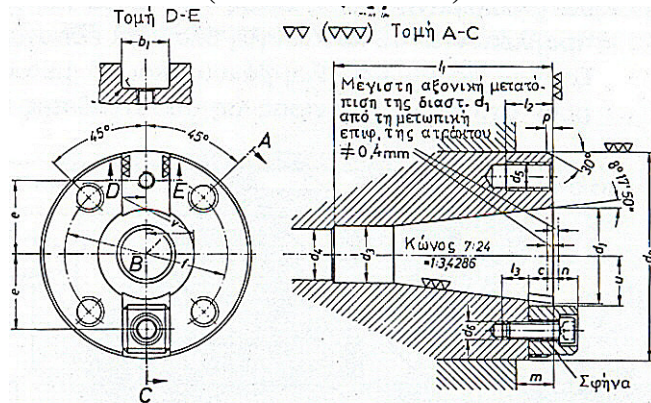
Σχήμα 2.10 Κατασκευαστικό σχέδιο της κύριας ατράκτου του σχήματος 2.8 με ανοχές κατά ISO καθώς και άλλες ειδικές ανοχές.

Όπως φαίνεται στα σχήματα, η άτρακτος είναι διάτρητη σε όλο το μήκος της και καταλήγει στο πρόσθιο μέρος που μπορεί να ονομαστεί κεφαλή σε μία κολουροκωνική οπή, μέσα στην οποία εφαρμόζει (σφίγγεται) το κωνικό άκρο του εργαλειοφόρου άξονα. Η κωνική οπή προέρχεται από αμερικανική τυποποίηση (ASA B 5.10/1943) και καθιερώθηκε και διεθνώς (ISO R 297/1963 & DIN 2079/1968). Η κωνικότητά του είναι 7:24 και οι κατασκευαστικές του λεπτομέρειες και

διαμόρφωσή του στην κύρια άτρακτο μαζί με τις σφήνες δίνονται στον πίνακα 2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

Τυποποιημένος κώνος και διάμετροι κύριας ατράκτου φρεζομηχανών
(DIN 2079/1968)



Κώνος Νο		30	40	50	60
b ₁	Μ6	= 15,9	15,9	25,4	25,4
c	Ελάχιστη διάσταση	= 8	8	12,5	12,5
d ₁		= 31,75	44,45	69,85	107,95
d ₂	h ₅	= 69,832	88,882	128,57	221,44
d ₃	H 12	= 17,4	25,3	39,6	60,2
d ₄	Ελάχιστη διάσταση	= 17	17	27	35
d ₅		= M 10	M 12	M 16	M 20
d ₆		M 6	M 6	M 12	M 12
e	± 0,2	24,75	32,75	49,25	72,75
f		= 54,0	66,7	101,6	177,8
	Επιτρεπόμενη απόκλιση	= ± 0,075	± 0,075	± 0,1	± 0,1
l ₁	Ελάχιστη διάσταση	= 73	100	140	220
l ₂	Ελάχιστη διάσταση	= 16	20	25	30
l ₃		9	9	18	18
m	Ελάχιστη διάσταση	= 12,5	16	19	38
n	Μέγιστη διάσταση	= 8	8	12,5	12,5
p		2	2	3	3
r	Μέγιστη διάσταση	1,6	1,6	2	2
u	Ελάχιστη διάσταση	= 16,5	23	36	61
v		= 0,03	0,03	0,04	0,04

Κώνος Μορς και Κώνος 7:24 (αμερικανικός τύπος).

Στην Ευρώπη οι φρεζομηχανές παλαιότερων τύπων έχουν στο άκρο της κύριας ατράκτου κώνους Μορς, σήμερα όμως σε όλες τις φρεζομηχανές υπάρχει ο κώνος αμερικανικής προελεύσεως του πίνακα 2.2.

Συγκρίνοντας τον κώνο Μορς με τον κώνο 7:24 παρατηρούμε τις εξής σημαντικές

διαφορές:

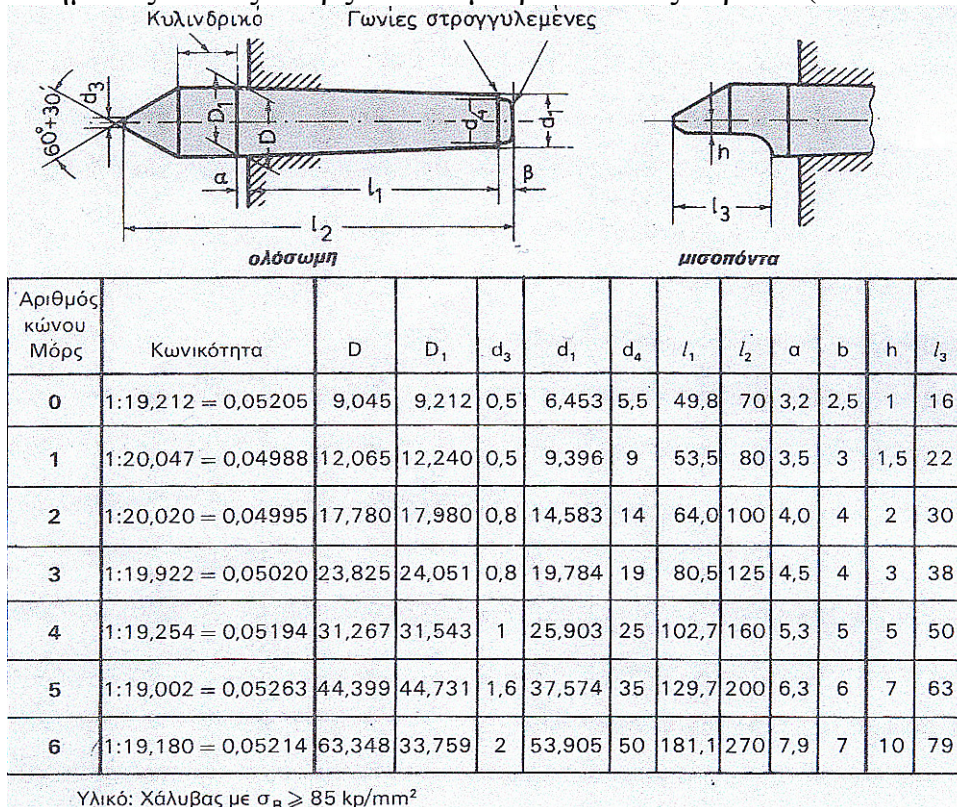
- Ο κώνος Μορς κατασκευάζεται σε 7 τυποποιημένα μεγέθη με τα χαρακτηριστικά νούμερα: No 0, 1 ... 6 (τα επόμενα 7 μεγαλύτερα μεγέθη No 80 ... 200, ελάχιστα έχουν χρησιμοποιηθεί).

- Η γωνία του κώνου Μορς α είναι σχετικά πολύ μικρή και δεν είναι ίδια, αλλά παρουσιάζει μικροδιαφορές και στα επτά μεγέθη με την εξής σειρά:

$\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3 < \alpha_4 < \alpha_6 < \alpha_5$ όπου $\alpha_1 = \alpha_{ελάχ.} = 20\ 51'\ 26''$ και $\alpha_5 = \alpha_{max} = 30\ 0'\ 52''$ (πίνακας 2.3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3

Τυποποιημένος κώνος Μορς και διάμετροι πόντας τόρνου (κατά DIN 806).



Σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές η κωνικότητα Μορς κυμαίνεται περί το 1:20, χωρίς ποθενά να είναι ακριβώς 1:20.

- Προορισμός του κώνου Μορς είναι να εφαρμόσει ο αρσενικός μέσα στον αντίστοιχο θηλυκό κώνο της ατράκτου και όχι μόνο να εξασφαλίσει συγκεντρικότητα αλλά και πλήρη σφήνωση από την τριβή των κωνικών επιφανειών, ικανή, να παραλάβει όλη τη μεταφερόμενη ροπή στρέψεως, φυσικά χωρίς να υπάρχει αρσενική σφήνα.

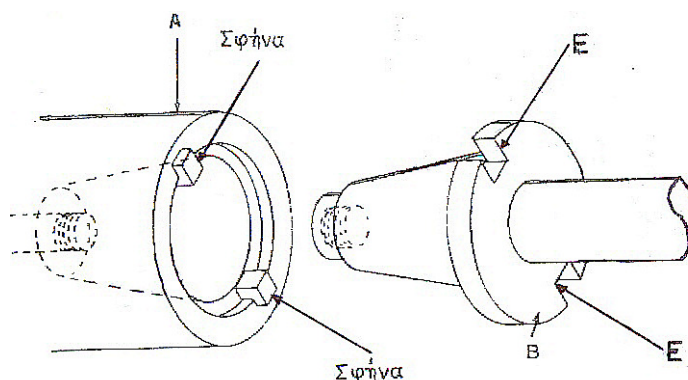
- Ο αμερικανικός κώνος 7:24 (οι Αμερικανοί τον χαρακτηρίζουν 3 1/2:12) είναι στην Ευρώπη τυποποιημένος σε τέσσερα μεγέθη: No 30, 40, 50 και 60.

Η γωνία κώνου α είναι πολύ μεγαλύτερη από τη γωνία Μορς (πολύ πιο απότομος κώνος και σταθερός για όλα τα μεγέθη):

$\alpha = 16^\circ 35' 40''$ ($\alpha/2 = 8^\circ 17' 50''$).

- Προορισμός του κώνου 7:24 είναι μόνο να εξασφαλίσει τη συγκεντρικότητα. Η

ροπή στρέψεως παραλαμβάνεται από την προβλεπόμενη σχετική εγκάρσια μετωπική σφήνα, που έχει σε δύο αυλακώσεις στο άκρο της η κύρια άτρακτος. Στις σφήνες θηλυκώνουν δυο εγκοπές E, που έχει ο εργαλειοφόρος άξονας γι' αυτό τον σκοπό (σχήμα 2.11).



Σχήμα 2.11 Συναρμογή κύριας ατράκτου – εργαλειοφόρου άξονα. (A άκρο κεφαλής κύριας ατράκτου, B εργαλειοφόρος άξονας, E εγκοπή).

Σημειώνουμε εδώ ότι πρέπει, πριν τοποθετηθεί ο άξονας στην φωλιά, να καθαρίζονται καλά τόσο ο άξονας όσο και η φωλιά από γράιζα ή άλλες ακαθαρσίες. Αυτό προφυλάσσει και τα δύο από φθορά και εξασφαλίζει ισχυρή σύνδεση, ιδιαίτερα στους κώνους μικρής κλίσεως.

Υπενθυμίζεται ότι κωνικότητα 7:24 σημαίνει ότι σε μήκος 24 mm, κατά την έννοια του νοητού άξονα, μεταβάλλεται η διάμετρος κατά 7 mm.

Η ντίζα έλξεως της κύριας ατράκτου.

Σε όλες τις φρεζομηχανές μέσα από τη διάτρητη άτρακτο περνάει ένας άξονας (ντίζα) (σχήμα 2.9), που προς το μέρος του κώνου έχει σπείρωμα. Η ντίζα αυτή περνά από το πίσω μέρος της ατράκτου και βιδώνεται πάντοτε στο κολουροκωνικό άκρο του εργαλειοφόρου άξονα, για να τον συγκρατεί και να εξασφαλίζει και τη σταθερότητα αλλά και τη συγκεντρικότητα του εργαλειοφόρου άξονα μέσα στην άτρακτο.

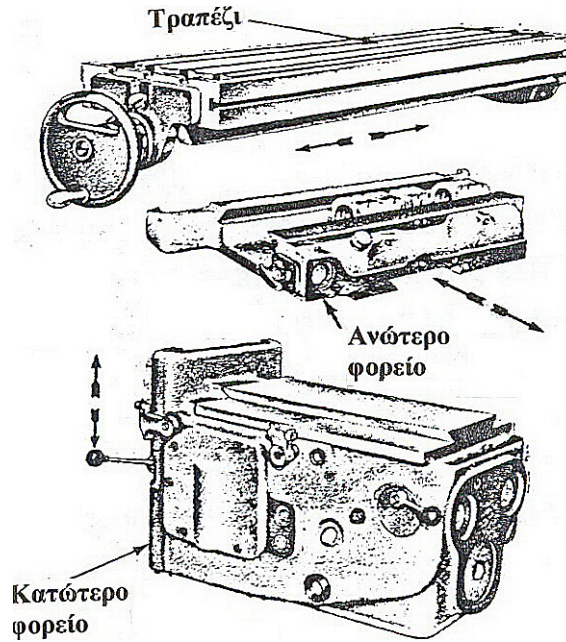
Το συγκρότημα του τραπέζιού. Σε μία κοινή φρεζομηχανή, της οποίας το τραπέζι δεν έχει δυνατότητα περιστροφής, τα κύρια μέρη του συγκροτήματος του τραπέζιού, τα οποία φαίνονται στο σχήμα 2.12, είναι τα εξής:

Το κατώτερο φορείο (κονσόλα ή πρόβολος). Οδηγείται και ολισθαίνει πάνω σε κατακόρυφους (ισχυρούς) ολισθητήρες, οι οποίοι βρίσκονται στο μέτωπο του κορμού της φρεζομηχανής. Χρησιμεύει για τις κατακόρυφες κινήσεις του συγκροτήματος του τραπέζιού. Η μετακίνηση (αργή ή γρήγορη) γίνεται με τη βοήθεια μίας κορώνας - κοχλία.

Το ανώτερο φορείο (φορείο εγκάρσιας κίνησης). Ολισθαίνει μέσα έξω πάνω σε γλισιέρες, που βρίσκονται πάνω στο κατώτερο φορείο, και οδηγεί το συγκρότημα του τραπέζιού να εκτελεί εγκάρσιες κινήσεις κάθετα στο μέτωπο του κορμού.

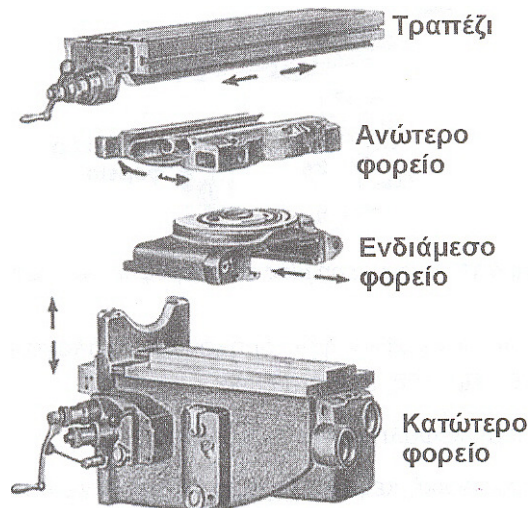
Το τραπέζι. Πάνω σε αυτό συγκρατείται το τεμάχιο που πρόκειται να κατεργασθεί. Έχει δυνατότητα οριζόντιας ολίσθησης πάνω σε γλισιέρες που βρίσκονται πάνω στο

ανώτερο φορείο.



Σχήμα 2.12 Συγκρότημα τραπέζιού οριζόντιας φρεζομηχανής.

Σε μία φρεζομηχανή γενικής χρήσης (γιουνιβέρσαλ universal) το συγκρότημα του τραπέζιού, εκτός από τα παραπάνω μέρη, περιλαμβάνει και ένα ενδιάμεσο φορείο (περιστροφής) μεταξύ του κατώτερου και του ανώτερου φορείου (σχήμα 2.13). Το ενδιάμεσο φορείο δίνει τη δυνατότητα στο τραπέζι να περιστρέφεται γύρω από ένα άξονα παράλληλο προς τον κορμό. Η γωνία περιστροφής είναι $\pm 45^\circ$ και η στροφή σε ορισμένες μοίρες επιτυγχάνεται με ένα δείκτη μοιρών.

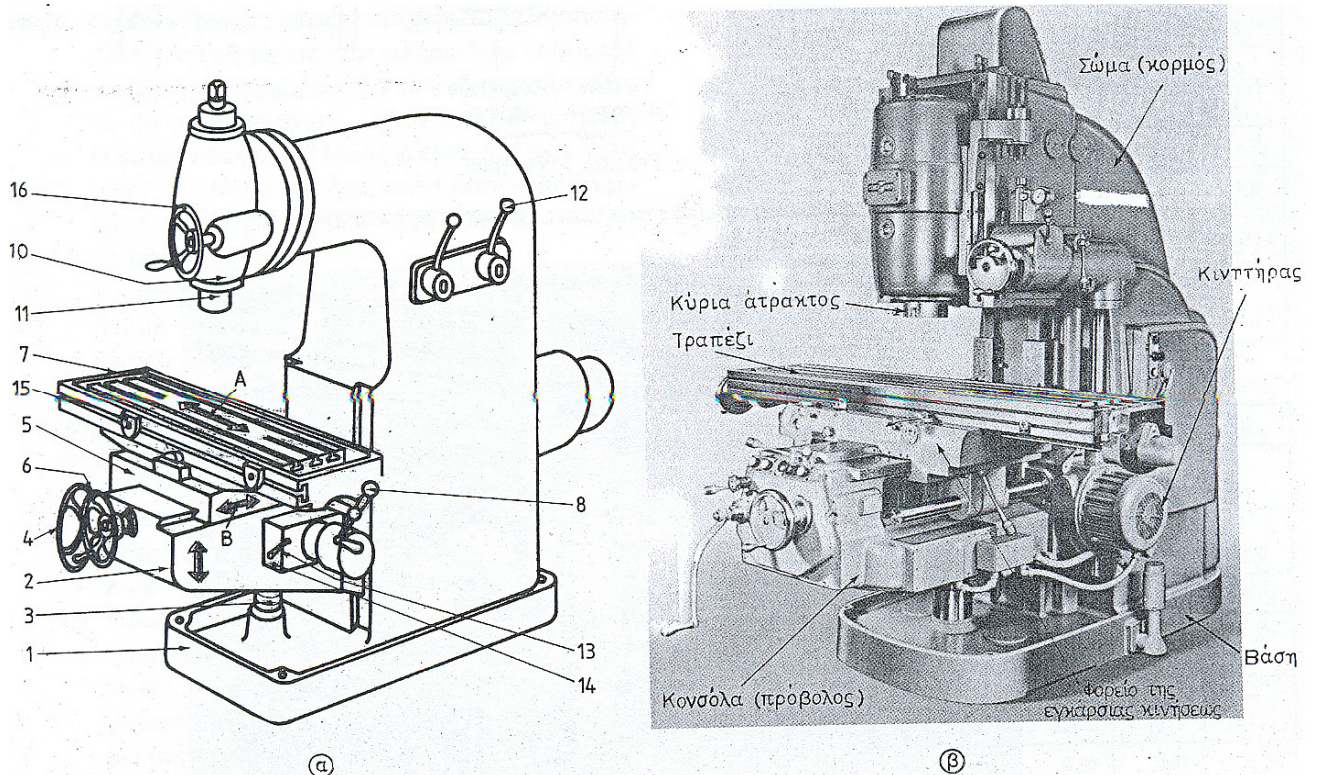


Σχήμα 2.13 Συγκρότημα τραπέζιού οριζόντιας φρεζομηχανής γενικής χρήσης (universal).

Όλες οι κινήσεις των μερών του συγκροτήματος του τραπέζιού (άνω-κάτω, μέσα-έξω, αριστερά-δεξιά) πραγματοποιούνται είτε χειροκίνητα, με τη βοήθεια χειρομοχλών που φέρουν βαθμονομημένα δακτυλίδια, είτε μηχανικά.

Κατακόρυφη φρεζομηχανή [σχήμα 2.14].

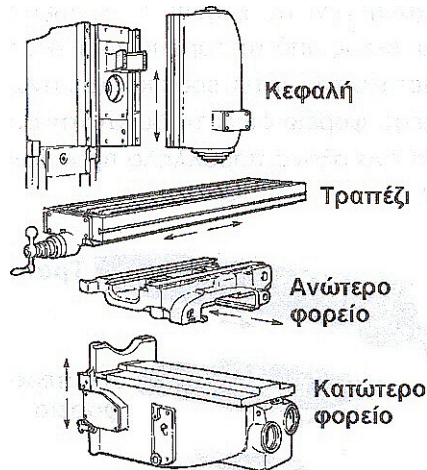
Η κατακόρυφη φρεζομηχανή έχει το χαρακτηριστικό ότι ο κύριος άξονας που μεταφέρει την κίνηση στο εργαλείο, είναι κάθετος. Τα κύρια μέρη μιας κατακόρυφης φρεζομηχανής δε διαφέρουν από τα αντίστοιχα της οριζόντιας φρεζομηχανής, εκτός από τη διαμόρφωση της κεφαλής.



Σχήμα 2.14 Κατακόρυφη φρεζομηχανή. 1) Βάση. 2) Κονσόλα (πρόβολος). 3) Κοχλίας ανυψώσεως τραπεζιού. 4) Χειρομοχλός ανυψώσεως. 5) Φορείο εγκάρσιας κινήσεως. 6) Χειροτροχός εγκάρσιας κινήσεως. 7) Κυρίως τραπεζί. 8) Μοχλός για κατά μήκος κίνηση τραπεζιού. 10) Κιβώτιο κύριας ατράκτου. 11) Κατακόρυφη κύρια άτρακτος. 12) Μοχλός ταχυτήτων. 13) Μοχλός προώσεων. 14) Κιβώτιο μηχανισμού προώσεων. 15) Διακόπτες ορίου για κατά μήκος κίνηση. 16) Χειροτροχός κατακόρυφης κύριας ατράκτου. Τα τρία βέλη A, B, C στο σχήμα (α) δείχνουν τις τρεις κινήσεις που γίνονται σ' αυτή τη φρεζομηχανή.

Η κύρια άτρακτος που φέρει το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται μέσα στην κατακόρυφη κεφαλή και παίρνει κίνηση από τον τελικό άξονα του κιβωτίου ταχυτήτων με ένα ζεύγος κωνικών οδοντωτών τροχών που σχεδόν γενικά, ο τελικός αυτός άξονας του κιβωτίου ταχυτήτων είναι πάντα οριζόντιος.

Στο σχήμα 2.15 παρουσιάζονται χωριστά τα κύρια μέρη από τα οποία συγκροτείται η κατακόρυφη φρεζομηχανή, καθώς και οι δυνατές κατευθύνσεις των κινήσεών τους.



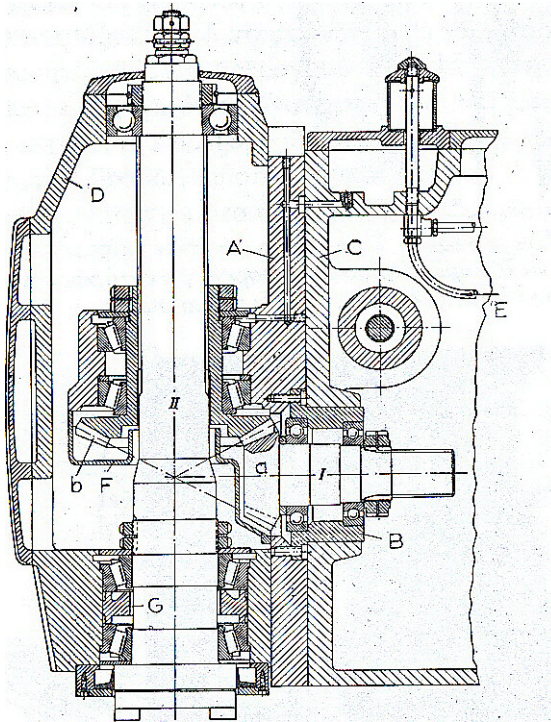
Σχήμα 2.15 Κύρια μέρη μίας κατακόρυφης φρεζομηχανής.

Η κατακόρυφη φρεζομηχανή χρησιμοποιείται κατά προτίμηση για μετωπικό φρεζάρισμα. Διαμορφώνεται κατά το πλείστον σε στιβαρά και μεγάλα μεγέθη και με μεγάλη ισχύ κινήσεως, για τους λόγους αυτούς έχει μεγάλη απόδοση κατά το φρεζάρισμα.

Η κεφαλή ως προς την εν γένει διαμόρφωσή της και τη σύνδεσή της με το υπόλοιπο κύριο σώμα, ανάλογα με τον κατασκευαστή της, παρουσιάζεται με τις παρακάτω παραλλαγές σε ό,τι αφορά τις δυνατότητες κινήσεων:

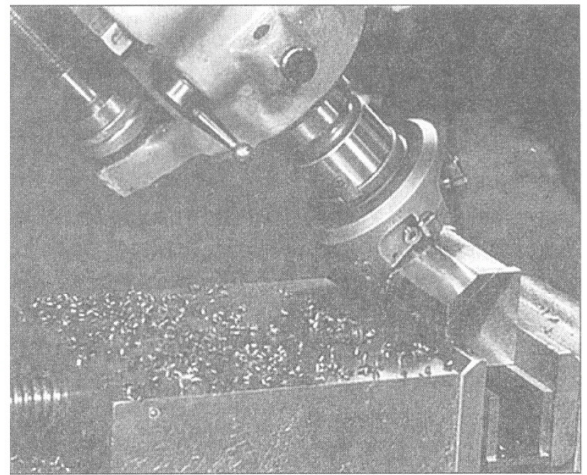
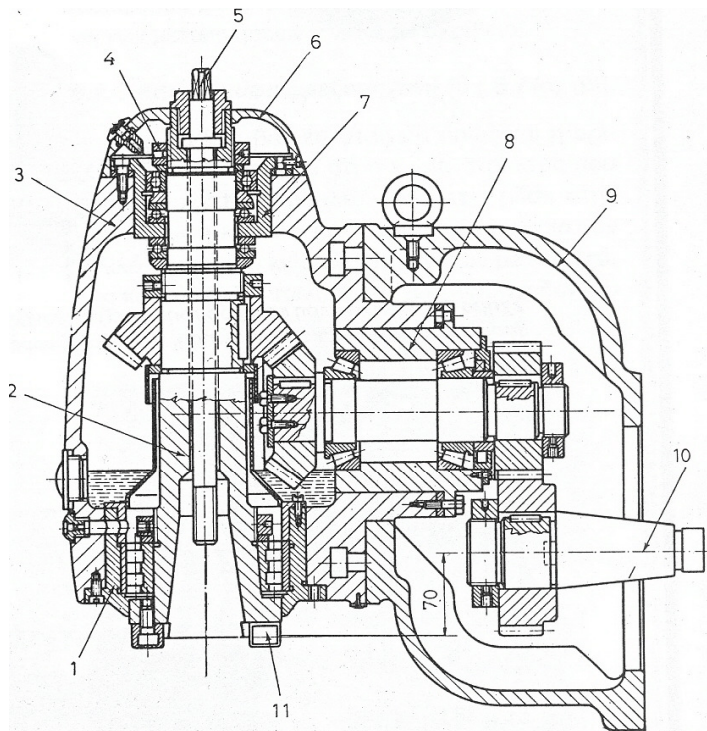
- Η κεφαλή είναι σταθερή επάνω στο σώμα και η κύρια άτρακτος κάνει μόνο την περιστροφική κίνηση. Η άτρακτος ούτε κλίση μπορεί να πάρει ούτε να μετατοπισθεί αξονικά προεκτεινόμενη προς τα κάτω (σχήμα 2.16).
- Η κεφαλή με την κύρια άτρακτο μπορεί να παίρνει τμήμα στροφής περί οριζόντιο άξονα (συνήθως μέχρι 45° δεξιά και 45° αριστερά), χωρίς όμως να μπορεί η άτρακτος να μετατοπίζεται και αξονικά (σχήμα 2.17).
- Η κεφαλή παίρνει κλίσεις όπως και προηγουμένως, αλλά και η κύρια άτρακτος, ανεξάρτητα από τις κλίσεις της κεφαλής μπορεί να μετατοπίζεται αξονικά, δηλαδή να βγαίνει προς τα κάτω με τη βοήθεια κατάλληλου απλού μηχανισμού και να πλησιάζει προς το τραπέζι (σχήμα 2.18). Για το σκοπό αυτό η άτρακτος έχει διαμορφωμένο πολύσφηνο στην περιοχή που παίρνει κίνηση από τον τελικό κωνικό οδοντωτό τροχό.

Η αξονική μετατόπιση της κύριας ατράκτου προς τα κάτω είναι πολύ ευκολότερη και αντικαθιστά τη μετατόπιση ολόκληρου του τραπεζιού με το κομμάτι προς τα πάνω (π.χ. βάθος κοπής).



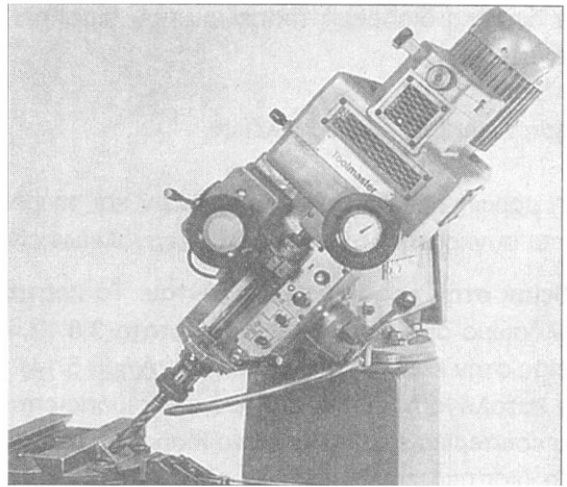
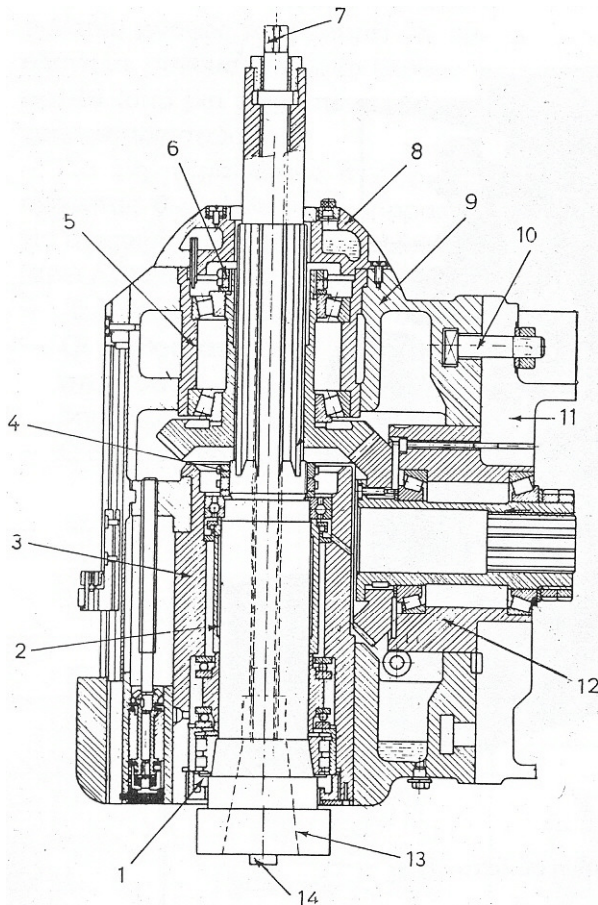
- I Άξονας πηνίου
- II Κύρια άτρακτος
- A Φορέας εδράνων κωνικών τροχών
- B Πουκάμισο ρουλεμάν του πηνίου
- C Σώμα
- D Κεφαλή
- E Λίπανση
- F Κάλυμμα χώρου κωνικών τροχών
- G Δακτύλιος αποστάσεων
- a Πηνίο
- b Μεγάλο κωνικό γρανάζι

Σχήμα 2.16 Κύρια άτρακτος φρεζομηχανής σταθερή.



- 1) Φορέας (πουκάμισο) κάτω εδράνου κύριας ατράκτου.
- 2) Κύρια άτρακτος.
- 3) Σώμα κεφαλής που παίρνει κλίσεις.
- 4) Περικόχλια (τεμ. 2.) άνω εδράνου κύριας ατράκτου.
- 5) Ντίζα κύριας ατράκτου.
- 6) Καπάκι κεφαλής.
- 7) Φορέας (πουκάμισο) άνω εδράνου.
- 8) Φορέας εδράνων τελικού οριζοντίου άξονα.
- 9) Σώμα κεφαλής σταθερό στον κορμό της φρεζομηχανής.
- 10) Κινητήριος άξονας.
- 11) Σφήνα κύριας ατράκτου.

Σχήμα 2.17 Περιστροφική κεφαλή κατακόρυφης φρεζομηχανής.



- | | |
|---|--|
| 1) Τσιμούχα κύριας ατράκτου. | 7) Ντίζα κύριας ατράκτου. |
| 2) Δακτύλιος αποστάσεως μεταξύ κάτω και μεσαίου εδράνου. | 8) Καπάκι. |
| 3) Μετατοπιζόμενος φορέας (πουκάμισο) κάτω και μεσαίου εδράνου. | 9) Σώμα της στρεφόμενης κεφαλής. |
| 4) Περικόχλια (τεμ.2) σταθεροποιήσεως των εδράνων του φορέα Νο3. | 10) Κοχλίας σταθεροποίησης κεφαλής. |
| 5) Φορέας (πουκάμισο) των δύο ρουλεμάν του άνω εδράνου. | 11) Σώμα φρεζομηχανής. |
| 6) Περικόχλια (τεμ. 2) στο άκρο της πλήμνης του άνω κωνικού τροχού. | 12) Φορέας εδράνων τελικού οριζόντιου άξονα. |
| | 13) Κύρια άτρακτος. |
| | 14) Σφήνα κύριας ατράκτου. |

Σχήμα 2.18 Περιστροφική κεφαλή κατακόρυφης φρεζομηχανής με δυνατότητα μετατόπισης ομοαξονικά της κύριας ατράκτου.

Σχετικά με τις πολλές δυνατότητες κινήσεων της κεφαλής της φρεζομηχανής, που έχουν περιγραφεί προηγουμένως, δεν πρέπει να ξεχνούμε ότι στις εργαλειομηχανές όσο περισσότερες κινήσεις μπορεί να κάνει ένα βασικό στοιχείο τους, τόσο ελαττώνεται η στιβαρότητα και αυξάνουν οι ανάγκες μέτρων για την αποφυγή τζόγων και σφαλμάτων κατεργασίας, που, για να αποφευχθούν ή να ελαττωθούν, επιβαρύνουν σίγουρα το κόστος της μηχανής.

Διαστάσεις των φρεζομηχανών

Η συνηθισμένη ισχύς του ηλεκτροκινητήρα στις φρεζομηχανές είναι από 0.75 έως 37KW (1 έως 50HP).

Ανάλογα με τις διαστάσεις του τεμαχίου, που μπορεί να κατεργαστεί, οι

φρεζομηχανές αριθμούνται από 1 έως 6 και κάθε αριθμός αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη διαμήκη διαδρομή του τραπεζιού (πίνακας 2.4).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4
Διαμήκης διαδρομή τραπεζιού.

Μέγεθος	Διαμήκης διαδρομή τραπεζιού	
	mm	In
1	559	22
2	711	28
3	813	32
4	1015	40
5	1270	50
6	1525	60

Μια τυπική φρεζομηχανή αριθμού 3 έχει διαμήκη διαδρομή τραπεζιού 813 mm, εγκάρσια διαδρομή 305 mm και κατακόρυφη διαδρομή 508 mm, ενώ μία φρεζομηχανή αριθμού 6 έχει διαμήκη διαδρομή τραπεζιού 1515 mm, εγκάρσια διαδρομή 457 mm και κατακόρυφη διαδρομή 508 mm.

Τα μεγέθη του παραπάνω πίνακα δεν είναι δεσμευτικά, πολλές φρεζομηχανές έχουν διαμήκη διαδρομή τραπεζιού που διαφέρει από την αντίστοιχη του πίνακα.

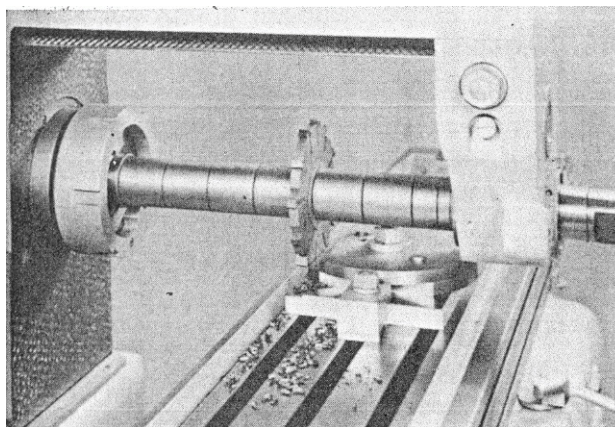
Συγκράτηση των κοπτικών εργαλείων.

Για να γίνει καλή εκμετάλλευση της φρεζομηχανής καθώς και του κοπτικού εργαλείου, πρέπει να υπάρχει μια πολύ σταθερή συγκράτηση τόσο του άξονα πάνω στην κύρια άτρακτο, όσο και του κοπτήρα πάνω στον άξονα. Στο θέμα αυτό έχει σημασία το μέγεθος και η διαμόρφωση του άξονα καθώς και ο τρόπος συγκρατήσεως του εργαλειοφόρου άξονα στην άτρακτο και των κοπτήρων στον εργαλειοφόρο άξονα.

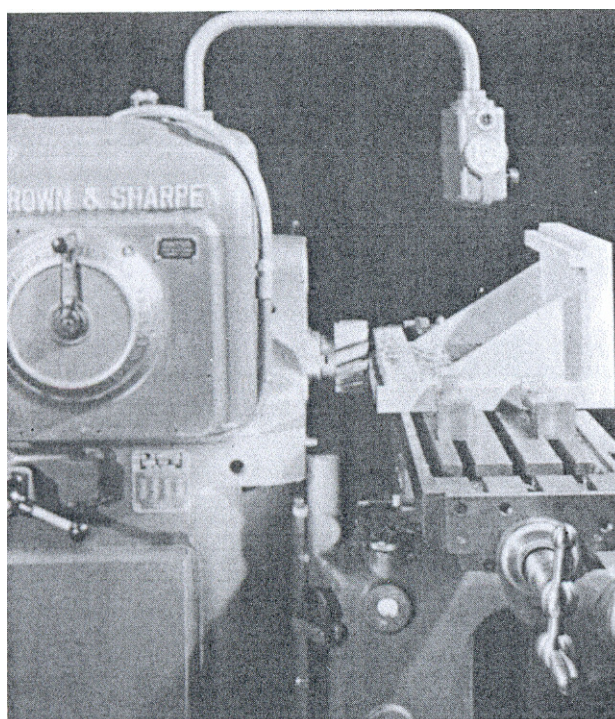
Εργαλειοφόροι άξονες.

Τα κοπτικά εργαλεία συναρμολογούνται και συγκρατούνται πάνω στους εργαλειοφόρους άξονες, οι οποίοι είναι δύο ειδών:

- οι μεγάλοι (σχήμα 2.19) και
- οι μικροί (κοντοί) (σχήμα 2.20).



Σχήμα 2.19 Εργαλειοφόρος άξονας μεγάλου μήκους σε λειτουργία.

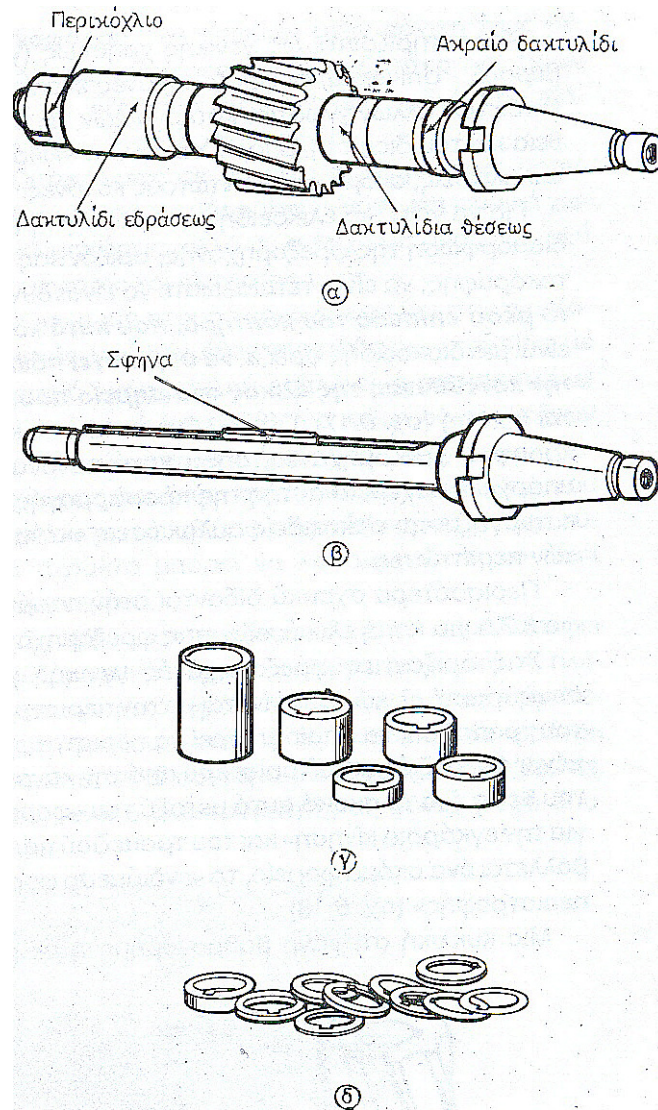


Σχήμα 2.20 Εργαλειοφόρος άξονας μικρού μήκους (πρόβολος) με κυλινδρική – μετωπική φρέζα στο άκρο του.

α) Εργαλειοφόροι άξονες μεγάλου μήκους.

Έχουν δύο τουλάχιστον σημεία στηρίξεως (θέσεις εδράσεως). Ένας πλήρης εργαλειοφόρος άξονας μεγάλου μήκους αποτελείται από τα εξής μέρη [σχήμα 2.21 (α), (β), (γ), (δ)]:

- 1) Τον κυρίως άξονα.
- 2) Τα δακτυλίδια θέσεως.
- 3) Τα δακτυλίδια εδράσεως.
- 4) Το ακραίο δακτυλίδι.
- 5) Το περικόχλιο.
- 6) Τη σφήνα.



Σχήμα 2.21 Μεγάλος εργαλειοφόρος άξονας και τα εξαρτήματά του. α) Συναρμολογημένο σύνολο. β) Κυρίως άξονας. γ) Δακτυλίδι εδράσεως (κουζινέτου). δ) Δακτυλίδια θέσεως.

1) Ο κυρίως άξονας [σχήμα 2.21 (β)].

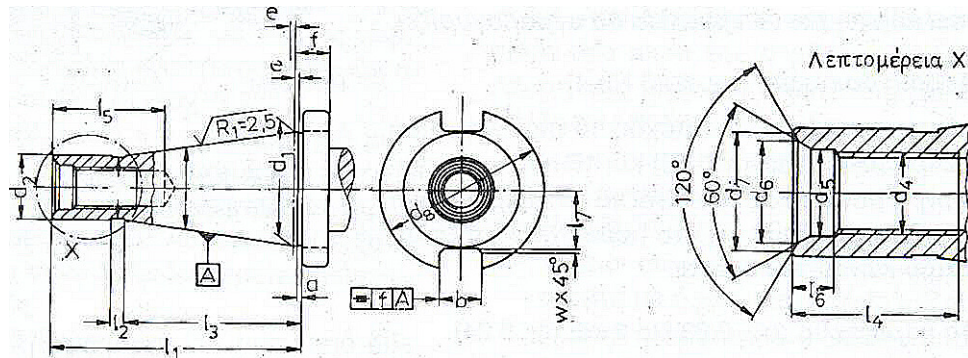
Στο ένα άκρο του διαμορφώνεται σε κώνο που εφαρμόζει στον αντίστοιχο κοίλο κώνο της κύριας ατράκτου για τη συγκράτησή του. Ενδιάμεσα είναι κυλινδρικός με σφηναύλακα, για να σφηνώνονται τα εξαρτήματα που θα συναρμολογηθούν επάνω του. Στο άλλο άκρο του έχει σπείρωμα για το περικόχλιο, με το οποίο σφίγγονται και σταθεροποιούνται τα εξαρτήματα που συναρμολογούνται στο ενδιάμεσο κυλινδρικό τμήμα.

Όπως αναφέραμε και για την κύρια άτρακτο, το κωνικό άκρο έχει κώνο 7:24 (σχήμα 2.22), ενώ οι άξονες παλαιότερων φρεζομηχανών έχουν ακόμη κώνο Μορς.

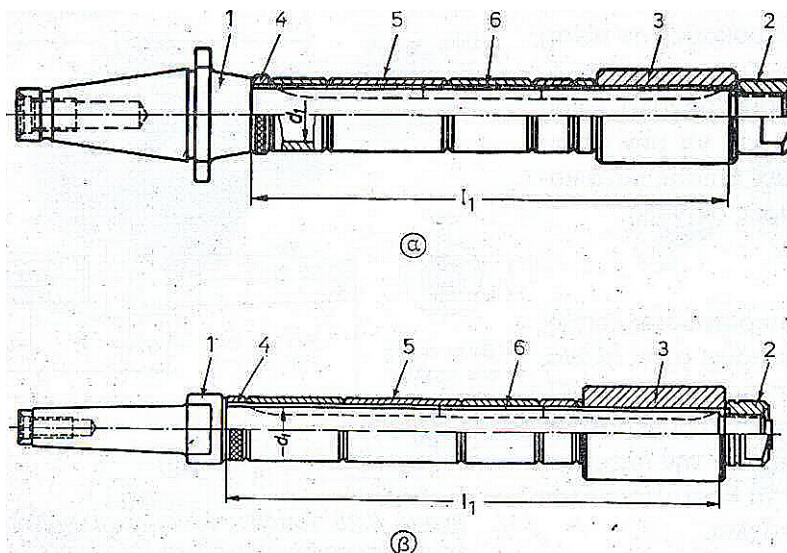
Το κωνικό άκρο είναι διεθνώς τυποποιημένο και χαρακτηρίζεται ως προς το μέγεθός του με τα νούμερα 30, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 και 80 [(τη μεγαλύτερη χρήση έχουν οι κώνοι Νο 30, 40, 50 και 60) (βλέπε πίνακα 2.2)].

Το σχήμα 2.23 παρουσιάζει τους τυποποιημένους πλήρεις άξονες με άκρο κωνικό (α) 7:24 και (β) με άκρο κώνου Μορς.

Οι εργαλειοφόροι άξονες μεγάλου μήκους, στο τμήμα που δέχονται τους κοπτήρες και τα δακτυλίδια, έχουν τυποποιημένη διάμετρο από $\varnothing 13$ έως $\varnothing 60$ με πιο συχνή χρήση σε $\varnothing 22 - 27 - 32 - 40 - 50$.



Σχήμα 2.22 Τυποποιημένο κωνικό άκρο εργαλειοφόρου άξονα (κώνος 7:24) κατά ISO R297/63 και DIN 2080/75.



- 1) Κωνικό τμήμα για την ελάττωση διαμέτρου (κατά DIN 6355).
- 2) Περικόχλιο.
- 3) Δακτυλίδι εδράσεως (κουζινέτου).
- 4) Ακραίο δακτυλίδι.
- 5) Ενδιάμεσα δακτυλίδια.
- 6) Ενδιάμεσα δακτυλίδια.

Σχήμα 2.23 Τυποποιημένοι εργαλειοφόροι άξονες μεγάλου μήκους. α) Άξονας με κώνο 7:24 (DIN 6354). β) Άξονας με κώνο Μορς (DIN 2081).

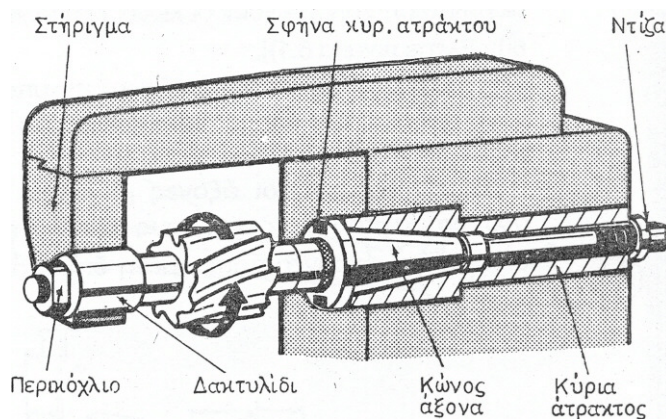
2) Δακτυλίδια θέσεως.

Έχουν ως σκοπό να συγκρατήσουν τον κοπτήρα σε μια ορισμένη θέση κατά μήκος του άξονα [σχήμα 2.21 (α) και (γ)]. Κατασκευάζονται σε μεγάλα πάχη από 6 έως 100 mm, αλλά και σε μικρά (από έλασμα) με πάχη 0,05 - 0,1 - 0,3 - 0,6 - 1 - 2 - 3 mm. Σκοπός: να τοποθετείται ο κοπτήρας σε απόλυτα σωστή θέση κατά μήκος του άξονα ή όταν είναι δύο ή περισσότεροι κοπτήρες, να έχουν μεταξύ τους την απόλυτα σωστή καθορισμένη απόσταση.

3) Δακτυλίδια εδράσεως (σχήμα 2.23 Νο 3 και σχήμα 2.24).

Είναι χαλύβδινα με επιφανειακή βαφή. Μπορούν να σφηνώνονται και να περιστρέφονται με τον άξονα μέσα στο κουζινέτο στηρίξεως του άξονα. Σε μεγάλα μήκη αξόνων και βαριές περιπτώσεις εργασίας, ο άξονας έχει δύο στηρίξεις και συνεπώς δύο δακτυλίδια εδράσεως [σχήμα 2.6 (β)].

Τόσο τα δακτυλίδια θέσεως όσο και τα δακτυλίδια εδράσεως είναι τυποποιημένα. Οι δύο επίπεδες πλευρές σε όλα τα δακτυλίδια θέσεως και εδράσεως πρέπει να είναι απόλυτα παράλληλες. Αν δεν συμβαίνει αυτό, τότε με το γερό σφίξιμο που γίνεται από το περικόχλιο ο άξονας θα παρουσιάσει κάμψη και το εργαλείο θα στραβογυρίζει.



Σχήμα 2.24 Συναρμολογημένο σύνολο εργαλειοφόρου άξονα μεγάλου μήκους.

4) Ακραίο δακτυλίδι (σχήμα 2.23 Νο 4).

Έχει σχετικά μεγάλο πάχος 10 mm για μικρή διάμετρο άξονα (μέχρι Φ 50) και 16 mm για μεγαλύτερη. Προορισμός του είναι να μεταβιβάζεται η δύναμη συσφίξεως από το περικόχλιο στη φλάντζα του κώνου του άξονα.

5) Το περικόχλιο (σχήμα 2.23 Νο 2 και σχήμα 2.24).

Βρίσκεται στο ελεύθερο άκρο του άξονα. Με αυτό σφίγγονται γερά από τα πλάγια και σταθεροποιούνται όλα όσα βρίσκονται περασμένα πάνω στον άξονα, δηλαδή τα δακτυλίδια εδράσεως, τα δακτυλίδια θέσεως, ο κοπτήρας και το ακραίο δακτυλίδι. Τα περικόχλια αυτά είναι τυποποιημένα και από την πλευρά που εξασκούν την πίεση έχουν ενσωματωμένη ροδέλα. Σχετικά με την ονομαστική τους διάμετρο έχουν μεγάλο ύψος (πολλά ενεργά σπειρώματα), για να μην «κλωτσήσουν» ποτέ σε γερό σφίξιμο. Επίσης κατά κανόνα είναι δίπλευρα (δύο πλευρές αντί έξι).

6) Η σφήνα [σχήμα 2.21 (β)].

Χρησιμοποιείται σε βαριές περιπτώσεις κοπής, για να σφηνώσει τον κοπτήρα πάνω στον άξονα. Σε άλλες περιπτώσεις, καθώς και σε πριονοδίσκους δε χρησιμοποιείται η σφήνα. Η συγκράτηση πάνω στον άξονα γίνεται μόνο από την πλευρική πίεση και τριβή που εξασκούν τα δακτυλίδια όταν σφικθούν από το ακραίο περικόχλιο.

β) Εργαλειοφόροι άξονες μικρού μήκους [σχήμα 2.25 (α), (β)].

Στηρίζονται μόνο στο κολουροκωνικό άκρο της κύριας ατράκτου και εργάζονται ως πρόβολοι. Χρησιμοποιούνται για τις περιπτώσεις, όπου πρόκειται να γίνει μόνο μετωπικό και κυλινδρικό φρεζάρισμα με ανάλογες φρέζες και κονδύλια.

Ενώ οι εργαλειοφόροι άξονες μεγάλου μήκους στο ένα τους άκρο στηρίζονται στην κύρια άτρακτο και στο άλλο σε ένα ή δύο στηρίγματα (κουζινέτα), οι εργαλειοφόροι μικρού μήκους συγκρατούνται μόνο στο ένα τους άκρο, μέσα στον κώνο της κύριας ατράκτου και δουλεύουν ως πρόβολοι.

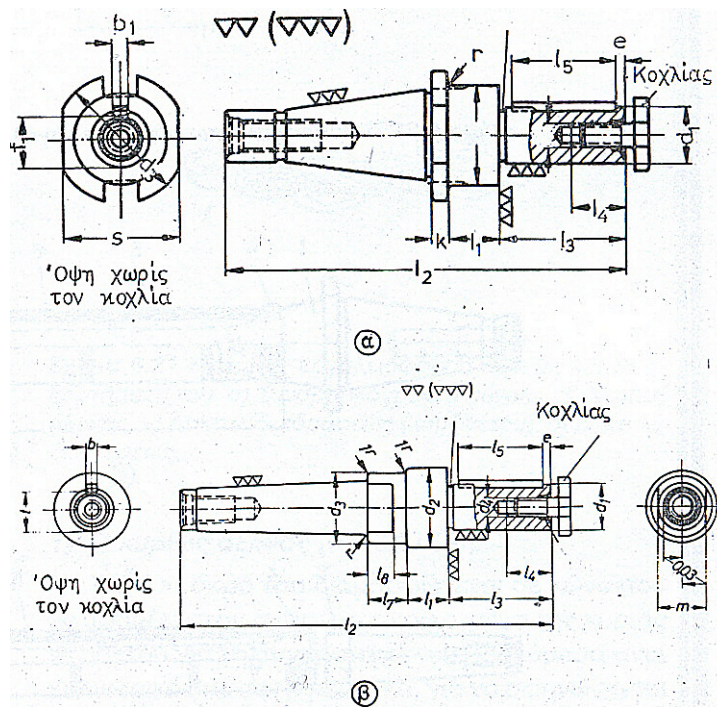
Παραλλαγές των παραπάνω μικρών αξόνων - φορέων φαίνονται στο σχήμα 2.26 (α), (β), (γ). Δέχονται και συγκρατούν τον κοπτήρα απευθείας επάνω στο κυλινδρικό άκρο. Ένας κοχλίας με ροδέλα εξασφαλίζει τη σταθεροποίηση του κοπτήρα.

Εκτός από τους παραπάνω, σε πολλές περιπτώσεις ο κοπτήρας είναι ενσωματωμένος και αποτελεί συνέχεια του κώνου (σχήμα 2.27).

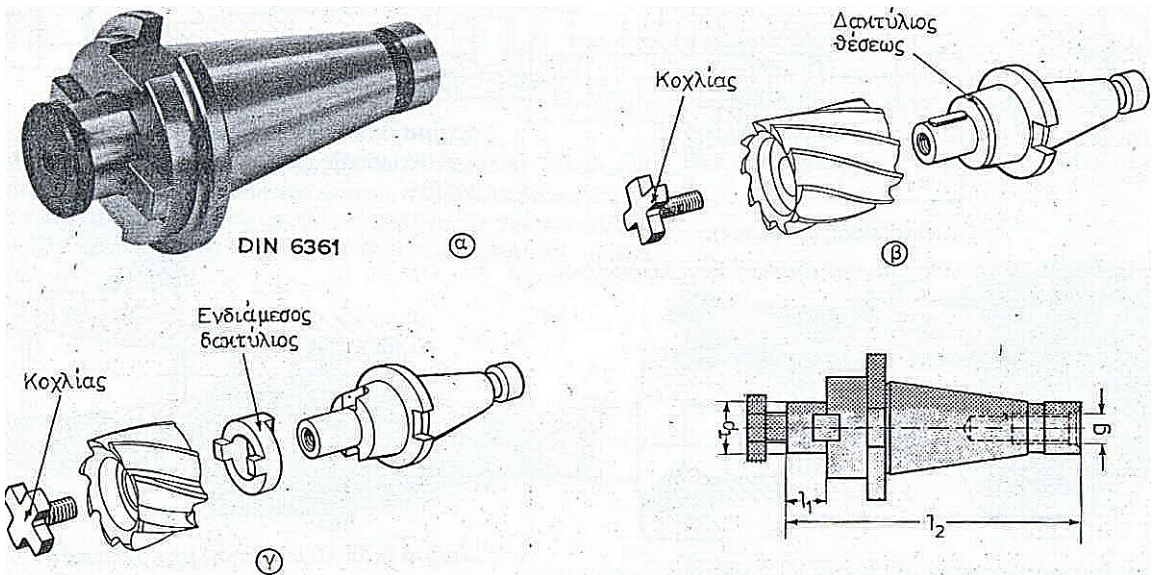
Η καλή εκμετάλλευση και εξυπηρέτηση μιας φρεζομηχανής απαιτεί να υπάρχουν μια ποικιλία μεγάλων αξόνων σε μήκος και διάμετρο και μικρών αξόνων σε διάφορες μορφές. Αυτό βέβαια αυξάνει το κόστος και τα γενικά έξοδα εκμεταλλεύσεως της φρεζομηχανής.

Το σχήμα 2.28 δείχνει μια συλλογή από δύο εργαλειοφόρους μεγάλου μήκους και οκτώ μικρού μήκους για την εξυπηρέτησή της.

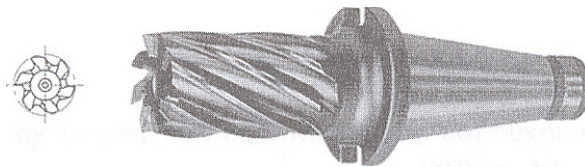
Όπως είναι ευνόητο, οι κατακόρυφες φρεζομηχανές έχουν μόνο εργαλειοφόρους άξονες μικρού μήκους (προβόλους).



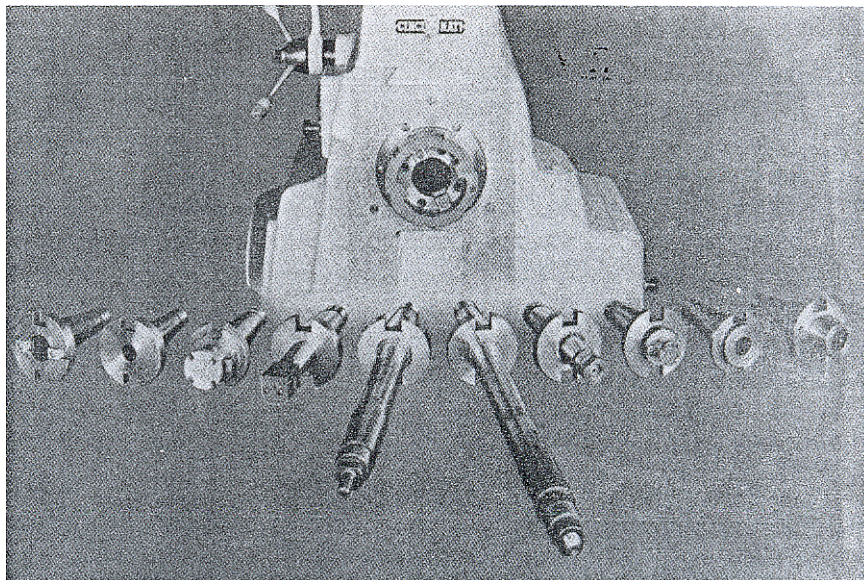
Σχήμα 2.25 Τυποποιημένοι εργαλειοφόροι άξονες μικρού μήκους (πρόβολοι). α) Με κώνο 7:24 (DIN 6360). β) Με κώνο Μορς (DIN 2087).



Σχήμα 2.26 Μικροί άξονες – πρόβολοι για κοπτήρες για μετωπικό και κυλινδρικό φρεζάρισμα.



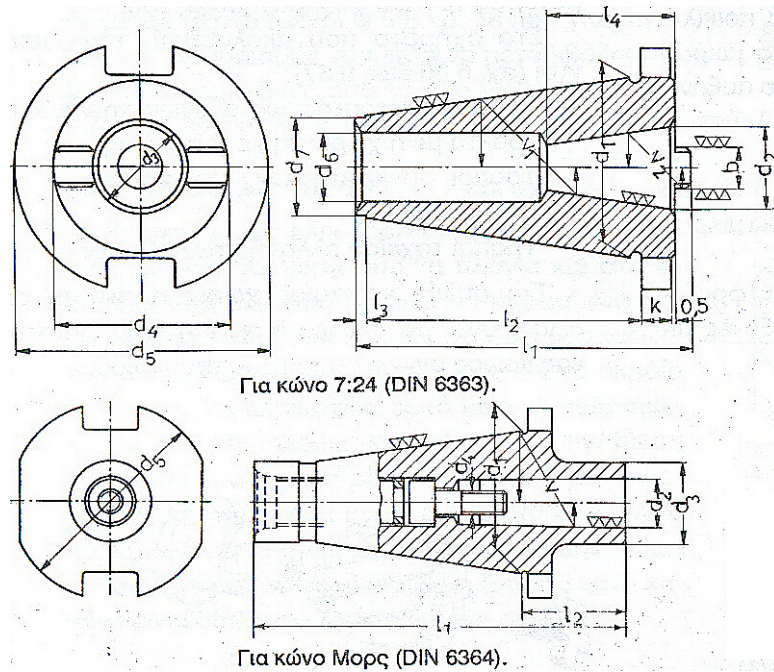
Σχήμα 2.27 Κοπτήρας ολόσωμος με κώνο 7:24.



Σχήμα 2.28 Μεγάλοι και μικροί εργαλειοφόροι άξονες φρεζομηχανής.

Συστολές.

Συχνά παρουσιάζεται ανάγκη μέσα στον κοίλο κώνο της κύριας ατράκτου, που είναι μεγάλου μεγέθους, να στερεώσουμε ένα εργαλειοφόρο άξονα, είτε με όμοιο κώνο (7:24) αλλά μικρότερο, είτε με κώνο Μορς. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται συστολές που παρουσιάζονται στο σχήμα 2.29.



Σχήμα 2.29 Συστολές συγκρατήσεως εργαλειοφόρων αξόνων και εργαλείων.

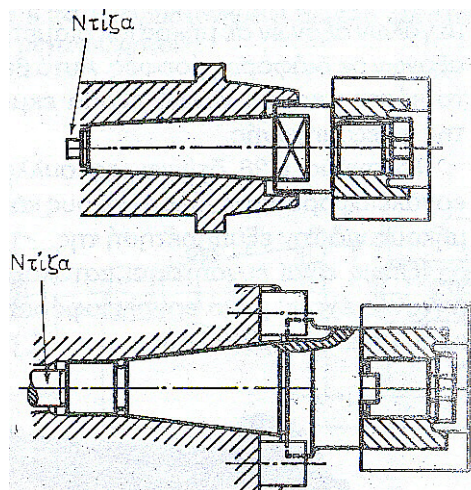
Συγκράτηση των μικρών εργαλειοφόρων αξόνων και των κοπτήρων τους.

Η πράξη έδειξε ότι μια φρεζομηχανή έχει ανάγκη από μεγάλη ποικιλία κοπτήρων και καταλλήλων εργαλειοφόρων αξόνων μικρού μήκους (σχήμα 2.28), που εργάζονται ως πρόβολοι με στήριξη μόνο στο άκρο της ατράκτου. Η καλή εκμετάλλευση της μηχανής απαιτεί την εκλογή του κατάλληλου φορέα του κοπτήρα και του προσφορότερου τρόπου συγκρατήσεώς του.

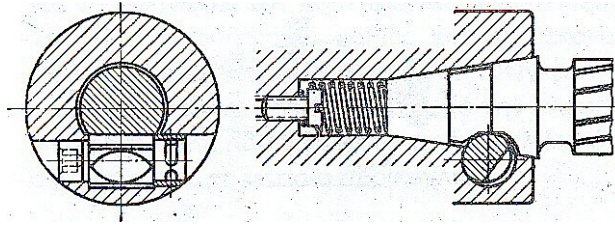
Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται (σχήμα 2.30 έως 2.37):

- Τρόποι συγκρατήσεως αξόνων /στην κύρια άτρακτο με ή χωρίς τη χρήση ντίζας.
- Τρόποι συγκρατήσεως των κοπτήρων πάνω στους άξονες.
- Τρόποι ταχείας αλλαγής των αξόνων.

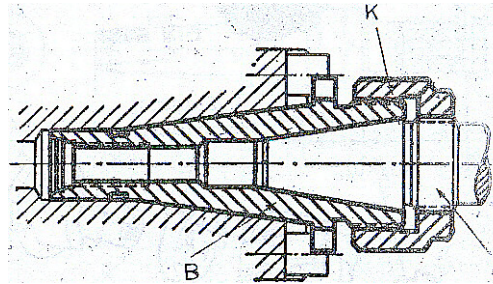
Για απλές εργασίες χωρίς απαίτηση ακρίβειας, αντί για άξονες συχνά χρησιμοποιείται ένας κοινός σφιγκτήρας τσοκ τρυπανιού.



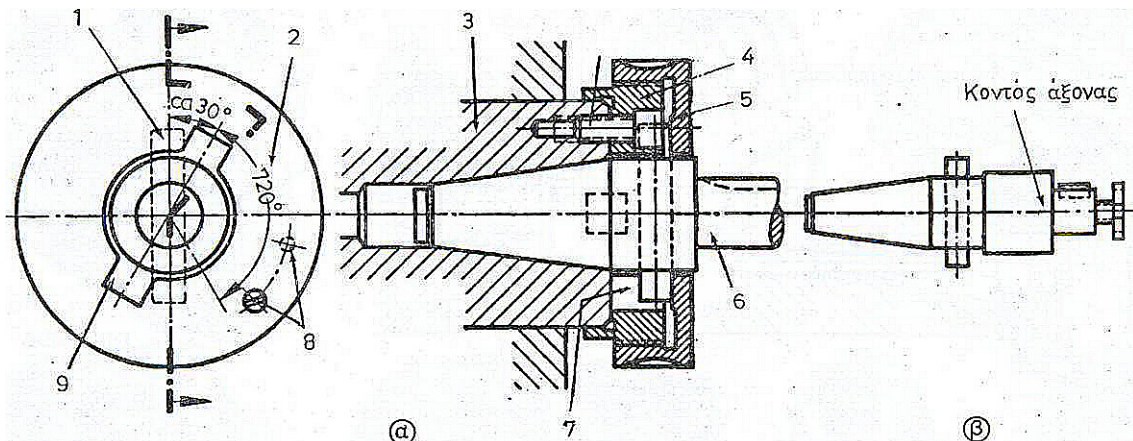
Σχήμα 2.30 Τυπική περίπτωση στερέωσης κυλινδρικής και μετωπικής φρέζας σε μικρό άξονα. Απαιτείται χρήση ντίζας.



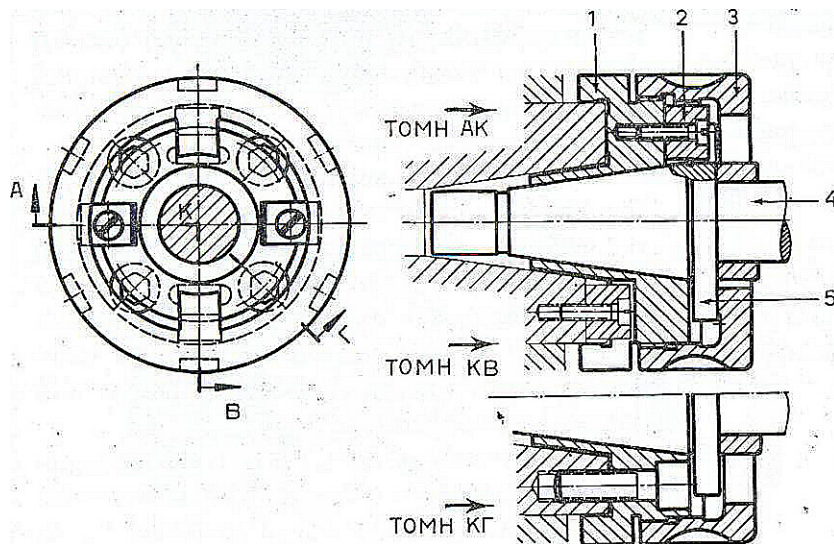
Σχήμα 2.31 Συγκράτηση με αξονική ώθηση που δίδεται από το έκκεντρο. Πιέζει μονόπλευρα και για να μη γίνει έκκεντρος συγκράτηση, απαιτεί ακρίβεια κατασκευής. Δε χρειάζεται ντίζα.



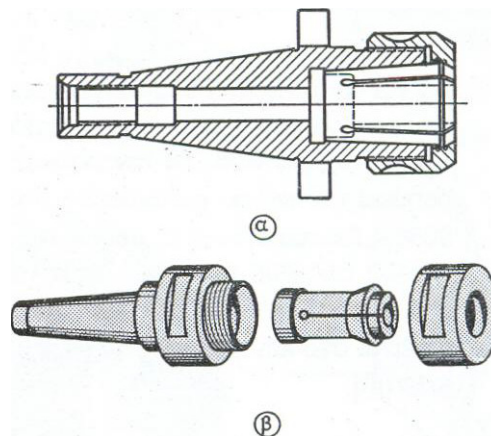
Σχήμα 2.32 Συγκράτηση με κοχλιωτό «κολάρο». Τα δύο σπειρώματα κοχλιώσεως του K στον άξονα A και στον κώνο B έχουν διαφορετικό βήμα, με συνέπεια, κατά την κοχλίωση, ο άξονας να κινείται και να πιέζεται ισχυρά μέσα στον κοίλο κώνο B.



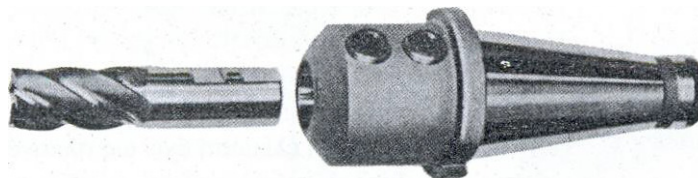
Σχήμα 2.33 Σύστημα ταχείας αλλαγής για μακρύ και κοντό άξονα. α) Άξονας μεγάλου μήκους. β) Άξονας μικρού μήκους. Το περικόχλιο Νο 5 με την κοχλίωση πιέζει την εγκάρσια σφήνα που σπρώχνει και εφαρμόζει τον άξονα μέσα στην άτρακτο. Δεν χρειάζεται ντίζα. Σύστημα κατάλληλο για μακρύ και κοντό άξονα. 1) Εγκάρσια σφήνα που διαπερνά το άκρο του άξονα. 2) Γωνία ενεργείας. 3) Κύρια άτρακτος. 4) Ενδιάμεσο κομμάτι. 5) Περικόχλιο. 6) Εργαλειοφόρος άξονας. 7) Εγκοπή στο τεμάχιο Νο 4. 8) Όριο κινήσεως. 9) Εγκοπή στο περικόχλιο Νο 5.



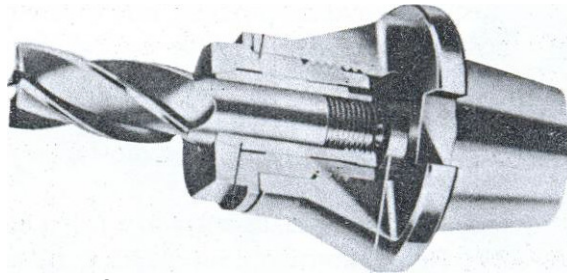
Σχήμα 2.34 Σύστημα ταχείας αλλαγής άξονα (κατασκευή Cincinatti). 1) Ενδιάμεσο κομμάτι για συστολή του κώνου. Φέρει 2 αυλάκια για τις 2 σφήνες Νο 2. 2) Σφήνες προσαρμογής στη φλάντζα του κώνου του άξονα Νο 4. 3) Περικόχλιο. 4) Άξονας. 5) Φλάντζα κώνου του άξονα. Δεν απαιτείται χρήση ντίζας.



Σχήμα 2.35 Εργαλειοφόρος άξονας διαμορφωμένος για να συγκρατεί κονδύλια με τσιμπίδια. Κατάλληλος για όλα τα κονδύλια και τρυπάνια με κυλινδρική ουρά. Ευκολία στη χρήση και ακρίβεια στο κεντράρισμα.



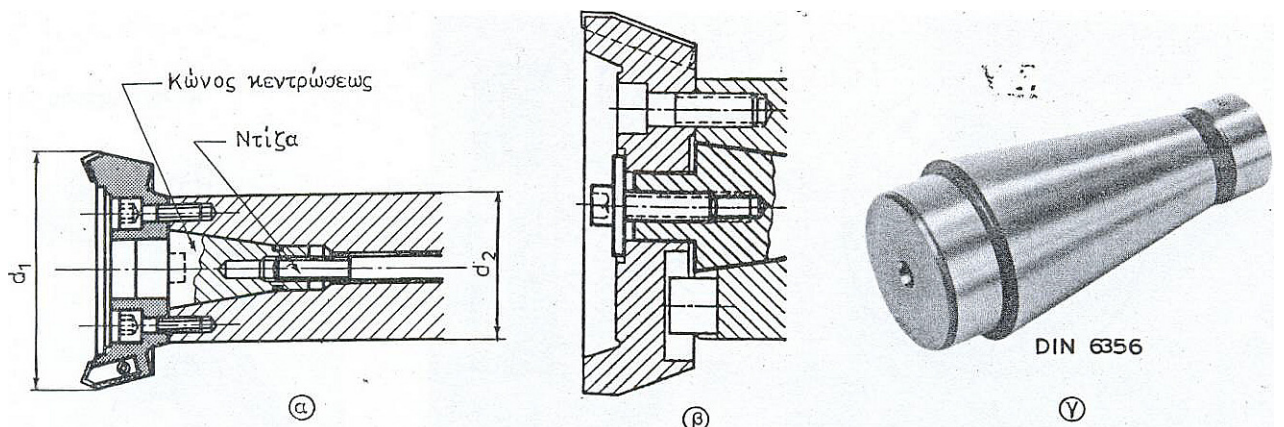
Σχήμα 2.36 Συγκράτηση κονδυλίων Weldon. Έχει απλότητα. Κατασκευάζεται με μεγάλη ακρίβεια και πολύ μικρές ανοχές στην οπή και στο κονδύλι, γι' αυτό συγκρατεί πολύ γερά και συγκεντρικά.



Σχήμα 2.37 Σφιγκτήρας ακριβείας Clarkson. Συγκρατεί και κεντράρει το κονδύλι με μεγάλη ακρίβεια και πολύ γερά. Χρειάζονται όμως κονδύλια Clarkson, δηλαδή με κυλινδρική ουρά και σπείρωμα στο άκρο τους.

Εργαλειοφόροι άξονες για μαχαιροφόρες κεφαλές.

Από τους διάφορους τρόπους που έχουν επινοηθεί για να συγκρατούνται οι μαχαιροφόρες κεφαλές των φρεζομηχανών επικράτησε ο τρόπος που φαίνεται στο σχήμα 2.38. Το κεντράρισμα γίνεται με τη βοήθεια του κώνου κεντρώσεως [σχήμα 2.38 (γ) DIN6356]. Σε περιπτώσεις μεγάλων μαχαιροφόρων (Φ 400 έως 600 mm), για ασφάλεια και ευκολία στο μοντάρισμα πάνω στην άτρακτο, χρησιμοποιείται στο κέντρο ένας κοχλίας με ροδέλα [σχήμα 2.38 (β)].

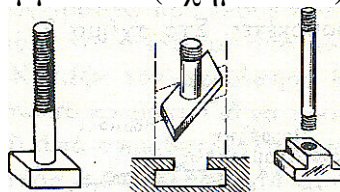


Σχήμα 2.38 Συγκράτηση μαχαιροφόρας κεφαλής στην κύρια άτρακτο φρεζομηχανής με κώνο κεντρώσεως.

Συγκράτηση των τεμαχίων.

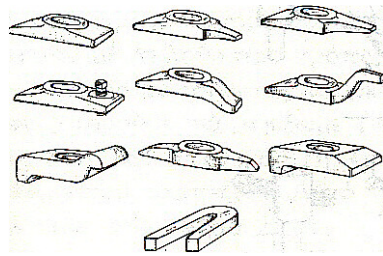
Η συγκράτηση των τεμαχίων για κατεργασία στη φρεζομηχανή γίνεται είτε απευθείας επάνω στο τραπέζι, με τη βοήθεια διαφόρων φουρκετών, είτε επάνω σε ειδικές συσκευές συγκρατήσεως οι οποίες συγκρατούνται επάνω στο τραπέζι.

Το τραπέζι της φραιζομηχανής κατά μήκος του έχει αυλάκια σχήματος "T". Μέσα σ' αυτά περνάνε, οι κεφαλές που έχουν οι βίδες, που σφίγγουν τα κομμάτια, ή τις συσκευές συγκρατήσεως των κομματιών (σχήμα 2.39).



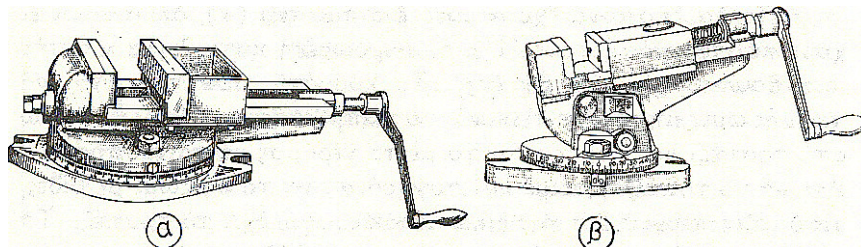
Σχήμα 2.39 Βίδες συγκρατήσεως κομματιών στη φρεζομηχανή.

Όταν τα κομμάτια συγκρατούνται απ' ευθείας στο τραπέζι, χρησιμοποιούμε διάφορα είδη από φουρκέτες (σχήμα 2.40).

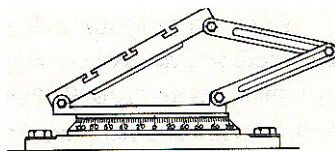


Σχήμα 2.40 Φουρκέτες συγκρατήσεως κομματιών.

Στο τραπέζι της φραιζομηχανής τοποθετείται επίσης ή μέγγενη. Εκτός από τις συνηθισμένες μέγγκενες [σχήμα 2.41(α)] χρησιμοποιείται και ή μέγγκενη Universal [σχήμα 2.41(β) καθώς και η ρυθμιζόμενη πλάκα Universal (σχήμα 2.42). Χρησιμοποιούμε ακόμη πολύ συχνά και τις γωνίες.

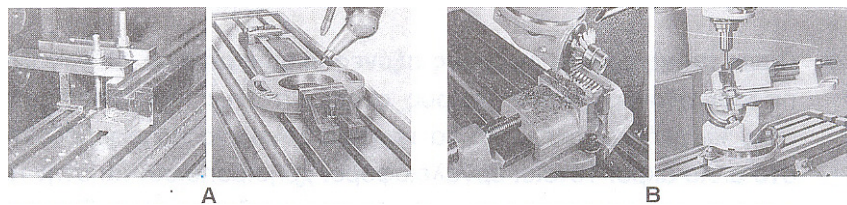


Σχήμα 2.41 Μέγγκενες: (α) Με μοιρογνωμόνιο, (β) Γιουνιβέρσαλ (Universal).



Σχήμα 2.42 Ρυθμιζόμενη πλάκα Universal.

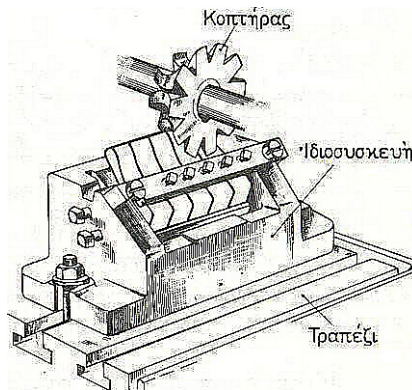
Στο σχήμα 2.43Α παρουσιάζονται δύο τυπικοί τρόποι συγκράτησης κομματιών κατευθείαν πάνω στο τραπέζι της φρεζομηχανής με τη βοήθεια φουρκετών, και στο σχήμα 2.43Β η συγκράτηση γίνεται πάνω σε μέγγκενη.



Σχήμα 2.43 Συγκράτηση τεμαχίων για κατεργασία σε φρεζομηχανή.

Σε περιπτώσεις επαναληπτικής εργασίας (παραγωγής εν σειρά) χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές, με τις οποίες επιτυγχάνεται το γρήγορο δέσιμο και λύσιμο των κομματιών. Οι συσκευές αυτές, που συνήθως τις ονομάζουμε ιδιοσυσκευές, δεν είναι ορισμένες, αλλά εξαρτώνται συνήθως από τις περιπτώσεις συγκρατήσεως, που θα παρουσιασθούν, και από την επινοητικότητα εκείνου που θα τις μελετήσει.

Χαρακτηριστικό πάντως μιας τέτοιας συσκευής είναι μία σταθερή βάση, που βιδώνεται επάνω στο τραπέζι της φραιζομηχανής και ένα μέσο, με το οποίο δένονται επάνω στην βάση αυτή τα κομμάτια σωστά και γρήγορα. Στο σχήμα 2.44 βλέπουμε μία περίπτωση χρησιμοποίησως ιδιοσυσκευής.

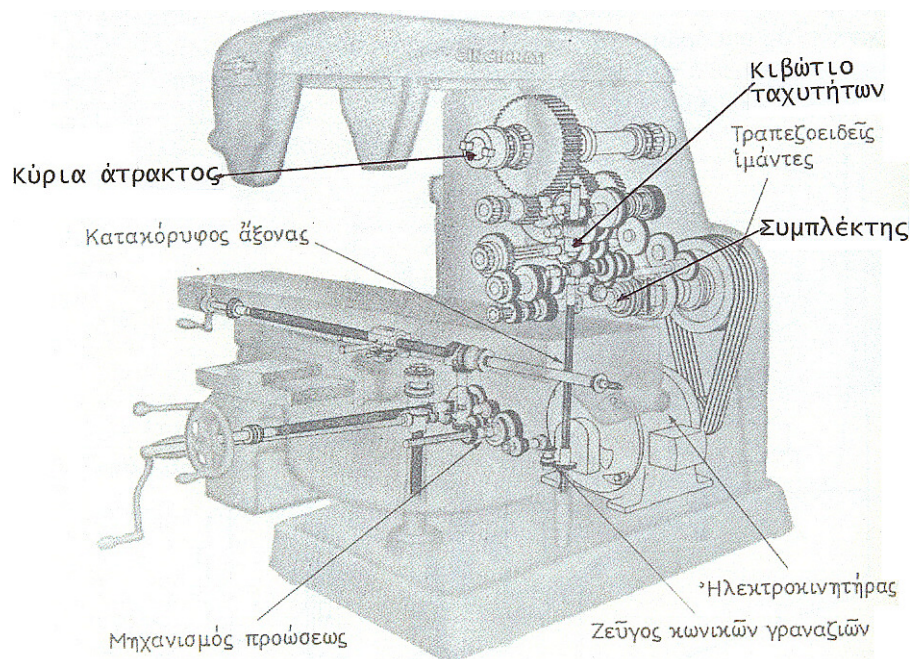


Σχήμα 2.44 Ιδιοσυσκευή φρεζομηχανής.

Τέλος συσκευή συγκρατήσεως είναι και ο διαιρέτης, για τον οποίο θα αναφερθούμε στην συνέχεια.

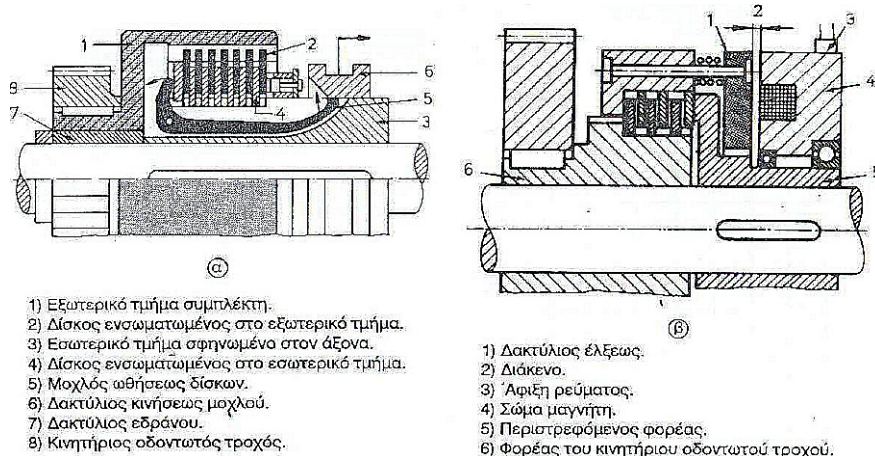
Κίνηση στις φρεζομηχανές.

Η κίνηση μεταδίδεται από τον ηλεκτροκινητήρα σε μία μικρή άτρακτο μέσω ιμάντα τραπεζοειδούς μορφής "V". Ο ηλεκτροκινητήρας τοποθετείται στο εσωτερικό του κάτω μέρους του κορμού της φρεζομηχανής (σχήμα 2.45) ή συγκρατείται στο εξωτερικό μέρος του κορμού. Από την αρχική άτρακτο η κίνηση μεταδίδεται στην κινητήρια άτρακτο του κιβωτίου ταχυτήτων μέσω συμπλέκτη.



Σχήμα 2.45 Μετάδοση κίνησης σε οριζόντια φρεζομηχανή.

Συνήθως σε συνδυασμό με το συμπλέκτη οι φρεζομηχανές έχουν και ένα μηχανικό ή ηλεκτρομαγνητικό φρένο. Όταν γίνει η αποσύμπλεξη, η φρεζομηχανή με τη βοήθεια του φρένου σταματά πολύ σύντομα (κέρδος χρόνου) (σχήμα 2.46), ενώ ο ηλεκτροκινητήρας συνεχίζει να δουλεύει.



Σχήμα 2.46 Συμπλέκτης κινήσεως με δίσκους τριβής. α) Μηχανικός. β) Ηλεκτρομαγνητικός.

Η επιθυμητή περιστροφική ταχύτητα της κύριας ατράκτου επιτυγχάνεται με συνδυασμό διαφόρων ζευγών οδοντωτών τροχών στο κιβώτιο ταχυτήτων. Στις φρεζομηχανές το κιβώτιο ταχυτήτων συνήθως έχει 12 έως 18 συνδυασμούς ταχυτήτων. Οι ταχύτητες είναι κλιμακωτές με γεωμετρική πρόοδο $\phi=1.25$ ή $\phi=1.4$ (για απλές φρεζομηχανές). Το μέγεθος των υψηλών περιστροφικών ταχυτήτων της κύριας ατράκτου ανέρχεται μέχρι 1600 - 2000 στρ/min για μικρές φρεζομηχανές, ενώ για μεγάλες φρεζομηχανές μέχρι 1000 - 1600 στρ/min.

Όλες οι φρεζομηχανές, εκτός των απλών, έχουν μηχανισμό μετάδοσης πρόωσης του συγκροτήματος τραπεζιού και στις τρεις κατευθύνσεις: κατά μήκος, εγκάρσια και κατακόρυφα. Επίσης, για τρεις κατευθύνσεις προβλέπονται ταχύτητες επαναφοράς. Οι απλές φρεζομηχανές έχουν μόνο μηχανισμό κίνησης κατά μήκος της πρόωσης του τραπεζιού.

Η μετάδοση κίνησης στο συγκρότημα τραπεζιού γίνεται είτε από ανεξάρτητο ηλεκτροκινητήρα, είτε από το βασικό ηλεκτροκινητήρα της φρεζομηχανής. Η κίνηση μεταδίδεται από τον ηλεκτροκινητήρα σε μία κατακόρυφη άτρακτο μέσω ζεύγους κωνικών οδοντωτών τροχών (σχήμα 2.45). Ένα γρανάζι, που ολισθαίνει κατά μήκος της κατακόρυφης ατράκτου, ενεργοποιεί μία σειρά από άλλα γρανάζια, που χρησιμεύουν για τις κινήσεις στις τρεις κατευθύνσεις των μερών του συγκροτήματος τραπεζιού. Οι ταχύτητες πρόωσης είναι και αυτές κλιμακωτές. Η διαμήκης μέγιστη ταχύτητα πρόωσης ανέρχεται από 1200 μέχρι 2000στρ/min. Η διαμήκης ταχύτητα επαναφοράς ανέρχεται από 2 μέχρι και 4m/min.

2.4 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΩΝ.

Γενικά.

Απ' όλες τις εργαλειομηχανές κοπής οι φρεζομηχανές είναι εκείνες που έχουν τη

μεγαλύτερη ποικιλία κοπτικών εργαλείων (κοπτήρες - φρέζες). Οι εργαλειομηχανές που θα περιγραφούν στην συνέχεια, έχουν απλά ραβδόμορφα κοπτικά εργαλεία, τα οποία στην πλάνη έχουν μόνο μια κύρια κόψη και στο δράπανο δύο.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, στις φρεζομηχανές έχουμε:

- Μεγάλη ποικιλία μορφών στους κοπτήρες.
- Πολλά κοπτικά δόντια που κατά το πλείστον είναι ελικοειδή.
- Πολλές κόψεις ανά δόντι.
- Ανάγκη μεγάλης ακρίβειας στην κατασκευή τους.
- Μεγάλο κόστος κατασκευής.

Για τα διάφορα είδη φρεζαρίσματος χρησιμοποιούνται διαφορετικών μορφών κοπτικά εργαλεία. Σχετικά με το υλικό κατασκευής τους, τα κοπτικά εργαλεία φρεζών, γίνονται είτε ολόσωμα από ταχυχάλυβα με κατάλληλη τελική θερμική κατεργασία (βαφή, επαναφορά κλπ.), είτε από χάλυβα υψηλής αντοχής με πρόσθετα και κατάλληλα στερεωμένα πλακίδια σκληρομετάλλου.

Συνήθως η κατασκευή των εργαλείων γίνεται από ταχυχάλυβα, επειδή επιτρέπει χρησιμοποίηση υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από τους κοινούς χάλυβες εργαλείων. Πολύ συχνά χρησιμοποιούνται πλακίδια σκληρομετάλλων ιδίως στο μετωπικό φρεζάρισμα. Όσο πιο πολύπλοκη είναι η μορφή μιας φρέζας τόσο περισσότερο επικρατεί η κατασκευή της από ταχυχάλυβα. Τουναντίον, απλές μορφές φρεζών, όπως π.χ. κονδύλια δίφτερα (δύο μόνο δόντια), μαχαιροφόρες κεφαλές και παρόμοια, κατασκευάζονται όλο και περισσότερο από χάλυβα υψηλής αντοχής με πρόσθετα δόντια από πλακίδια σκληρομετάλλου.

Πληροφορίες για το πεδίο εφαρμογής των υλικών κατασκευής των φρεζών (κοπτήρων) που περιγράφονται στη συνέχεια δίνονται στον πίνακα 5.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5

Πεδίο εφαρμογής υλικών κατασκευής κοπτήρων φρεζαρίσματος.

Είδος φρεζαρίσματος	Υλικό φρέζας	Χάλυβας			Χυτοχάλυβας	Ανοξειδωτός χάλυβας	Χυτοσίδηρος		Μη σιδηρούχα μέταλλα	Μη μεταλλικά υλικά
		Μαλακός	Μέσης σκληρότητας	Σκληρός			Μέσης σκληρότητας	Σκληρός		
Περιφερικό	ΤΧ	***	***	**	***	***	***	*	***	***
	ΧΚΕ	**	**	*	*	*	***	*	**	***
	ΣΜ	***	**	**	**	*	***	-	***	***
Μετωπικό	ΤΧ	***	***	**	***	***	***	*	***	***
	ΧΚΕ	***	**	*	*	*	***	*	***	***
	ΣΜ	***	***	***	***	**	***	**	***	***
Με κονδύλια	ΤΧ	***	***	**	***	***	***	*	***	***
	ΧΚΕ	**	**	*	*	*	***	*	**	***
	ΣΜ	***	***	***	***	**	***	-	***	***
Με τρίκοπο κοπτήρα	ΤΧ	***	***	**	***	***	***	*	***	***
	ΧΚΕ	**	**	*	*	*	***	*	-	***
	ΣΜ	***	***	**	**	*	***	**	***	***
Με κοπτήρα μορφής	ΤΧ	***	***	**	***	***	***	**	***	***
	ΧΚΕ	**	**	*	*	*	***	-	-	**
	ΣΜ	***	***	*	**	*	***	**	***	***

ΤΧ: Ταχυχάλυβας, ΧΚΕ: Χυτευτό κράμα κοπτικών εργαλείων, ΣΜ: Σκληρομέταλλο

***: Καλώς, **: Σχεδόν καλώς, *: Μέτριος

Τα τελευταία χρόνια η προσπάθεια χρησιμοποίησης πλακιδίων σκληρομετάλλου επεκτείνεται όλο και περισσότερο σε πιο πολύπλοκες μορφές φρεζών και μάλιστα με ένθετα πλακίδια.

Μορφές και είδη φρεζών.

1) Κυλινδρικές φρέζες (σχήμα 2.47).

Χρησιμοποιούνται για φρεζάρισμα επιπέδων επιφανειών και μοντάρονται σε μεγάλους εργαλειοφόρους άξονες. Κατασκευάζονται κατά το πλείστον με ελικοειδή δόντια. Η χρήση κυλινδρικών φρεζών με ευθύγραμμο δόντια τείνει να εκλείψει. Η χρησιμοποίηση ζεύγους ομοίων φρεζών αλλά με αντίθετη ελίκωση έχει ως πλεονέκτημα την εξουδετέρωση των αξονικών δυνάμεων. και την ομαλότερη κοπή.



Με σιγή ελικοειδή οδόντωση.

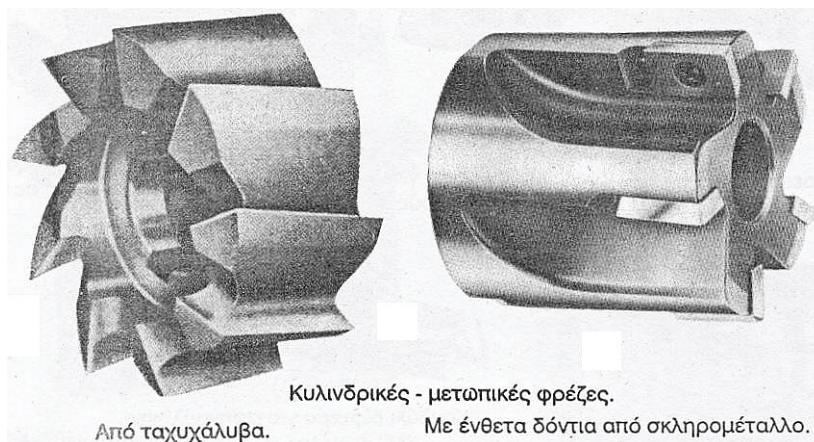
Με ελικοειδή διακεκομμένη οδόντωση.

Ζεύγος με αντίθετη φορά ελίκωσης.

Σχήμα 2.47 Κυλινδρικές φρέζες.

2) Κυλινδρικές - μετωπικές (σχήμα 2.48).

Έχουν μεγάλο πεδίο εφαρμογών και κατά τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται και με δόντια εφοδιασμένα με ένθετα σκληρομέταλλα. Συγκρατούνται πάντοτε σε κοντούς (προβόλους) εργαλειοφόρους άξονες μόνο στο άκρο της κύριας ατράκτου.



Κυλινδρικές - μετωπικές φρέζες.

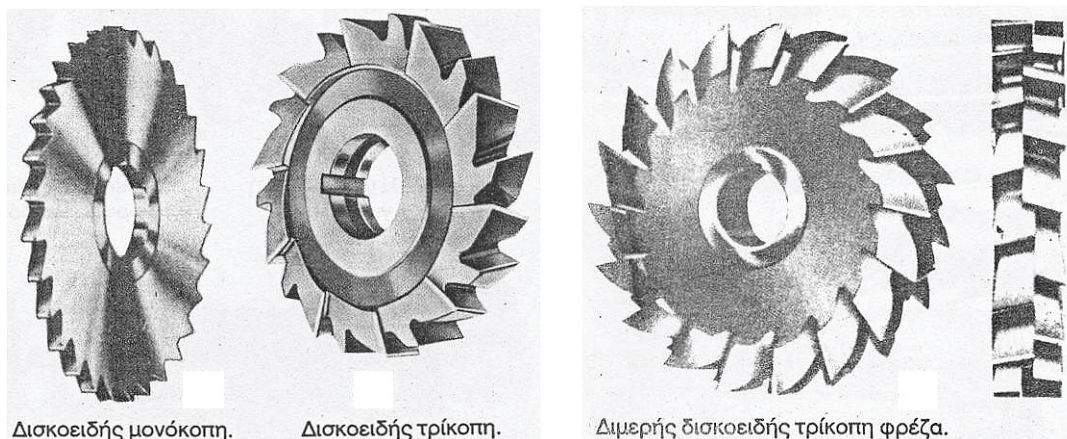
Από ταχυχάλυβα.

Με ένθετα δόντια από σκληρομέταλλο.

Σχήμα 2.48 Κυλινδρικές – μετωπικές φρέζες.

3) Δισκοειδείς φρέζες (σχήμα 2.49).

Εδώ περιλαμβάνεται μεγάλη ποικιλία τέτοιων φρεζών, ανάλογα με το είδος και τη μορφή που αποδίδουν στο κομμάτι που φρεζάρουν. Διακρίνονται σε μονόκοπες, όταν κόβουν μόνο στην περιφέρεια και σε τρίκοπες, όταν τα δόντια έχουν κόψεις και στις δύο πλευρικές επίπεδες επιφάνειες. Μια κατηγορία των δισκοειδών φρεζών είναι οι πριονοδίσκοι. Χαρακτηρίζονται από το λεπτό σχετικά πάχος τους.



Δισκοειδής μονόκοπη.

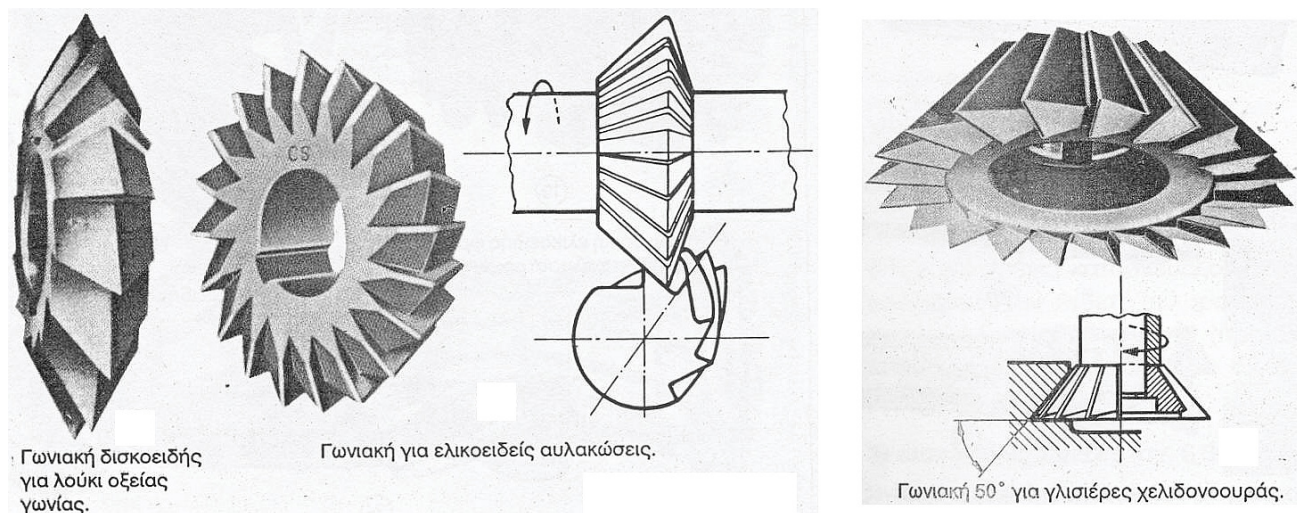
Δισκοειδής τρίκοπη.

Διμερής δισκοειδής τρίκοπη φρέζα.

Σχήμα 2.49 Δισκοειδείς φρέζες.

4) Γωνιακές φρέζες (σχήμα 2.50).

Έχουν δύο κόψεις (δίκοπες), δηλαδή κόβουν και από τις δύο πλευρές τους (περιφέρεια και πρόσωπο), που σχηματίζουν μια γωνία συνήθως τυποποιημένη.



Γωνιακή δισκοειδής για λούκι οξείας γωνίας.

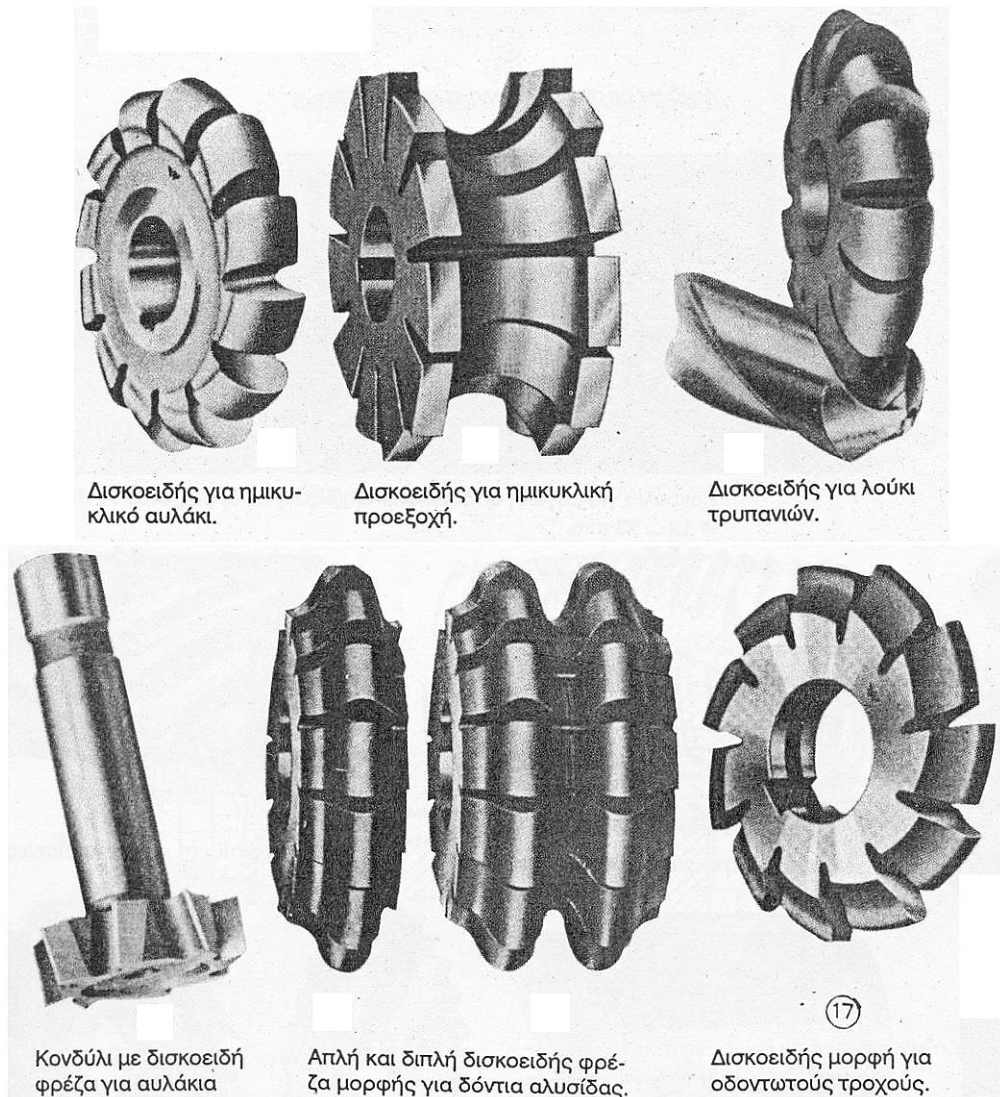
Γωνιακή για ελικοειδείς αυλακώσεις.

Γωνιακή 50° για γλισιέρες χελιδονοουράς.

Σχήμα 2.50 Γωνιακές φρέζες.

5) Δισκοειδείς φρέζες μορφής (σχήμα 2.51).

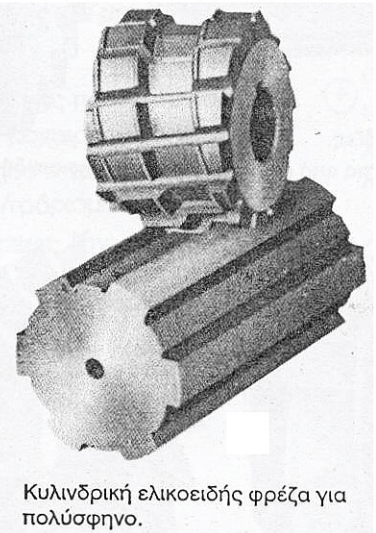
Χρησιμοποιούνται για διάφορες εργασίες, όπως φαίνεται και εξηγείται στα σχετικά σχήματα.



Σχήμα 2.51 Δισκοειδείς φρέζες μορφής.

6) Κυλινδρικές κοχλιωτές (Χομπ) (σχήμα 2.52).

Έχουν μεγάλη σημασία, γιατί αποτελούν τα κοπτικά εργαλεία μιας από τις τρεις κυριότερες μεθόδους για κοπή οδοντωτών τροχών καθώς και άλλου είδους οδοντώσεων στις ειδικές για το σκοπό αυτό μηχανές, δηλαδή τους γριναζοκόπτες.

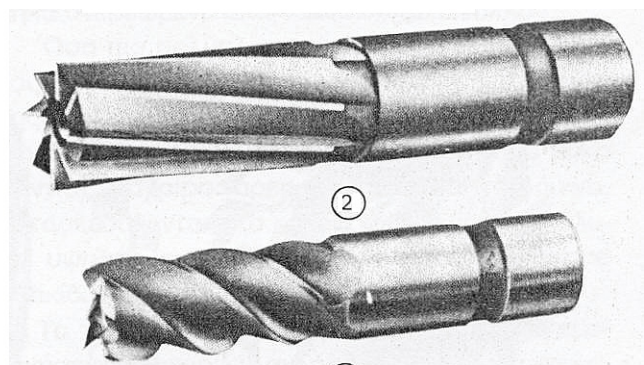


Σχήμα 2.52 Φρέζες χόμπι.

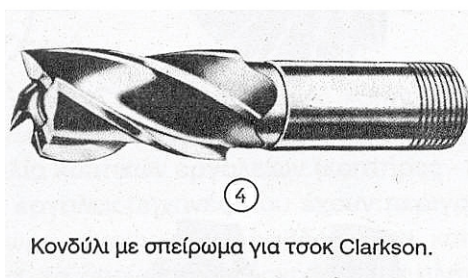
7) Κονδύλια (σχήμα 2.53 - 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 και 14).

Έχουν πολύ μεγάλη χρήση σε όλες τις μηχανουργικές εργασίες. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται όλο και περισσότερο τέτοια κονδύλια με ένθετα δόντια από σκληρομέταλλο, γιατί το μεγαλύτερο κόστος τους υπερκαλύπτεται από τη μεγάλη τους απόδοση, ιδίως για εργασίες ξεχονδρίσματος.

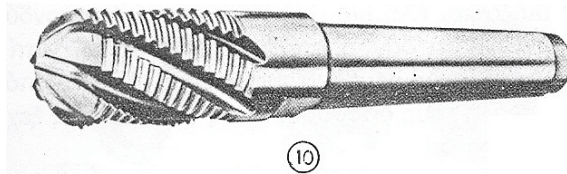
- Κονδύλια με δύο ή περισσότερα φτερά ολόσωμα από ταχυχάλυβα ή με πλακίδια από σκληρομέταλλο (σχήμα 2.53 - 5, 6, και 7).
- Κονδύλια στα οποία οι ελικοειδείς κόψεις τους είναι διακεκομμένες από εγκοπές μ' ένα ορισμένο σχήμα (σχήμα 2.53 - 8, 9 και 10).
- Κονδύλια για αυλάκια ταν (σχήμα 2.53 - 13, 14) και κονδύλια αυτοφερόμενα μεγάλης αποδόσεως (σχήμα 2.53 - 11, 12).



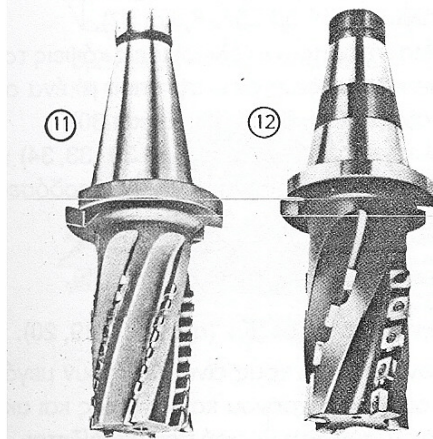
Κονδύλια για μετωπική και πλευρική κοπή (2, 3).



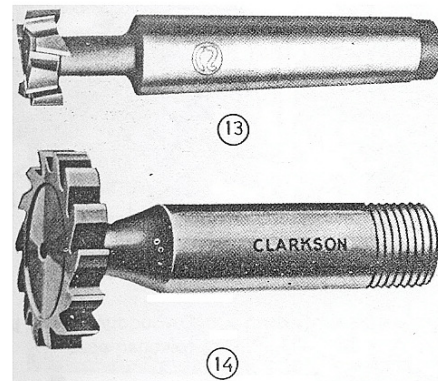
Σχήμα 2.53 Κονδύλια (αριθμημένα από 1...5).



Κονδύλι για εκβανθύσεις



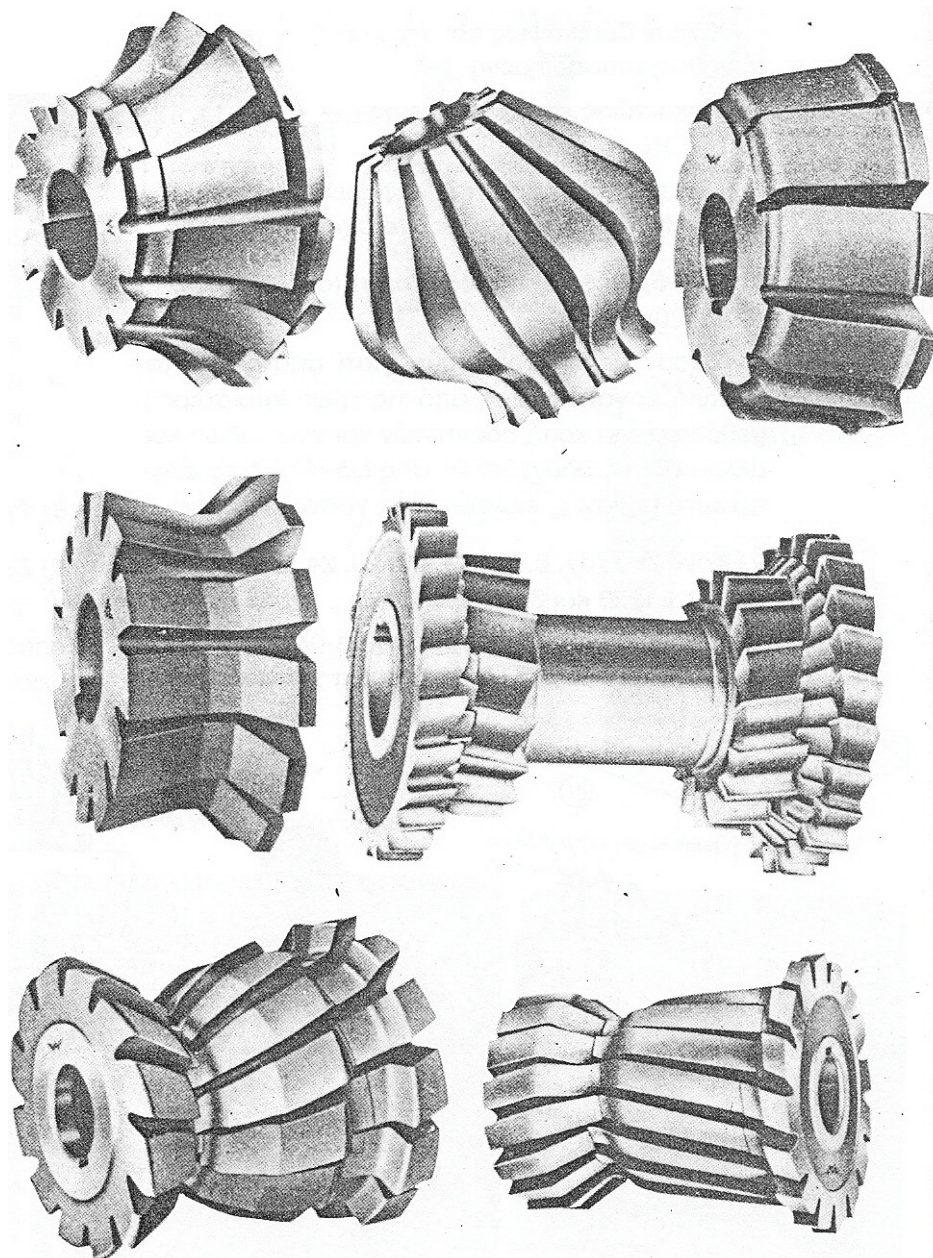
Κονδύλια αυτοφερόμενα με κολλητά (11) και ένθετα (12) πλακίδια με μεγάλη απόδοση κοπής.



Κονδύλια για αυλάκια και δισκοειδείς σφήνες. (13) Με κώνο Μόρς. (14) Με σπείρωμα για τσόνκ Clarkson.

Σχήμα 2.53 Κονδύλια (αριθμημένα από 6...14).

8) Φρέζες ειδικής μορφής (σχήμα 2.54).



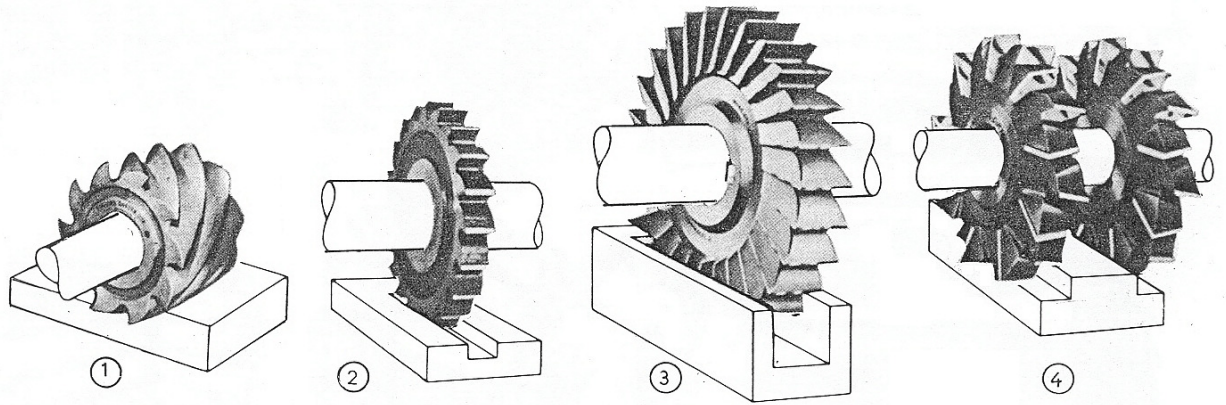
Σχήμα 2.54 Ειδικές φρέζες και τακίμια (σύνολα) φρεζών.

9) Σετ κυλινδρικών φρεζών (σχήμα 2.55 - 18, 19).

Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι έχουν μεγάλη απόδοση, οικονομία χρόνου κατεργασίας και ακρίβεια στην πολυσύνθετη μορφή που αποδίδεται.

Παραδείγματα και είδη εργασιών με τις φρέζες.

Στα σχήματα 2.55 (1) έως (19) που ακολουθούν παρουσιάζονται παραδείγματα και εφαρμογές για διάφορες εργασίες φρεζαρίσματος που γίνονται με την κατάλληλη χρησιμοποίηση των φρεζών διαφόρων ειδών και μορφών, που έχουν περιγραφεί προηγουμένως.

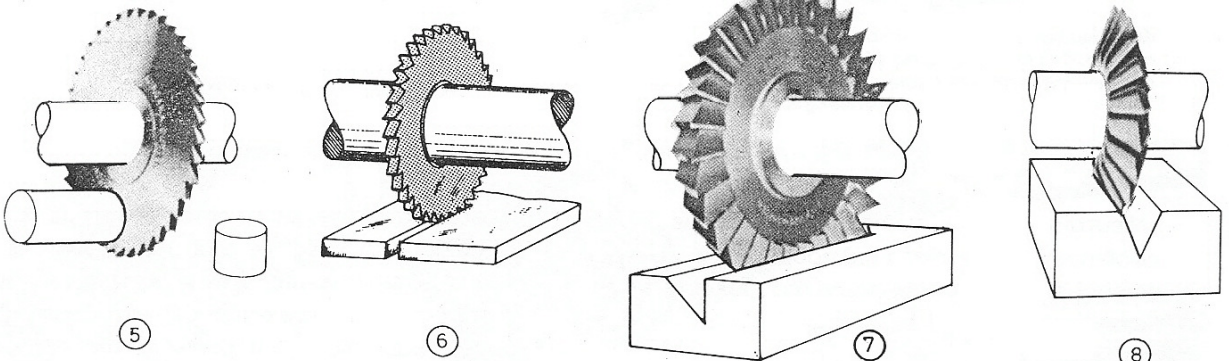


Φρεζάρισμα με κυλινδρική φρέζα.

Λούκι με φρέζα - δίσκο μονόκοπη.

Λούκι με φρέζα - δίσκο τρίκοπη

Συνδυασμός κοπής με δύο τρίκοπες φρέζες.

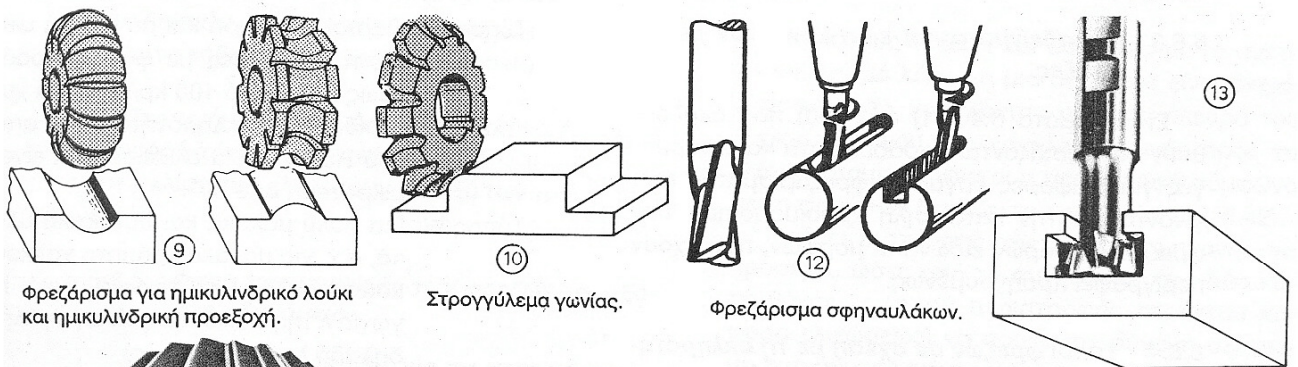


Κοπή άξονα με πριονοδίσκο.

Κοπή πλάκας με φρέζα - δίσκο.

Λούκι με κάθετη και λοξή πλευρά από γωνιακή φρέζα.

Λούκι με δύο λοξές πλευρές από γωνιακή φρέζα.

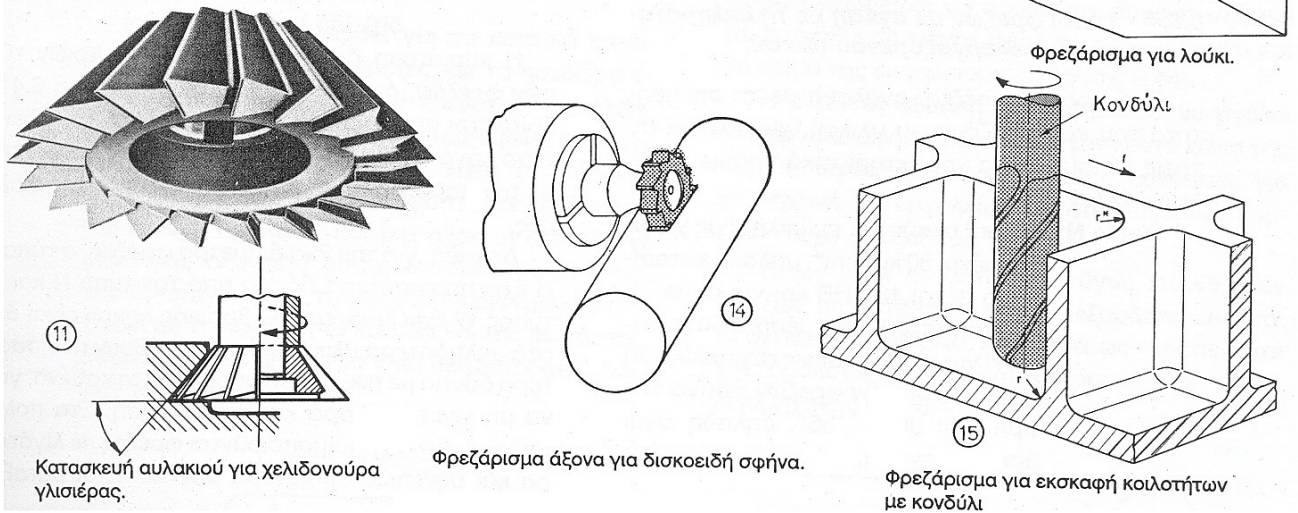


Φρεζάρισμα για ημικυλινδρικό λούκι και ημικυλινδρική προεξοχή.

Στρογγύλεμα γωνίας.

Φρεζάρισμα σφηναυλάκων.

Φρεζάρισμα για λούκι.

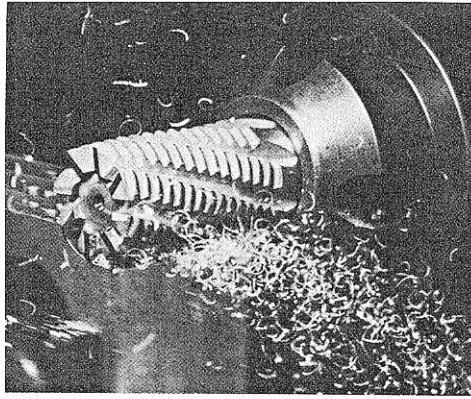


Κατασκευή αυλακιού για χελιδονούρα γλιστιέρας.

Φρεζάρισμα άξονα για δισκοειδή σφήνα.

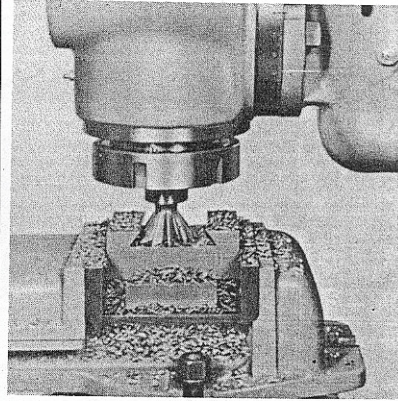
Φρεζάρισμα για εκσκαφή κοιλοτήτων με κονδύλι

Σχήμα 2.55 Παραδείγματα εργασιών φρεζαρίσματος 1...15 με φρέζες διαφόρων ειδών και μορφών.



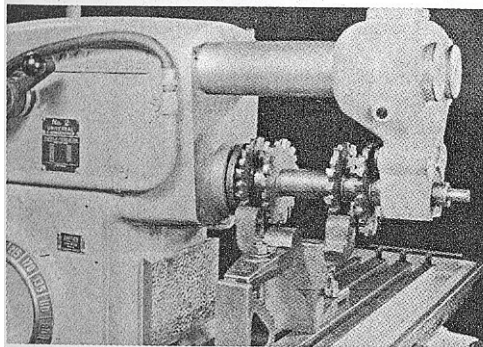
16

Ξεχόνδρισμα μεγάλης αποδόσεως με κονδύλι με ελικοειδή αυλακωτά δόντια.



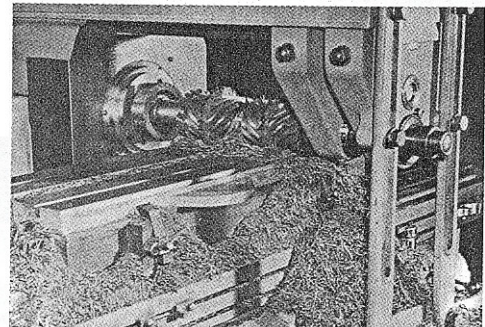
17

Φρεζάρισμα αυλακίου χελιδονοουράς.



Φρεζάρισμα δίχαλου σε τέσσερις ταυτόχρονα παράλληλες πλευρές από σέτ με φρέζες - δίσκους.

18 19



Φρεζάρισμα αυλακίων τραπεζοειδούς εργαλειομηχανής από σέτ με κυλινδρικές και δισκοειδείς φρέζες.

Σχήμα 2.55 Παραδείγματα εργασιών φρεζαρίσματος 16...19 με φρέζες διαφόρων ειδών και μορφών.

Τύποι φρεζών σε σχέση με τη σκληρότητα του κατεργαζόμενου υλικού.

Οι διάφορες φρέζες, ανάλογα με τη σκληρότητα του κατεργαζόμενου υλικού, χωρίζονται σε τρεις τύπους με τα χαρακτηριστικά γράμματα N, H και W (σχήμα 2.56).

Τύπος N: Για μαλακούς και ημίσκληρους χάλυβες μέχρι 80 kp/mm^2 , μαλακό χυτοσίδηρο μέχρι 180 HB και για μη σιδηρούχα μέταλλα με μέση σκληρότητα. Η γωνία ελικώσεως στην ελίκωση των κυλινδρικών φρεζών φθάνει την τιμή $\lambda = 30^\circ \dots 35^\circ$, δηλαδή είναι αρκετά μεγάλη.

Τύπος H: Για πολύ σκληρά και συνεκτικά υλικά, Π.χ. χάλυβες με φορτίο θραύσεως πάνω από 100 kp/mm^2 και χυτοσίδηρο με σκληρότητα πάνω από 180 HB, η γωνία ελικώσεως λ είναι μικρότερη από 30° .

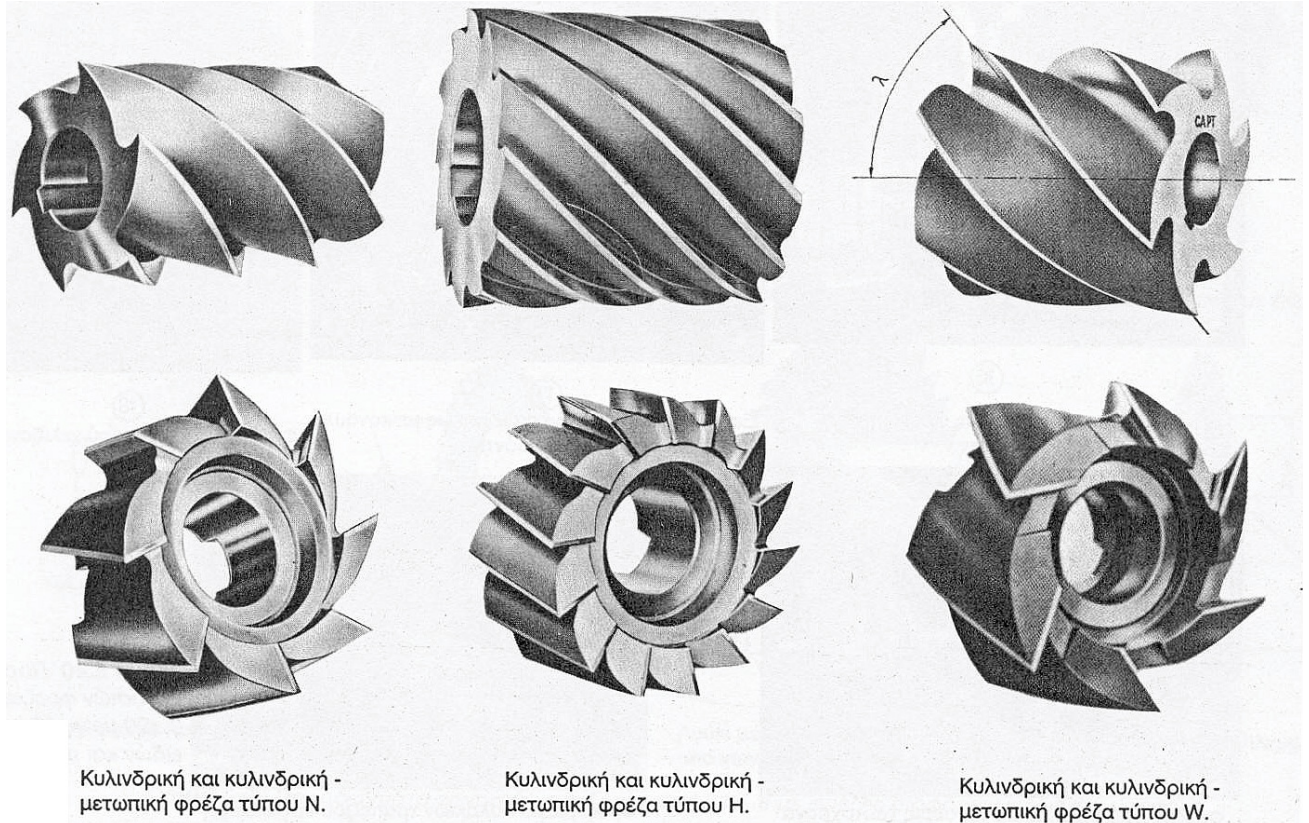
Τύπος W: Για πολύ μαλακά και συνεκτικά υλικά, π.χ. για μαλακά κράματα χαλκού και αλουμίνιου και τεχνικά υλικά. Η γωνία λ της ελικώσεως είναι μεγάλη, δηλαδή $\lambda = 30^\circ/50^\circ$.

Η κυριότερη διαφορά μεταξύ των τριών τύπων φρεζών, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.56, βρίσκεται στον αριθμό των δοντιών και κατά δεύτερο λόγο στην κλίση λ που σχηματίζει η ελίκωση με την παράλληλο προς το νοητό άξονα της φρέζας.

Δηλαδή, για την ίδια διάμετρο φρέζας, ο τύπος H έχει περισσότερα δόντια από τον τύπο N και ο τύπος W έχει λιγότερα. Ο βασικός λόγος είναι ότι στα σκληρότερα

υλικά πρέπει να κόβουν περισσότερα δόντια με μικρότερο απόβλητο το καθένα, για να μη γίνεται φθορά και καταπόνηση. Στα πολύ μαλακά υλικά χρησιμοποιούνται φρέζες με λιγότερα και συνεπώς αραιότερα δόντια. Έτσι μεταξύ των δοντιών υπάρχει μεγαλύτερος χώρος και μπορούν να κόβουν άνετα περισσότερο υλικό αποβλήτων.

Στο σχήμα 2.56 φαίνεται συγκριτικά έντονα η διαφορά τόσο στον αριθμό των δοντιών όσο και στην κλίση των ελικώσεων μεταξύ των τύπων N, H και W.



Σχήμα 2.56 Χαρακτηριστικά παραδείγματα φρεζών τύπου N, H, W, για υλικά διαφόρου βαθμού σκληρότητας.

Φορά περιστροφής των φρεζών και αξονικές δυνάμεις.

Όπως έχει αναφερθεί για τα κοπτικά εργαλεία, οι περισσότερες φρέζες και τα κονδύλια έχουν στην κυλινδρική τους επιφάνεια ελικοειδή δόντια. Η κλίση των δοντιών που οφείλεται στην ελίκωση, όπως είναι φανερό, κατά τη διάρκεια της κοπής, εκτός από την επαπτομενική δύναμη της κοπής, προκαλεί και μια αξονική δύναμη. Η φορά της αξονικής αυτής δυνάμεως εξαρτάται από τον συνδυασμό της φοράς περιστροφής του άξονα με τη φρέζα ή το κονδύλι και της φοράς της ελικώσεως, που μπορεί να είναι δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη.

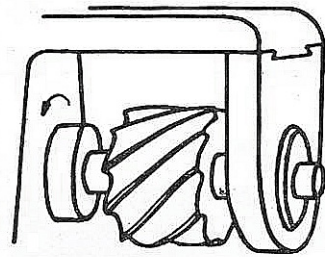
Για λόγους τάξεως και σύμφωνα με το σχετικό κανονισμό λέμε ότι μια άτρακτος είναι δεξιόστροφη όταν, κοιτάζοντας από την πλευρά του κύριου εδράνου της εργαλειομηχανής προς τα έξω, βλέπουμε να γίνεται η περιστροφή σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού (σχήμα 2.57).

Πρέπει ο τεχνίτης της εργαλειομηχανής να προσέχει, ώστε από το συνδυασμό των δύο κατευθύνσεων (φορά περιστροφής ατράκτου και φορά ελικώσεως) να προκύψει δύναμη αξονική με κατεύθυνση πάντα προς το κύριο έδρανο και το σώμα της

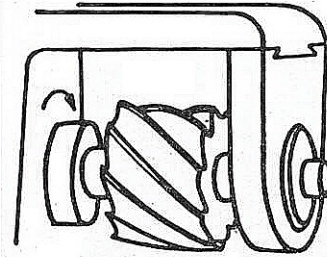
εργαλειομηχανής (σχήμα 2.59).

Η αντίθετη αξονική δύναμη μπορεί να βγάλει τον εργαλειοφόρο άξονα από τον κοντό κώνο της κύριας ατράκτου, με επικίνδυνες συνέπειες για τη μηχανή, το εργαλείο, το κατεργαζόμενο κομμάτι και το φρεζαδόρο.

Όπως είναι ευνόητο σε ζεύγος κυλινδρικών φρεζών με αντίθετη ελίκωση εξουδετερώνονται οι αντίθετες δυνάμεις. Αυτό έχει ως συνέπεια και την ομαλότερη κοπή και λειτουργία της εργαλειομηχανής (σχήμα 2.58).

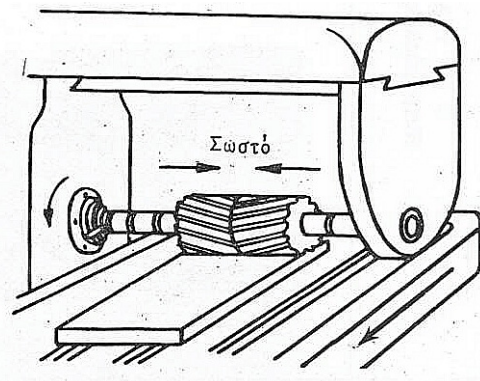
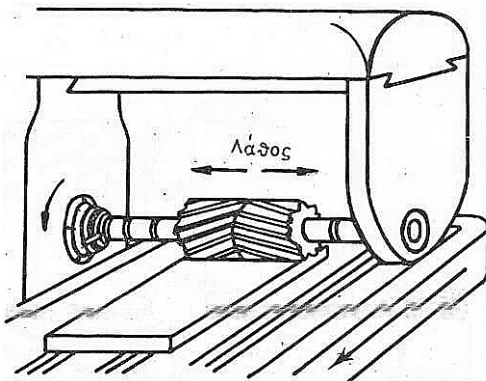


Δεξιόστροφη ατράκτος – αριστερόστροφη
ελίκωση φρέζας

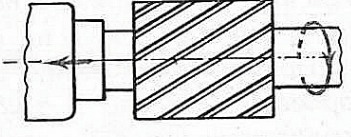
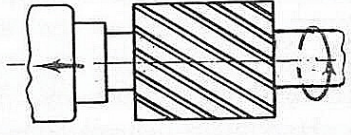
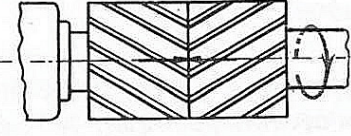
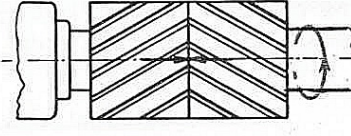
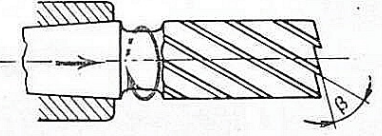
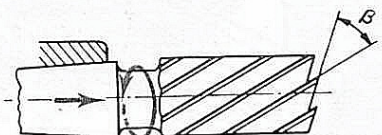
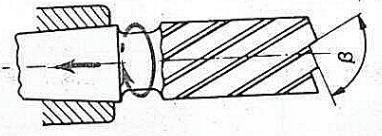
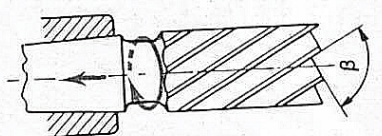


Αριστερόστροφη ατράκτος – δεξιόστροφη
ελίκωση φρέζας

Σχήμα 2.57 Δεξιόστροφη και αριστερόστροφη φορά στην άτράκτο και στην ελίκωση φρέζας.



Σχήμα 2.58 Εξουδετέρωση αξονικών δυνάμεων σε ζεύγος κυλινδρικών φρεζών με αντίθετη ελίκωση.

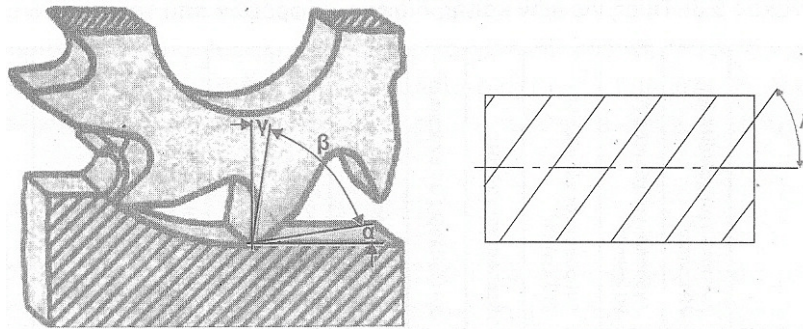
Μορφή φρέζας	Φορά κοπής	Φορά Ατράκτου	Φορά ελικώσεως	Κατεύθυνση Αξονικής Δυνάμεως Z	Κατά προτίμηση να κόβει με...
Κυλινδρική Πλευρά μεταδόσεως της κινήσεως		δεξιόστροφη	αριστερόστροφη	σωστή	
		αριστερόστροφη	δεξιόστροφη		
Ζεύγος κυλινδρικών Πλευρά μεταδόσεως της κινήσεως		δεξιόστροφη	δεξιόστροφη και αριστερόστροφη	οι αξονικές δυνάμεις εξουδετερώνονται	
		αριστερόστροφη	αριστερόστροφη και δεξιόστροφη		
Κονδύλια Πλευρά μεταδόσεως της κινήσεως		δεξιόστροφη	δεξιόστροφη	αντικανονική χρειάζεται ασφάλιση του κοπτήρα μέσα στον κοίλο κώνο	τα μετωπικά δόντια (γωνία β ευνοϊκή)
		αριστερόστροφη	αριστερόστροφη		
		δεξιόστροφη	αριστερόστροφη	σωστή	τα δόντια της κυλινδρικής επιφάνειας
		αριστερόστροφη	δεξιόστροφη		(γωνία β όχι ευνοϊκή)

Σχήμα 2.59 Οι αξονικές δυνάμεις κατά το φρεζάρισμα σε σχέση με τη φορά περιστροφής και τη φορά της ελικώσεως.

Μορφή του κοπτικού δοντιού και γωνίες κοπής.

Στο φρεζάρισμα οι γωνίες που διαμορφώνονται γύρω από την κόψη του δοντιού έχουν μεγάλη σημασία για την απόδοση κατά την κοπή και για τη διάρκεια ζωής του

εργαλείου (σχήμα 2.60).



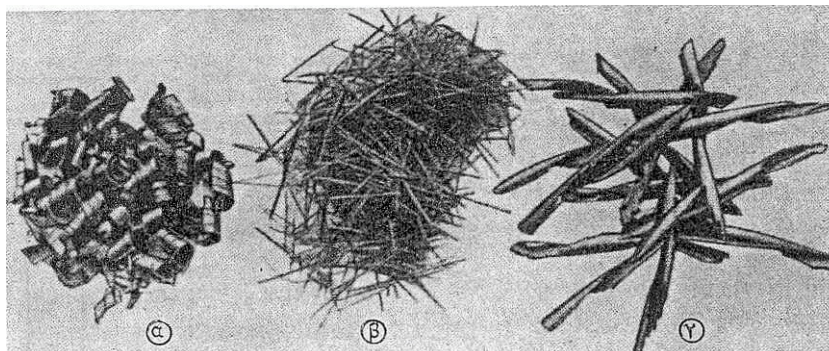
Σχήμα 2.60 Κοπτικό δόντι φρέζας. α) Γωνία ελευθερίας. β) Γωνία σφήνας. γ) Γωνία αποβλήτου. λ) Κλίση του ελικοειδούς δοντιού.

Όταν τα δόντια είναι ελικοειδή, οι γωνίες κοπής μετριοούνται σε επίπεδο κάθετο προς την κόψη του δοντιού. Όμως σ' έναν κοπτήρα φρέζας σημασία έχει επιπλέον και η κλίση λ του δοντιού.

α = γωνία ελευθερίας, β = γωνία σφήνας,
γ = γωνία αποβλήτου, λ = κλίση της έλικας.

Από όλες τις παραπάνω γωνίες μεγαλύτερη σημασία έχει η γωνία γ, η οποία και παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές ανάλογα με το είδος του υλικού που φρεζάρεται, ενώ η γωνία ελευθερίας α δεν παρουσιάζει αξιόλογες αλλαγές και η τιμή της κυμαίνεται από 6° έως 10°. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία γ τόσο μικρότερη είναι η δύναμη κοπής αλλά σε αντιστάθμισμα τόσο ελαττώνεται η αντοχή του δοντιού, που κινδυνεύει να σπάσει.

Με κανονικό μέγεθος της γωνίας γ σε συνεκτικά υλικά, πρέπει να αποδίδονται «ρολαριστά» απόβλητα. Τέτοια απόβλητα παρουσιάζονται στο σχήμα 2.61 (α) για μετωπικό και (γ) για κυλινδρικό φρεζάρισμα. Γωνία γ μικρότερη της κανονικής συνεπάγεται μεγάλη γωνία β με επακόλουθο την αύξηση της δυνάμεως κοπής και θρυμματισμένα απόβλητα [σχήμα 2.61 (β)].

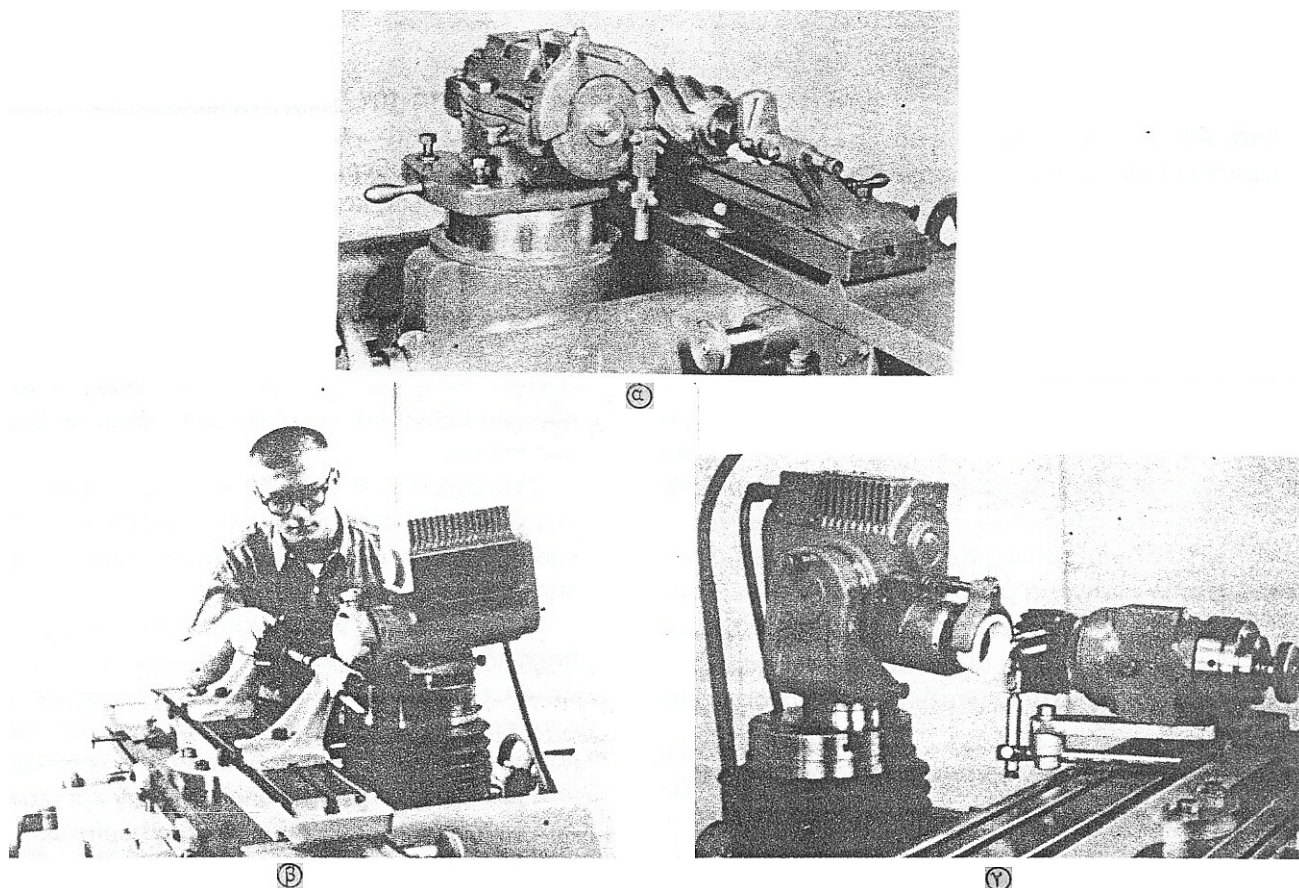


Σχήμα 2.61 Μορφές αποβλήτων από φρεζάρισμα. α) Κανονικά απόβλητα από μετωπικό φρεζάρισμα. β) Αντικανονικά θρυμματισμένα απόβλητα. γ) Κανονικά απόβλητα από κυλινδρική φρέζα.

Στην περίπτωση αυτή ο εργαλειοφόρος άξονας τρέμει η φρεζομηχανή υποφέρει και η φρέζα στομώνει γρήγορα και χρειάζεται ακόνισμα (τρόχισμα). Το ακόνισμα όμως μιας φρέζας με πολλά και ελικοειδή δόντια φθείρει τα δόντια και κοστίζει πολύ.

Οι γωνίες κοπής α και γ κατά το ακόνισμα δίνονται για τα διάφορα είδη φρεζών

στην ειδική «μηχανή ακονίσματος εργαλείων». Στα σχήματα 2.62 α, β, γ παρουσιάζονται διάφορες περιπτώσεις για το ακόνισμα κοπτικών εργαλείων φρεζομηχανών με τη μηχανή ακονίσματος εργαλείων.



Σχήμα 2.62 α) Ακόνισμα κυλινδρικής φρέζας με τροχό δίσκο. β) Ακόνισμα των δοντιών φρεζόδισκου με τροχό ποτήρι. γ) Ακόνισμα μετωπικών δοντιών κυλινδρικής μετωπικής φρέζας.

α) Τρόχιση της κόψης με ορισμένη γωνία ελευθερίας α .

Η πρώτη σκέψη είναι να δοθεί στον άξονα του τροχού μια κλίση α ως προς την οριζόντια όπως δείχνει το σχήμα 2.63 (α). Επειδή αυτό απαιτεί ειδική μηχανή λειάνσεως, μπορούμε να επιτύχουμε την επιθυμητή γωνία α στην κόψη των δοντιών με μια μικρή περιστροφή ή μια μικρή κατακόρυφη μετατόπιση της φρέζας προς τα κάτω εν σχέσει με τον τροχό.

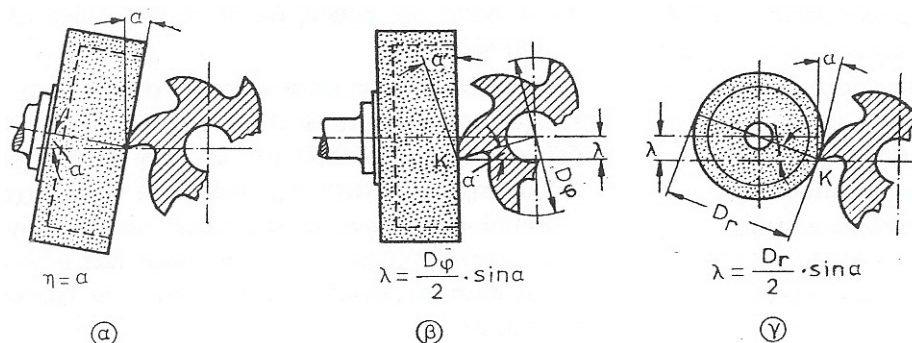
Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε τροχό-ποτήρι [σχήμα 2.63 (β)], όπως προκύπτει από τη γεωμετρία του σχήματος, για να προκύψει γωνία ελευθερίας α , πρέπει η φρέζα να περιστραφεί περί τον άξονά της τόσο, ώστε η κόψη K να κατέβει κατά την ποσότητα:

$$\lambda = \frac{D_{\phi}}{2} \cdot \eta\mu\alpha \quad \text{όπου } D_{\phi} \text{ η διάμετρος της φρέζας.}$$

Αυτή η μετατόπιση της κόψεως κατά την ποσότητα λ κάτω από τη νοητή οριζόντια ακτίνα της φρέζας θα δώσει την αναγκαία γωνία ελευθερίας α , άσχετα από το αν ο άξονας της φρέζας και ο άξονας του τροχού βρίσκονται στο ίδιο ή σε διαφορετικό υψόμετρο.

Στην περίπτωση χρήσεως δισκοειδούς τροχού [σχήμα 2.63 (γ)] πρέπει η κόψη Κ να είναι στην ίδια οριζόντια με τον άξονα της φρέζας. Ο άξονας όμως της φρέζας πρέπει να τοποθετηθεί χαμηλότερα από τον άξονα του τροχού κατά:

$$\lambda = \frac{D_r}{2} \cdot \eta\mu\alpha \quad \text{όπου } D_r \text{ η διάμετρος του τροχού.}$$

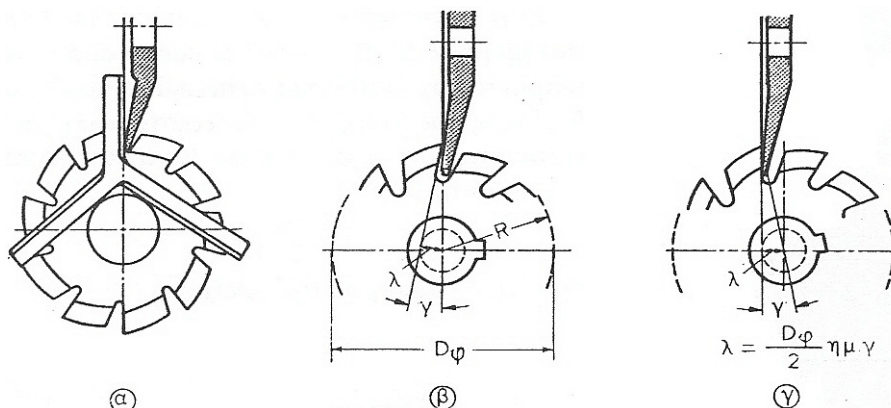


Σχήμα 2.63 Τρόχιση φρέζας για διαμόρφωση της γωνίας ελευθερίας α . α) και β) Για τρύχιση με τροχό – ποτήρι. γ) Για τρύχιση με τροχό δίσκο.

β) Τρόχιση της επιφάνειας κοπής των δοντιών για την ορισμένη γωνία αποβλήτου κοπής γ (σχήμα 2.64).

Όπως φαίνεται από τη γεωμετρία του σχήματος, η αναγκαία γωνία γ θα προκύψει μόνη της, όταν η φρέζα μετατοπιστεί, εν σχέσει με το επίπεδο της κοπτικής επιφάνειας του τροχιστικού δίσκου, προς τα δεξιά κατά:

$$\lambda = \frac{D_\phi}{2} \cdot \eta\mu\gamma \quad \text{όπου } D_\phi \text{ η εξωτερική διάμετρος της φρέζας.}$$



Σχήμα 2.64 Τρόχιση φρέζας για διαμόρφωση της γωνίας αποβλήτου γ . α) Περίπτωση γωνίας $\gamma = 0$ και έλεγχος με το σχετικό ελεγκτήρα. β) Σχετική θέση πριν από τη μετατόπιση της φρέζας. γ) Τελική θέση έπειτα από τη μετατόπιση της φρέζας.

Ο πίνακας 2.6 καθορίζει για τα διάφορα είδη φρεζών από ταχυάλυβα:

- Τις τιμές των γωνιών α , γ και λ για τους τύπους φρεζών N, H, W (λ είναι η κλίση της έλικας του δοντιού).
- Τους αριθμούς δοντιών Z για μια κλιμακωμένη σειρά φρεζών $d_1 = 40$ έως 200 mm.

Οι μαχαιροφόρες κεφαλές, όπως αναφέρεται και στο ειδικό κεφάλαιο,

Τυποποίηση των φρεζών από ταχυάλυβα.

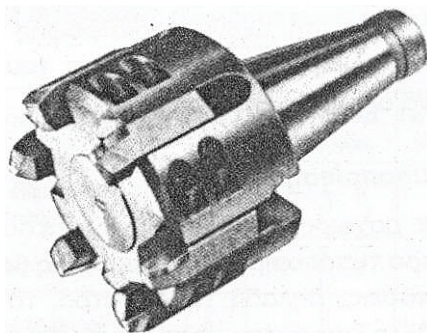
Τα γνωστά πλεονεκτήματα της τυποποίησης εφαρμόζονται από αρκετές δεκαετίες και στα διάφορα είδη φρεζών. Έτσι, οι φρέζες κατασκευάζονται σε μια ορισμένη σειρά μορφών και μεγεθών και έχουν τυποποιημένα τα κυριότερα στοιχεία τους. Ένα μέρος των τυποποιήσεων περιλαμβάνεται στον πίνακα 2.6. Περισσότερες λεπτομέρειες και στοιχεία, εκτός από τους σχετικούς κανονισμούς, μπορεί να βρει κάποιος εύκολα στους καταλόγους κοπτικών εργαλείων που παρέχουν οι διάφοροι κατασκευαστές των φρεζών και οι έμποροι που τις πωλούν.

Μαχαιροφόρες κεφαλές.

α) Γενικοί χαρακτηρισμοί.

Οι μαχαιροφόρες κεφαλές, με την τελειοποίηση που πήραν, τα τελευταία χρόνια από τους κατασκευαστές τους, αποτελούν ένα από τα πιο σπουδαία και αποδοτικά εργαλεία για κάθε φρεζομηχανή.

Αρχικά τα πλακίδια των σκληρομετάλλων ήταν κολλημένα σε χαλύβδινα ορθογωνικά ραβδία, που ήταν σφηνωμένα ή κατά κάποιον άλλο τρόπο στερεωμένα μέσα σε αυλακώσεις του κυλινδρικού τμήματος του σώματος της μαχαιροφόρας κεφαλής (σχήμα 2.65). Το σύστημα αυτό, εκτός από την πολύ μικρή εκμετάλλευση του σκληρομετάλλου (χρήσιμη μόνο η μία κόψη) χρειαζόταν απαραίτητα και συχνό ακόνισμα της μαχαιροφόρας κεφαλής με επακόλουθο την επιβάρυνση σε χρόνο και κόστος.

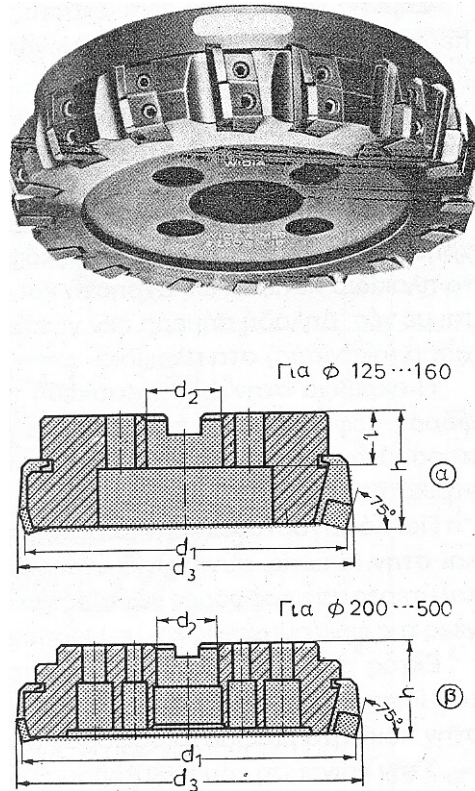


Σχήμα 2.65 Μαχαιροφόρα κεφαλή παλαιού τύπου με κολλημένα πλακίδια.

Σήμερα τα πλακίδια είναι ένθετα, στερεωμένα περιμετρικά στην κεφαλή με μεγάλη ασφάλεια (σχήμα 2.66).

Όταν στομώσει ή σπάσει μια κόψη ενός πλακιδίου, λύνεται το πλακίδιο, περιστρέφεται και ξανά σταθεροποιείται το ίδιο σε άλλη κόψη, για να συνεχίσει να εργάζεται. Όταν με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιηθούν όλες οι ενεργές κόψεις του, τότε το πλακίδιο πετιέται ως άχρηστο και αντικαθίσταται με νέο. Δηλαδή σήμερα δεν γίνεται πλέον τρόχισμα (ακόνισμα) στα πλακίδια.

Η ακρίβεια στην όλη κατασκευή της μαχαιροφόρας κεφαλής είναι τέτοια, ώστε σε όλες τις παραπάνω αλλαγές υπάρχει ικανοποιητική συγκεντρικότητα σε όλα τα δόντια.



Σχήμα 2.66 Μαχαιροφόρα κεφαλή σύγχρονης κατασκευής με ένθετα πλακίδια.

Πολλά εργοστάσια στην Ευρώπη, στην Αμερική και στην Ιαπωνία συναγωνίζονται να αποδώσουν καλύτερες μαχαιροφόρες κεφαλές για όλες τις ανάγκες της φρεζομηχανής και με μικρότερο κόστος.

Εκτός από την ποιότητα και καταλληλότητα του ίδιου του πλακιδίου, το σημαντικότερο θέμα στην ποιότητα μιας μαχαιροφόρας βρίσκεται:

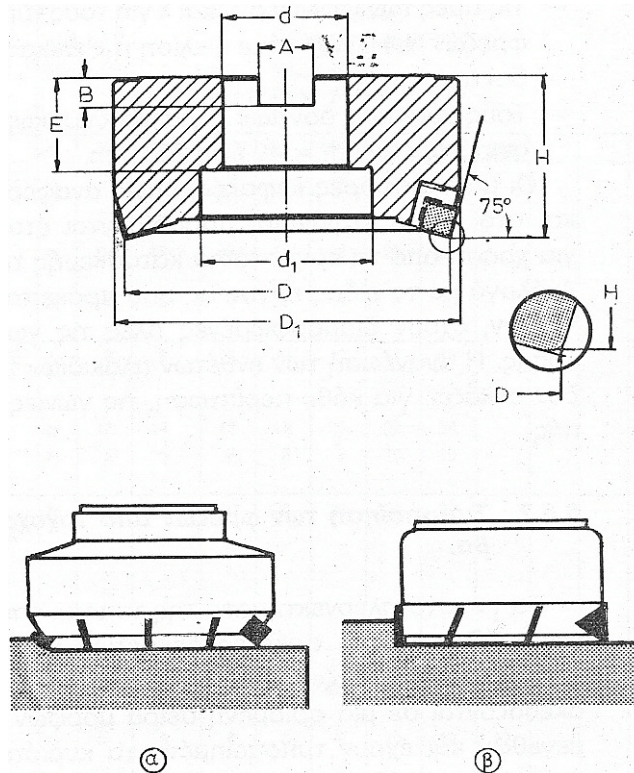
- Στην επιλογή του καλύτερου τρόπου, με τον οποίο στερεώνονται (και ρυθμίζονται) τα πλακίδια στη θέση τους, ώστε να είναι συγκρατημένα με απόλυτη ασφάλεια και να μην μπορούν να μετατοπισθούν καθόλου παρά τα μεγάλα φορτία και τις κρούσεις από την κοπή.
- Στη δυνατότητα για εύκολη και γρήγορη περιστροφή ή αντικατάσταση των πλακιδίων, χωρίς να προκύψει καμιά αλλαγή στη συγκεντρικότητα όλων των δοντιών.

β) Κλίση στις εξωτερικές κόψεις των πλακιδίων.

Ανάλογα με την κλίση που έχουν οι εξωτερικές κόψεις των πλακιδίων, οι μαχαιροφόρες χαρακτηρίζονται ως:

- Μαχαιροφόρες προσώπου, δηλαδή για να φρεζάρουν επίπεδες σε όλη τους την έκταση επιφάνειες. Σε αυτές η εξωτερική κόψη έχει κλίση 75° ή 45° ως προς την κατεργασμένη επιφάνεια [σχήμα 2.67 (α)].
- Μαχαιροφόρες, για να φρεζάρουν επίπεδες επιφάνειες με αναβαθμό όταν είναι ανάγκη να υπάρχει.

Σε αυτές η εξωτερική κόψη είναι κάθετη προς την κατεργασμένη επιφάνεια, δηλαδή παράλληλη προς το νοητό άξονα περιστροφής και φρεζάρουν ένα μέρος της επιφάνειας του κομματιού σε ένα ορισμένο βάθος [σχήμα 2.67 (β)].



Σχήμα 2.67 Μαχαιροφόρες κεφαλές. α) Για φρεζάρισμα προσώπου. β) Για φρεζάρισμα με αναβαθμό.

γ) Τυποποίηση.

Οι μαχαιροφόρες κεφαλές κατασκευάζονται σήμερα τυποποιημένες ως προς τις βασικές τους διαστάσεις, δηλαδή τη διάμετρο, το πάχος και ό,τι άλλο έχει σχέση με τη συγκράτησή τους επάνω στην τυποποιημένη επίσης άτρακτο. (DIN1830. ISO 2940/11-1974).

Έτσι καθορίζονται:

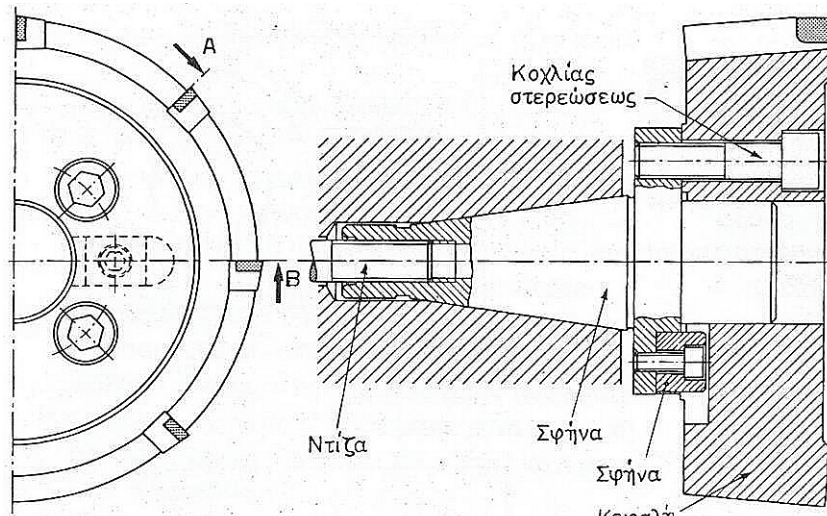
- Ονομαστικές διαμέτροι 80 - 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 και 630 mm.
- Η κατάλληλη για κάθε μέγεθος κεφαλής διάμετρος της κύριας άτρακτου από Νο 40 έως Νο 60 (βλ. πίνακα 2.2).
- Ο αριθμός των δοντιών που, ανάλογα με το μέγεθος και τον προορισμό της κεφαλής, κυμαίνεται από 6 έως 26. Σε ειδικές περιπτώσεις κατασκευάζονται κεφαλές με περισσότερα δόντια.

δ) Συγκράτηση της μαχαιροφόρας κεφαλής.

Οι μικρές μαχαιροφόρες μέχρι Φ 160 συγκρατούνται κατά δύο τρόπους:

- Απευθείας στην κύρια άτρακτο με τέσσερις βίδες χωρίς σφήνωση ή και επιπλέον με σφήνωση [σχήμα 2.38 (α) και (β)]. Το ακριβές κεντράρισμα γίνεται με έναν κώνο κεντρώσεως [σχήμα 2.38 (γ)].
- Στο άκρο ενός κώνου 7:24 κατά DIN 6361 με την εγκάρσια σφήνα και έναν κεντρικό κοχλία ασφαλίσεως (σχήμα 2.26).
- Στο άκρο ενός κώνου με φλάντζα και τέσσερις κοχλίες κοχλιωμένους στη φλάντζα του κώνου DIN 6357 (σχήμα 2.67).

Οι μεγάλες μαχαιροφόρες κεφαλές από Φ 200 έως 500 συγκρατούνται απευθείας πάνω στην κύρια άτρακτο και στερεώνονται με 4 + 4 κοχλίες σε δύο κύκλους οπών.



Σχήμα 2.67 Συγκράτηση μαχαιροφόρα στο άκρο εργαλειοφόρου κώνου DIN 6357 με οδηγό κεντρώσεως και 4 κοχλίες.

ε) Έλεγχος της μαχαιροφόρας κεφαλής.

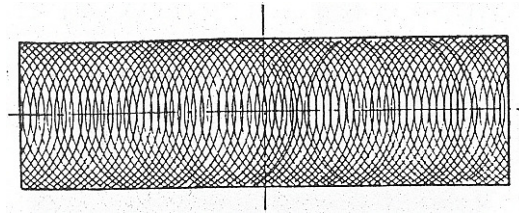
Όπως αναφέρθηκε, η ακρίβεια στην κατασκευή και συναρμολόγηση της μαχαιροφόρας κεφαλής συντελεί ώστε να μη χρειάζεται ακόνισμα (τρόχισμα). Για λόγους ασφαλείας πρέπει να γίνεται έλεγχος, στην ομοιόμορφη και συγκεντρική θέση όλων των δοντιών και σχετική ρύθμιση.

Για το σκοπό αυτό υπάρχουν σχετικά απλές ιδιοσυσκευές, εφοδιασμένες με κατάλληλο μικρόμετρο, που τις διαθέτουν τα εργοστάσια που κατασκευάζουν τις μαχαιροφόρες κεφαλές.

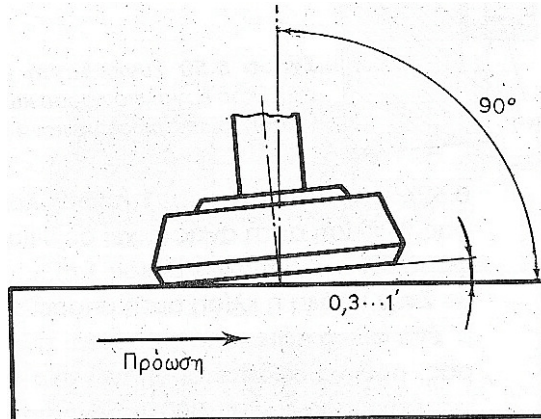
στ) Η μικρή κλίση του άξονα της μαχαιροφόρας κεφαλής.

Σε μια κατακόρυφη φρεζομηχανή, όταν η κύρια άτρακτος είναι απόλυτα κάθετη προς την κίνηση του τραπεζιού, τότε οι οριζόντιες επιφάνειες που αποδίδονται από το φρεζάρισμα έχουν συχνά, κατά περίπτωση, περισσότερα ή λιγότερα πυκνά και ελαφρά ίχνη διασταυρουμένων κύκλων (σχήμα 2.68). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ελαστικότητα του συστήματος (μηχανή - κοπτικό εργαλείο - κομμάτι) λόγω των φορτίων από την κοπή. Για να αποφευχθεί το ελάττωμα αυτό, δίδεται στην κύρια άτρακτο μια πολύ μικρή κλίση (σχήμα 2.69), που είναι 0,1 1 πρώτα λεπτά της μοίρας. Η κλίση αυτή αντιστοιχεί σε υψομετρική διαφορά 0,1 ... 0,3 mm σε μήκος 1m.

Στην πράξη η κλίση αυτή μπορεί να επιτευχθεί μ' ένα φίλερ κάτω από τα δόντια της μαχαιροφόρας, που να εφάπτεται επάνω στο τραπέζι. Π.χ. για μαχαιροφόρα Φ 300 mm αντιστοιχεί πάχος φίλερ 0,03 ... 0,10 mm.



Σχήμα 2.68 Ίχνη φρεζαρίσματος από όχι απόλυτα συγκεντρικά μαχαίρια της μαχαιροφόρας.



Σχήμα 2.69 Κλίση της κύριας ατράκτου.

ζ) Διάμετρος και θέση της μαχαιροφόρας κεφαλής σχετικά με το πλάτος του κομματιού.

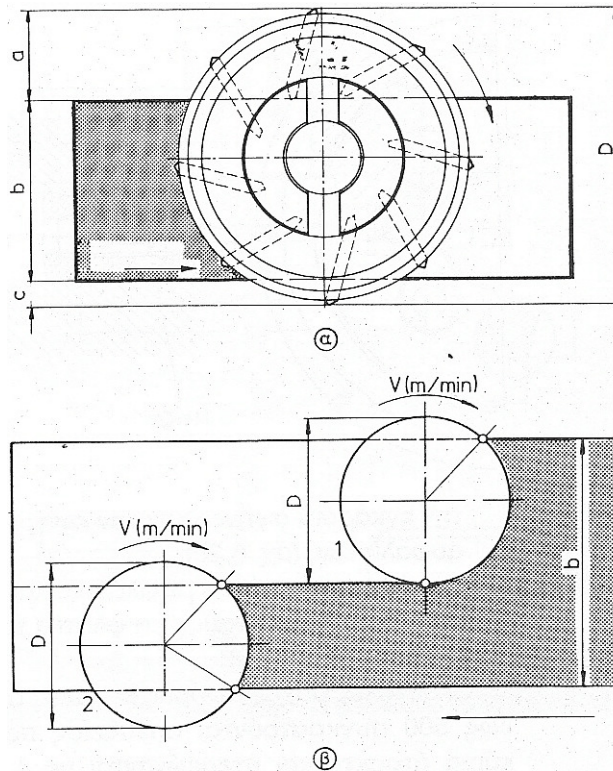
Η είσοδος και αρχή της μαχαιροφόρας στην κοπή πρέπει να γίνεται έτσι, ώστε τη στιγμή της πρώτης επαφής το δόντι να μη βρίσκει το υλικό με την κόψη του αλλά με την επιφάνεια κοπής του, για να μη σπάσει.

Η λογική και η πολύχρονη πείρα έδειξαν ότι η διάμετρος της μαχαιροφόρας και το πλάτος του κομματιού σε συνδυασμό με τη φορά περιστροφής πρέπει να σχετίζονται, όπως δείχνει το σχήμα 2.70 και ο σχετικός πίνακας 2.7. Όταν το πλάτος του κομματιού b είναι αρκετά μεγάλο, είναι οικονομικό να γίνεται το φρεζάρισμα σε δύο πάσα με μια κεφαλή μικρότερης διαμέτρου, όπως δείχνει το σχήμα 2.70 (β) παρά σε ένα μόνο πάσο με μια κεφαλή που έχει διάμετρο μεγαλύτερη από το πλάτος b του κομματιού [σχήμα 2.70 (α)].

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7

Μεγέθη μαχαιροφόρας κεφαλής και κομματιού για σωστό φρεζάρισμα.

Χαρακτηριστικά μεγέθη		Για χάλυβα και χυτοχάλυβα	Για χυτοσίδηρο και ελαφρά μέταλλα
Εξωτ. διάμετρος μαχαιροφόρας	D_a	$\approx \frac{5}{3} \cdot b$	$\approx \frac{4}{3} \cdot b$
Προεξοχή πλευράς εξόδου	a	$\approx \frac{3}{10} \cdot D$	$\approx \frac{1}{6} \cdot D$
Πλάτος κομματιού	b	$\approx \frac{3}{5} \cdot D$	$\approx \frac{3}{4} \cdot D$
Προεξοχή πλευράς εισόδου	c	$\approx \frac{1}{10} \cdot D$	$\approx \frac{1}{12} \cdot D$



Σχήμα 2.70 Μέγεθος και θέση μαχαιροφόρας κεφαλής σχετικά με το πλάτος του κομματιού.

Βασικοί κανόνες για το φρεζάρισμα με μαχαιροφόρες κεφαλές.

Για το φρεζάρισμα με μαχαιροφόρες κεφαλές με σκληρομέταλλα είναι απαραίτητες οι εξής προϋποθέσεις:

- 1) Βαρέως τύπου στιβαρές φρεζομηχανές σε άριστη κατάσταση. Να μην υπάρχει κανένας τζόγος στην άτρακτο ούτε σε όλες τις οριζόντιες και κατακόρυφες γλισιέρες.
- 2) Επαρκής ισχύς για την κίνηση της φρέζομηχανής (3 έως 5 φορές μεγαλύτερη από την αναγκαία για χρήση κοπτήρων από ταχυχάλυβα).
- 3) Η φρεζομηχανή να έχει περιοχή ταχυτήτων (στροφών της κύριας ατράκτου), που να επιτρέπει τη λειτουργία με τις υψηλές ταχύτητες κοπής από τις μαχαφάρδες κεφαλές.
- 4) Καλά και στιβαρά κοπτικά εργαλεία και ασφαλής συγκράτηση των μαχαιροφόρων στην άτρακτο.
- 5) Άριστο κεντράρισμα και ισογύρισμα της μαχαιροφόρας κεφαλής χωρίς στραβογύρισμα, τόσο στη μετωπική όσο και στην πλευρική επιφάνειά της. Για το σκοπό αυτό πρέπει να γίνεται έλεγχος κατά διαστήματα. Γενικά για διάμετρο μαχαιροφόρας μέχρι 200 mm επιτρέπεται μια ανοχή ισογυρίσματος 0,03 mm για την περιφέρεια και 0,01 για το μέτωπο. Για μαχαιροφόρες μεγαλύτερης διαμέτρου επιτρέπεται ανοχή ισογυρίσματος 0,1 για την περιφέρεια και 0,03 για το μέτωπο. Για τελική κατεργασία με απαίτηση λείας επιφάνειας τα παραπάνω όρια είναι μικρότερα.
- 6) Έγκαιρος έλεγχος της συγκεντρικότητας των δοντιών και, στην ανάγκη, ρύθμιση και επιμελημένο ακόνισμα σε κατάλληλη μηχανή.
- 7) Καλή και σίγουρη στερέωση των κομματιών πάνω στο τραπέζι της μηχανής.

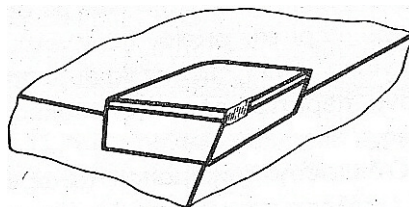
Πρέπει απαραίτητα να μην παρουσιάζεται κανένα τρέμουλο.

8) Σε καμία περίπτωση οι στροφές της ατράκτου και τα δόντια της μαχαιροφόρας να μη σταματήσουν σε θέση κοπής. Κίνδυνος θραύσεως στα πλακίδια.

9) Εφόσον δεν είναι εξασφαλισμένη άφθονη ροή ψυκτικού υγρού χωρίς καμία διακοπή, καλύτερα να γίνεται ξηρά κοπή.

10) Για να μην αφήνουν οι κόψεις των δοντιών διασταυρούμενα ίχνη πάνω στην επιφάνεια του κομματιού, μπορεί ο κοπτήρας να έχει μια πολύ μικρή κλίση, όπως αναφέρεται στην σελίδα 84 (στ) και στο σχήμα 2.69. Αυτό αυξάνει επιπλέον τη διάρκεια ζωής των κοπτικών δοντιών, γιατί το κάθε δόντι μετά την κοπή δε συνεχίζει να τρίβεται πάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια και ψύχεται.

11) Να αλλάξουμε την κόψη των πλακιδίων μόλις η φθορά στην κόψη προς την ελεύθερη επιφάνεια φθάσει το διπλάσιο έως τριπλάσιο της προώσεως ανά δόντι (σχήμα 2.71).



Σχήμα 2.71 Φθορά του πλακιδίου στην ελεύθερη επιφάνεια.

12) Μετά το τέλος του πάσου η μαχαιροφόρα κεφαλή να ανασηκώνεται από την κατεργασμένη επιφάνεια. Χωρίς την ανύψωση αυτή, υπάρχει κίνδυνος λόγω της προϋπάρχουσας πίεσεως κοπής, να σπάσουν τα δόντια κατά την επαναφορά του τραπέζιου στην αρχική του θέση.

13) Για αποφυγή ταλαντώσεων συνιστάται να χρησιμοποιούνται θετικές γωνίες κοπής. Αν δεν μπορεί να γίνει αυτό, μπορεί να αφαιρεθούν από τη μαχαιροφόρα κεφαλή κατά διαστήματα στην περιφέρεια μερικά πλακίδια. Μερικοί κατασκευαστές, όταν τα δόντια είναι αρκετά αραιά, τα τοποθετούν με άνιση διαίρεση στην περιφέρεια της μαχαιροφόρας κεφαλής. Αυτό συμβάλλει στην ελάττωση των ταλαντώσεων.

2.5 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία κατεργασίας για όλες τις εργαλειομηχανές έχουν πολύ μεγάλη σημασία γιατί από αυτά εξαρτάται ο χρόνος παραγωγής, η διάρκεια ζωής του εργαλείου, η σωστή εκμετάλλευση της μηχανής και τελικά το κόστος της κατεργασίας.

Η εκλογή κοπτήρα καθώς και ο αριθμός των δοντιών εξαρτάται από την μορφή της κατεργαζόμενης επιφάνειας και το υλικό του αντικειμένου. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των δοντιών, τόσο πιο μικρή είναι η εργασία φρεζαρίσματος αλλά επιτυγχάνεται μεγαλύτερη πρόωση ανά δόντι με την ίδια απόδοση κατά την αφαίρεση του υλικού. Για κατεργασία ξεχοδρίσματος χρησιμοποιούμε κοπτήρες με μικρό αριθμό δοντιών. Για κατεργασία αποπερατώσεως χρησιμοποιούμε κοπτήρες με μεγάλο αριθμό δοντιών. Η διάμετρος του κοπτήρα εξαρτάται από την μορφή του κοπτήρα από το βάθος κοπής και από το πλάτος φρεζαρίσματος.

Ταχύτητα κοπής. Ταχύτητα κοπής στη φρεζομηχανή είναι το διάστημα σε m που διατρέχει η κόψη ενός δοντιού της φρέζας σε ένα λεπτό. Εκφράζει το ρυθμό κοπής στην κύρια κίνηση, που είναι η περιστροφή του εργαλείου. Εξαρτάται από το υλικό του εργαλείου, του αντικειμένου, το είδος της κατεργασίας, π.χ. ξεχόνδρισμα ή αποπεράτωση και από την ακαμψία της μηχανής και του αντικειμένου. Κατά το φρεζάρισμα τεμαχίου, με κοπτικό εργαλείο διαμέτρου D [mm], το οποίο περιστρέφεται με n στροφές το λεπτό (rpm), η ταχύτητα κοπής U , ισούται:

$$U = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (2.1)$$

Στον πίνακα 2.8 παρουσιάζονται οι συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής U για φρεζάρισμα με κοπήρα από ταχυχάλυβα ή σκληρομέταλλο πλην μετωπικών κοπήρων εντιθέμενων δοντιών, των οποίων οι αντίστοιχες συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής παρουσιάζονται στον πίνακα 2.9.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8

Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής u [m/min] για φρεζάρισμα με κοπήρα από ταχυχάλυβα ή σκληρομέταλλο πλην μετωπικών κοπήρων εντιθέμενων δοντιών.

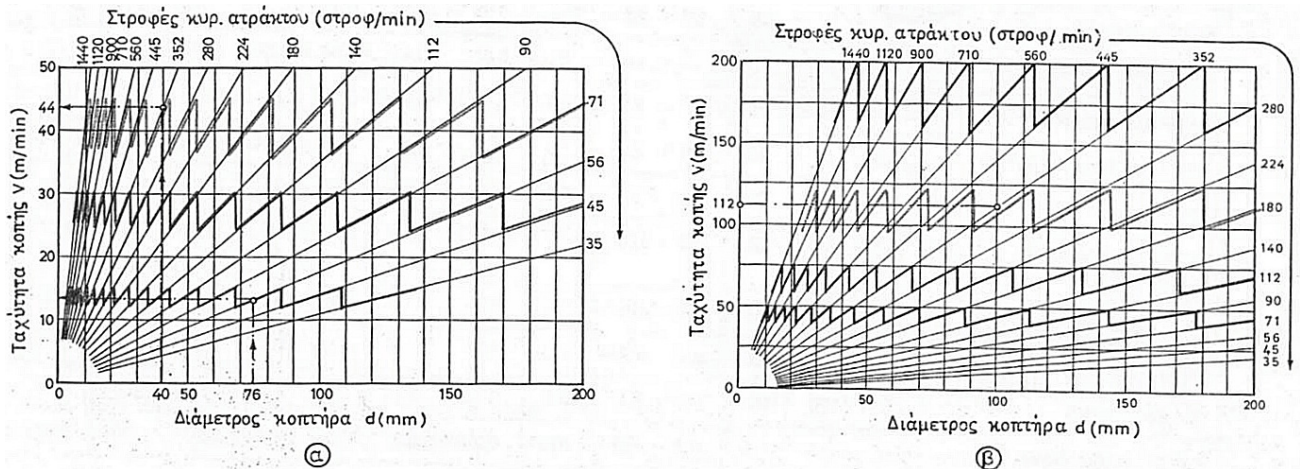
Υλικό	Ταχύτητα κοπής u [m/min]	
	Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλο
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 kp/mm^2	17...24	100...150
Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 kp/mm^2	16...24	80...120
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 kp/mm^2	15...20	60...100
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 kp/mm^2	11...18	50...80
Κεκραμένοι χάλυβες	13...17	60...100
Χυτοχάλυβες 38-52 kp/mm^2	13...19	40...70
Φαίος χυτοσίδηρος έως 200 BHN	14...19	50...80
Φαίος χυτοσίδηρος άνω 200 BHN	10...16	40...60
Χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτου	10...20	50...100
Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος	16...22	50...80
Κράματα αργιλίου	200...300	200...600
Ορείχαλκος	34...48	80...120
Κρατέρωμα	30...40	80...120
Πλαστικά	30...50	80...100

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9

Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής v [m/min] για φρεζάρισμα με μετωπικούς κοπτήρες εντιθέμενων δοντιών.

Υλικό	Ταχύτητα κοπής v [m/min]	
	Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλο
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 kp/mm^2	21...30	90...200
Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 kp/mm^2	20...38	80...160
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 kp/mm^2	15...23	60...110
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 kp/mm^2	12...19	50...100
Κεκραμένοι χάλυβες	12...20	45...80
Χυτοχάλυβες 38-52 kp/mm^2	15...25	50...90
Φαίος χυτοσίδηρος έως 200 BHN	19...26	65...100
Φαίος χυτοσίδηρος άνω 200 BHN	14...25	40...70
Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος	18...28	80...120
Κράματα αργιλίου	180...270	200...1000
Ορείχαλκος	50...70	120...240
Κρατέρωμα	40...65	100...220
Πλαστικά	60...80	80...120

Το σχήμα 2.72 είναι ένα πριονωτό διάγραμμα που μας διευκολύνει στην εύρεση του ενός από τα στοιχεία v , D , n , όταν γνωρίζουμε τα δύο άλλα.



Σχήμα 2.72 Πριονωτό διάγραμμα ταχυτήτων. α) Για κοπτήρες από ταχυχάλυβα. β) Για κοπτήρες από σκληρομέταλλο.

Παράδειγμα 2.1

Πλάκα από χάλυβα St50 πρόκειται να εκχονδρισθεί με κοπτικό εργαλείο φρεζαρίσματος διαμέτρου 75mm. Να υπολογιστεί ο ενδεικνυόμενος αριθμός στροφών του εργαλείου.

Λύση

Από τον πίνακα 2.8 προκύπτει, για το είδος της κατεργασίας και το συγκεκριμένο κατεργαζόμενο υλικό, ταχύτητα κοπής $v=17\text{m/min}$. Έτσι:

$$n = \frac{1000 \cdot u}{\pi \cdot 75} = \frac{1000 \cdot 17}{\pi \cdot 75} \text{ [στρ / min]} = 72 \text{ στρ / min ή rpm}$$

Ο αριθμός στροφών μπορεί να επιλεγεί από το πριονωτό διάγραμμα του σχήματος 2.72 σε συνάρτηση της ταχύτητας κοπής και της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου.

Παράδειγμα 2.2

Πλάκα από χάλυβα St42 πρόκειται να εκχονδρισθεί με κοπτικό εργαλείο φρεζαρίσματος από ταχυχάλυβα διαμέτρου 60mm. Να υπολογιστεί ο ενδεικνυόμενος αριθμός στροφών του εργαλείου.

Λύση

Από τον πίνακα 2.8 προκύπτει, για το είδος της κατεργασίας και το συγκεκριμένο κατεργαζόμενο υλικό, ταχύτητα κοπής $u=22\text{m/min}$. Από το διάγραμμα του σχήματος 2.72, για τις συγκεκριμένες τιμές της ταχύτητας και της διαμέτρου, προκύπτει $n=117\text{στρ/min}$.

Πρόωση. Αντιστοιχεί στη μετατόπιση του τραπεζιού της εργαλειομηχανής και κατά συνέπεια του κατεργαζόμενου τεμαχίου σε ένα λεπτό. Η πρόωση, επειδή εκφράζεται ως η ταχύτητα κίνησης του τραπεζιού της εργαλειομηχανής, καλείται ταχύτητα πρόωσης.

Η ταχύτητα της πρόωσης S εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Το υλικό και το είδος (μορφή) του κοπτικού εργαλείου, π.χ. ταχυχάλυβας, σκληρομέταλλο, φρέζα κυλινδρική, κόνδυλοι, φρέζα χόμπ κλπ.
- Το υλικό του κομματιού, π.χ. χάλυβας σκληρός, χάλυβας μαλακός, αλουμίνιο κλπ.
- Τη μορφή, το μέγεθος και τον τρόπο συγκρατήσεως του κομματιού.
- Το βάθος κοπής. Όσο μεγαλύτερο το βάθος κοπής τόσο μικρότερη πρέπει να είναι η πρόωση.
- Την επιθυμητή ποιότητα επιφάνειας. Καλή ποιότητα, μικρή πρόωση και αντιστρόφως.
- Την κατάσταση και τη στιβαρότητα της φρεζομηχανής.

Η πρόωση στο φρεζάρισμα δίδεται με τις εξής μορφές:

- Πρόωση ανά στροφή s_n (mm/στροφή): είναι η μετατόπιση του κομματιού κατά τη διάρκεια μιας πλήρους στροφής του κοπτήρα.
- Πρόωση ανά δόντι s_z (mm/δόντι): είναι η μετατόπιση του τραπεζιού στο διάστημα από την εισχώρηση ενός δοντιού της φρέζας μέχρι την εισχώρηση του επόμενου.

Προφανώς: $s_z = \frac{s_n}{z}$ όπου z ο αριθμός δοντιών του κοπτήρα.

- Πρόωση ανά λεπτό S (mm/min): είναι η μετατόπιση του τραπεζιού σε ένα λεπτό.

Η σχέση που συνδέει τις προώσεις s_z και S προκύπτει ως εξής: Έστω φρέζα με z κοπτικές ακμές (ή δόντια), η οποία περιστρέφεται με n στροφές το λεπτό και το τραπέζι της μετατοπίζεται με πρόωση ανά λεπτό S (προχωράει με S χιλιοστά το λεπτό). Επειδή σε ένα λεπτό η φρέζα κάνει n στροφές και κάθε στροφή αντιστοιχεί

στην κοπή z δοντιών, προκύπτει μετατόπιση ανά λεπτό $s_z \cdot z \cdot n$. Άρα ο τύπος που συνδέει τις δύο προώσεις είναι:

$$S = s_z \cdot z \cdot n \quad (2.2)$$

Για εργασίες ξεχονδρίσματος διαλέγουμε σχετικά μεγάλες προώσεις ανά δόντι s_z , ενώ για τελική κατεργασία μικρές, για να αποδοθεί λεία επιφάνεια.

Η σημασία και η διαφορά των προώσεων s_z και S φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα 2.3.

Ας υποθέσουμε ότι δύο φρέζες έχουν την ίδια διάμετρο, κόβουν το ίδιο υλικό με την ίδια ταχύτητα κοπής (ίδιες στροφές) και έχουν την ίδια πρόωση ανά λεπτό. Η μια όμως φρέζα έχει 8 δόντια, ενώ η άλλη 14. Η πρόωση του κομματιού και στις δύο φρέζες αντιστοιχεί σε 2 mm ανά στροφή.

Με τα δεδομένα αυτά η καταπόνηση της φρέζας με τα 8 δόντια είναι μεγαλύτερη από της φρέζας με τα 14 δόντια.

Έτσι το s_z της φρέζας με τα 8 δόντια θα είναι:

$$s_z = \frac{2 \text{ mm πρόωση ανά στροφή}}{8 \text{ δόντια}} = 0,25 \text{ mm/δόντι}$$

Ενώ το s_z της φρέζας με τα 14 δόντια θα είναι:

$$s_z = \frac{2 \text{ mm πρόωση ανά στροφή}}{14 \text{ δόντια}} = 0,143 \text{ mm/δόντι}$$

Στους πίνακες 2.10 και 2.11 παρουσιάζονται οι συνιστώμενες τιμές της πρόωσης ανά δόντι s_z για φρεζάρισμα με κοπήρες από ταχυχάλυβα και σκληρομέταλλο αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.10

Συνιστώμενες τιμές της πρόωσης ανά δόντι s_z [mm/δόντι] για φρεζάρισμα με φρέζες από ταχυχάλυβα (HSS).

Υλικό	Πρόωση ανά δόντι s_z [mm/δόντι]				
	Περιφερική φρέζα	Μετωπική φρέζα	Δισκοειδής φρέζα	Κονδύλι	Φρέζα μίμης
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 kp/mm ²	0,2	0,25	0,07	0,05	0,04
Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 kp/mm ²	0,15	0,2	0,06	0,05	0,04
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 kp/mm ²	0,1	0,15	0,06	0,04	0,03
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 kp/mm ²	0,08	0,1	0,05	0,03	0,02
Κεκραμένοι χάλυβες	0,08	0,1	0,05	0,03	0,02
Χυτοχάλυβες 38-52 kp/mm ²	0,15	0,15	0,07	0,05	0,04
Φαίος χυτοσίδηρος έως 200 BHN	0,2	0,2	0,07	0,05	0,05
Φαίος χυτοσίδηρος άνω 200 BHN	0,1	0,15	0,05	0,03	0,02
Χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτου	0,2	0,2	0,07	0,05	0,05
Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος	0,2	0,2	0,07	0,05	0,04
Κράματα αργιλίου	0,15	0,1	0,07	0,04	0,03
Ορείχαλκος	0,2	0,2	0,07	0,05	0,04
Κρατέρωμα	0,15	0,15	0,06	0,04	0,03
Πλαστικά	0,15	0,2	0,1	0,06	0,04

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.11

Συνιστώμενες τιμές της πρόωσης ανά δόντι s_z [mm/δόντι] για φρεζάρισμα με φρέζες από σκληρομέταλλο (HSS).

Υλικό	Πρόωση ανά δόντι s_z [mm/δόντι]				
	Περιφερική φρέζα	Μετωπική φρέζα	Δισκοειδής φρέζα	Κονδύλι	Φρέζα μορφής
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 κρ/mm ²	0.25	0.28	0.1	0.05	0.04
Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 κρ/mm ²	0.2	0.25	0.07	0.04	0.03
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 κρ/mm ²	0.15	0.22	0.06	0.04	0.03
Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 κρ/mm ²	0.15	0.22	0.05	0.03	0.02
Κεκραμένοι χάλυβες	0.15	0.22	0.04	0.02	0.02
Χυτοχάλυβες 38-52 κρ/mm ²	0.15	0.22	0.07	0.05	0.02
Φαίος χυτοσίδηρος έως 200 BHN	0.2	0.25	0.07	0.05	0.04
Φαίος χυτοσίδηρος άνω 200 BHN	0.2	0.22	0.07	0.05	0.04
Χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτου	0.2	0.22	0.07	0.05	0.04
Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος	0.2	0.25	0.07	0.05	0.04
Κράματα αργιλίου	0.1	0.15	0.07	0.05	0.04
Ορείχαλκος	0.25	0.3	0.07	0.05	0.04
Κρατέρωμα	0.25	0.3	0.07	0.05	0.04
Πλαστικά	0.25	0.3	0.1	0.07	0.06

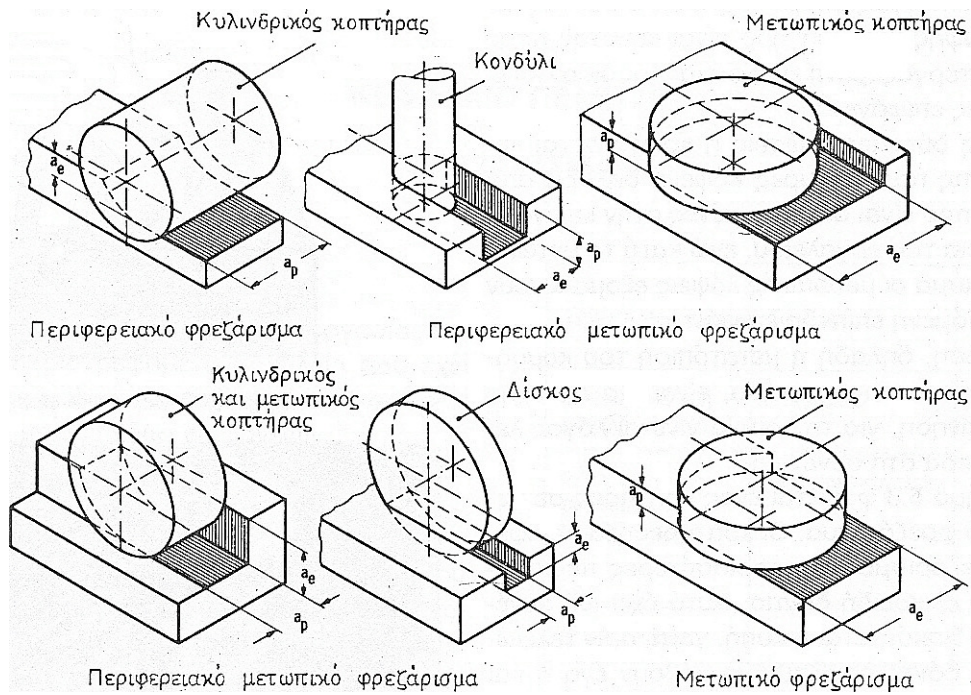
Βάθος κοπής. Το βάθος κοπής είναι μεγαλύτερο κατά τις εργασίες ξεχονδρίσματος και μικρότερο κατά την τελική κατεργασία. Εξαρτάται κυρίως από τη σκληρότητα του υλικού και την κατάσταση της επιφάνειάς του. Ακόμη, το βάθος κοπής κατά σημαντικό ποσοστό εξαρτάται από την ισχύ και τη στιβαρότητα της φρεζομηχανής.

Γενικά, το βάθος κοπής για ξεχονδρίσμα με κοπήρες από ταχυχάλυβα λαμβάνεται:

- Για κυλινδρικές φρέζες $a = 2$ έως 6 mm.
- Για δισκοειδείς φρέζες μονόκοπες και τρίκοπες a μεγ. = περίπου όσο το πλάτος των δοντιών.
- Για κονδύλια a μεγ. = όση η διάμετρος του κονδυλιού.

Επαφή κατεργασίας. Η επαφή κατεργασίας a_e μετράται στο επίπεδο κατεργασίας κάθετα προς τη διεύθυνση προώσεως, στο μετωπικό φρεζάρισμα αντιστοιχεί προς το πλάτος του εργαλείου.

Στο σχήμα 2.73 φαίνονται τα βάθη κοπής στα βασικά είδη φρεζαρίσματος.



Σχήμα 2.73 Τα βάθη κοπής στα βασικά είδη φρεζαρίσματος. a_e : βάθος κοπής που αντιστοιχεί στο περιφερειακό φρεζάρισμα. a_p : βάθος κοπής που αντιστοιχεί στο μετωπικό φρεζάρισμα.

Χρόνος κατεργασίας t_h . Είναι το πηλίκο της απόστασης που διανύει το τραπέζι της εργαλειομηχανής L διά την ταχύτητα της πρόωσης S .

$$t_h = \frac{\text{διάστημα}}{\text{ταχύτητα}} = \frac{L}{S} \quad (2.3)$$

Αυτός είναι ο καθαρός χρόνος (κύριος χρόνος) κοπής. Δεν έχει υπολογισθεί κανένας από τους άλλους απαραίτητους βοηθητικούς και πρόσθετους χρόνους.

Κατά το φρεζάρισμα η διαδρομή που εκτελεί το τραπέζι είναι πάντα μεγαλύτερη από το μήκος του κομματιού. Η απόσταση L εξαρτάται από το μήκος του κομματιού l και τα διαστήματα πριν και μετά την κοπή l_α και l_β : $L = l + l_\alpha + l_\beta$ (2.4)

Η διαδρομή με πρόωση επηρεάζεται από τις διαστάσεις της φρέζας και του τεμαχίου, τη μέθοδο φρεζαρίσματος, το βάθος κοπής και την ποιότητα της επιφάνειας.

Διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις:

1) Όταν γίνεται φρεζάρισμα με την παράπλευρη (κυλινδρική) επιφάνεια της φρέζας [σχήμα 2.74 (α)] τότε ανάλογα με το βάθος κοπής a , για να «μπει» η φρέζα στο κομμάτι χρειάζεται πρώτα μια διαδρομή l_α η οποία εξαρτάται από τα d και a και είναι:

$$l_\alpha = \sqrt{d \cdot a - a^2}$$

Για να «βγει» η φρέζα από το κομμάτι χρειάζεται διαδρομή τόση όσο είναι το μήκος l του κομματιού.

Άρα η αναγκαία διαδρομή του τραπεζιού είναι:

$$L = l_\alpha + l_\beta + l = l + \sqrt{d \cdot a - a^2} + l_\beta$$

Το l_β καθορίζεται ανάλογα με την περίπτωση κοπής και το είδος της φρέζας και είναι $1 \dots 3 \text{ mm}$.

2) Όταν γίνεται μετωπικό φρεζάρισμα με μαχαιροφόρα κεφαλή [σχήμα 2.74 (β)]

φαίνεται ότι η ωφέλιμη διαδρομή για να «βγει» το πάσο θα είναι:

$$L = l + \frac{d}{2} + \frac{d}{2} + 3 = l + d + 3$$

Από το σχήμα 2.74 φαίνεται ότι όταν η διάμετρος της φρέζας d , είναι πολύ μεγαλύτερη από την κανονική, εκτός από τα άλλα μειονεκτήματα που παρουσιάζει απαιτείται και μεγαλύτερη διαδρομή κατεργασίας, και συνεπώς μεγαλύτερος χρόνος.

3) Όταν γίνεται φρεζάρισμα με κονδύλι [σχήμα 2.74 (γ)]:

α) για φρεζάρισμα ανοιχτού αύλακα από την μία πλευρά φαίνεται ότι η ωφέλιμη διαδρομή για να «βγει» το πάσο θα είναι:

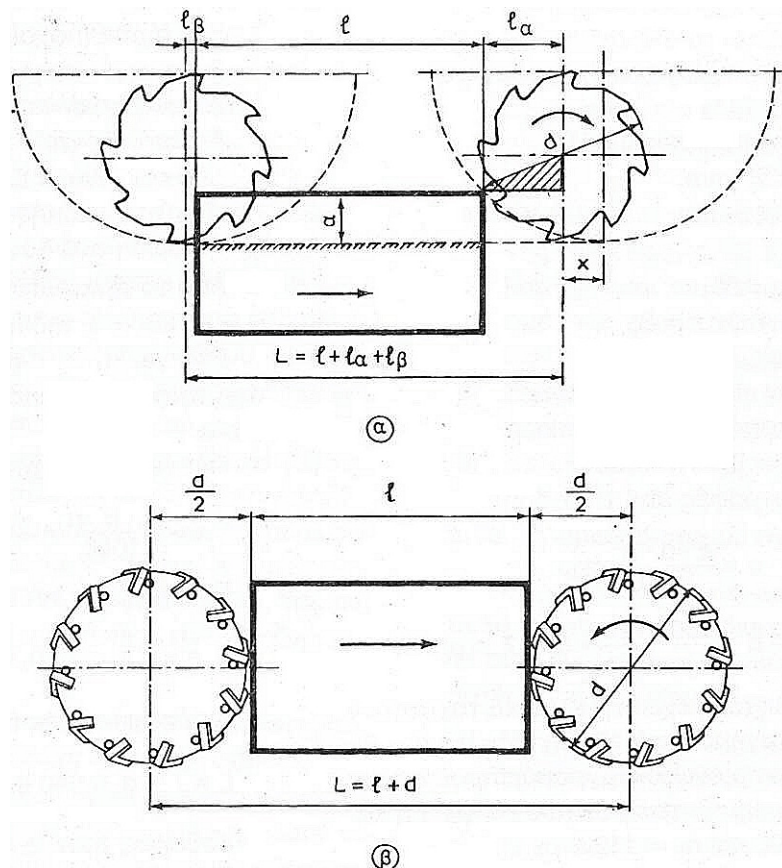
$$L = l + \frac{d}{2} + l_{\beta}$$

β) για φρεζάρισμα κλειστού αύλακα φαίνεται ότι η ωφέλιμη διαδρομή για να «βγει» το πάσο θα είναι:

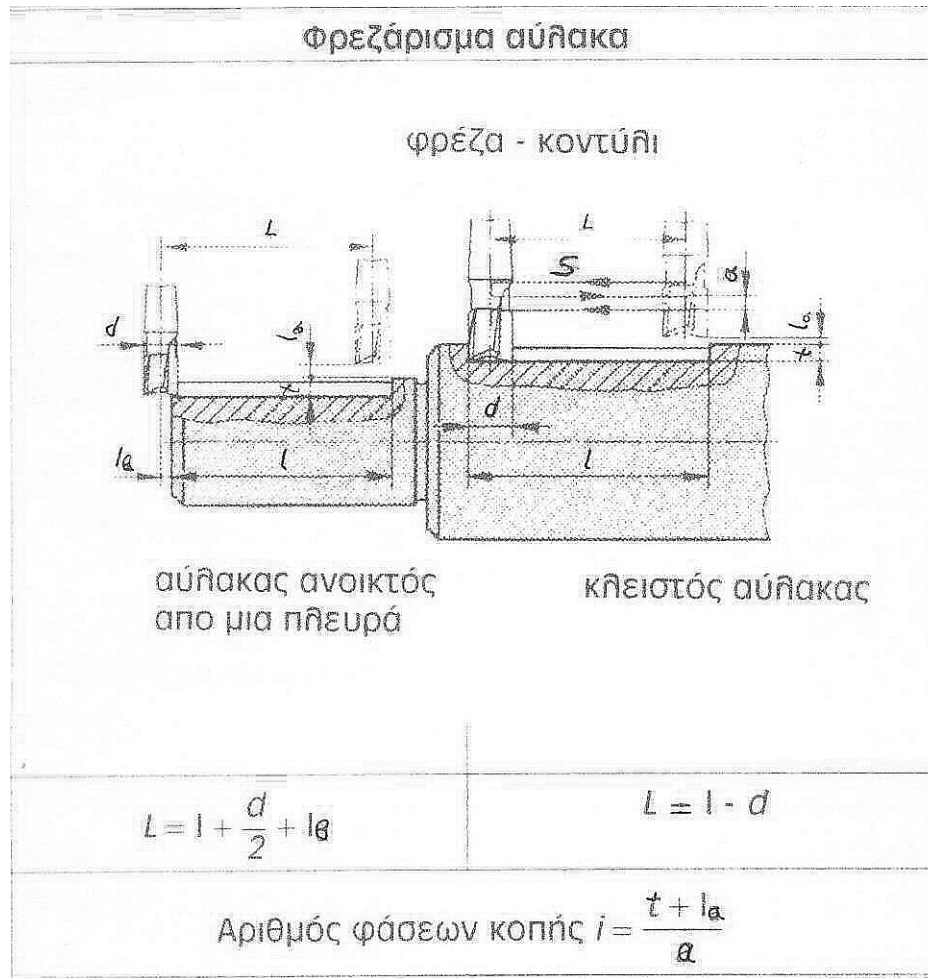
$$L = l - d$$

Ο αριθμός φάσεων κοπής (πάσων) θα είναι:

$$i = \frac{t + l_{\alpha}}{\alpha} \quad \text{όπου } t = \text{βάθος αύλακος}$$



Σχήμα 2.74 Αναγκαία διαδρομή φρεζών για κοπή. α) Με κυλινδρική φρέζα. β) Με μαχαιροφόρα κεφαλή.



Ⓢ

Σχήμα 2.74 Αναγκαία διαδρομή φρεζών για κοπή. γ) Φρεζάρισμα ανοικτού από την μία πλευρά, και κλειστού αύλακα με φρέζα – κοντύλι.

Παραδείγματα:

Για τον καθορισμό του καθαρού χρόνου κατεργασίας.

Παράδειγμα 2.4.

Η πλάκα βάσεως του σχήματος 2.75 πρέπει να φρεζαριστεί με κυλινδρική φρέζα διαμέτρου $d = 100 \text{ mm}$ με $z = 8$ δόντια. Αν η ταχύτητα κοπής είναι $U = 15 \text{ m/min}$ και η πρόωση $S_z = 0,1 \text{ mm}$, ζητούνται:

α) Ο αριθμός στροφών n , σύμφωνα με το σχήμα 2.72 (α)

β) Η πρόωση S_n ανά στροφή

γ) Η διαδρομή L με πρόωση, αν $l_b = 3 \text{ mm}$

δ) Ο κύριος χρόνος κοπής t_h

Λύση:

α) Αριθμός στροφών $n = 45 \text{ στρ/min}$

β) $S_n = S_z \cdot z = 0,1 \text{ mm} \cdot 8 = 0,8 \text{ mm}$

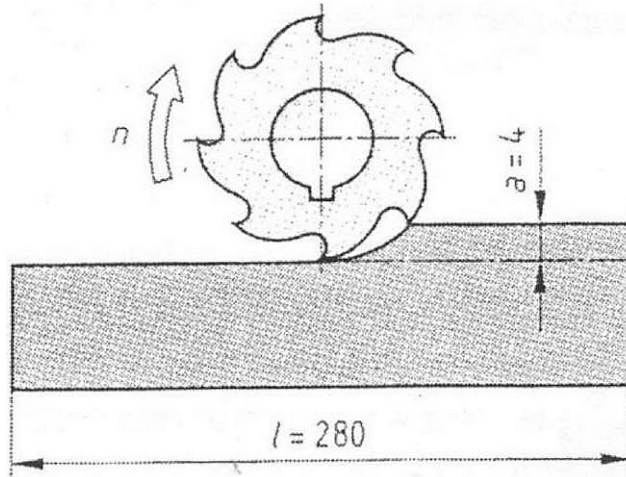
γ) $l_a = \sqrt{d \cdot a - a^2}$

$$= \sqrt{100 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} - 16 \text{ mm}^2}$$

$$= 19,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L &= l + l_\alpha + l_\beta \\ &= 280 \text{ mm} + 19,6 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \\ &= 302,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta) t_h = \frac{L}{n \cdot S_n} = \frac{302,6 \text{ mm}}{45 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0,8 \text{ mm}} = 8,4 \text{ min}$$



Σχήμα 2.75

Παράδειγμα 2.5.

Η επιφάνεια της φλάντζας ενός γραναζοκιβώτιου από GG - 15 θα υποστεί μια φάση κατεργασία φινιρίσματος. Το εργαλείο είναι κεφαλή φρέζας με κοπτήρες από σκληρομέταλλο, η οποία έχει $z = 18$ δόντια και διάμετρο $d = 315$ mm (σχήμα 2.76).

Αν η ταχύτητα κοπής είναι $U = 180$ m/min και η πρόωση $S_z = 0,08$ mm, ζητούνται:

α) Ο αριθμός στροφών n για αδιαβάθητο κιβώτιο ταχυτήτων (στροφών).

β) Η ταχύτητα προώσεως S

γ) Η διαδρομή L με πρόωση, αν $l_\beta = 3$ mm

δ) Ο κύριος χρόνος κοπής t_h

Λύση:

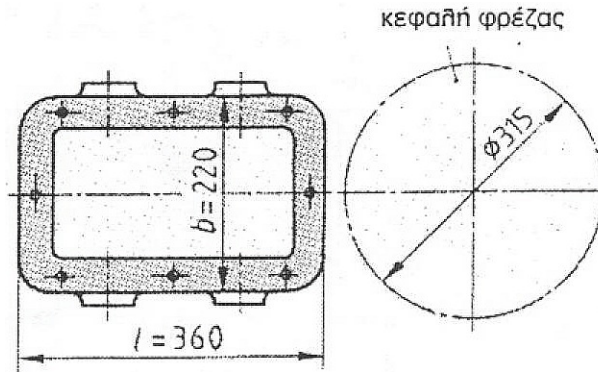
$$\alpha) n = \frac{U}{\pi \cdot d} = \frac{180 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{\pi \cdot 0,315 \text{ m}} = 182 \frac{1}{\text{min}}$$

$$\text{ή από σχήμα 2.72 (β)} \quad n = 182 \frac{1}{\text{min}}$$

$$\beta) S = n \cdot S_z \cdot z = 182 \frac{1}{\text{min}} \cdot 0,08 \text{ mm} \cdot 18 = 262 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$\gamma) L = l + d + l_\beta = 360 \text{ mm} + 315 \text{ mm} + 3 \text{ mm} = 678 \text{ mm}$$

$$\delta) t_h = \frac{L}{S} = \frac{678 \text{ mm}}{262 \frac{\text{mm}}{\text{min}}} = 2,6 \text{ min}$$



Σχήμα 2.76

Παράδειγμα 2.6.

Σε έναν άξονα από 1 C 45 (C 45) θα διανοιχτεί αυλάκι $l = 50$ mm μήκους για την τοποθέτηση ένθετης σφήνας (σχήμα 2.77). Το βάθος κοπής για κάθε φάση είναι $a = 0,5$ mm. Αν η ταχύτητα κοπής $u = 24$ m/min και η ταχύτητα προώσεως $s = 80$ mm/min, ζητούνται:

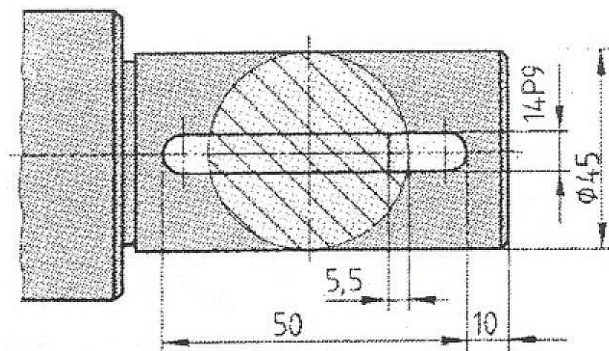
- α) Η διαδρομή L με πρόωση
- β) Ο αριθμός i των φάσεων (πάσων) για $l_a = 0,5$ mm
- γ) Ο κύριος χρόνος κοπής t_h

Λύση:

α) $L = l - d = 50 \text{ mm} - 14 \text{ mm} = 36 \text{ mm}$

β) $i = \frac{t + l_a}{a} = \frac{5,5 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} = 12$

γ) $t_h = \frac{L \cdot i}{n \cdot s_n} = \frac{L \cdot i}{s} = \frac{36 \text{ mm} \cdot 12}{80 \text{ mm/min}} = 5,4 \text{ min}$



Σχήμα 2.77

Διάρκεια ζωής εργαλείου.

Κάθε κοπτικό εργαλείο, από τη στιγμή που θα αρχίσει να εργάζεται φρεσκοακονισμένο, μπορεί να κόβει αποδοτικά επί ένα ορισμένο διάστημα. Κατόπιν οι κόψεις του αρχίζουν βαθμιαία να καταστρέφονται και πρέπει σε κάποια στιγμή να σταματήσει να εργάζεται, γιατί θα έχει στομώσει και υπάρχει άμεσος κίνδυνος όχι μόνο να καταστραφεί, αλλά να προκαλέσει ζημιά και στην εργαλειομηχανή. Το εργαλείο τότε πρέπει να αφαιρεθεί και να ακονισθεί ή να αντικατασταθούν τα

πλακίδια, εφ' όσον πρόκειται για ένθετα σκληρομέταλλα, δηλαδή να τροχισθούν κανονικά οι κόψεις του. Σχετικά σημειώνεται ότι το ακόνισμα ενός πολύ στομωμένου κοπτήρα κοστίζει πολύ περισσότερο από όσο κοστίζει το ακόνισμά του μετά από μια ομαλή και κανονική στόμωση.

Ονομάζουμε διάρκεια ζωής του εργαλείου το συνολικό καθαρό χρόνο κοπής από τη στιγμή που άρχισε να κόβει φρεσκοακονισμένο μέχρι τη στιγμή που θα πρέπει να σταματήσει να κόβει για να ακονισθεί. Η διάρκεια ζωής συμβολίζεται με T και εκφράζεται σε πρώτα λεπτά της ώρας, π.χ. $T60$, $T120$, $T240$.

Σε κάθε κοπτήρα, θεωρητικά, οι κόψεις όλων των δοντιών καταλήγουν σε μια και την αυτή κυλινδρική επιφάνεια και μετωπικά σε ένα επίπεδο κάθετο στο νοητό άξονα περιστροφής. Στην πράξη όμως σχεδόν ποτέ δε συμβαίνει αυτό. Κάποια δόντια θα εξέχουν έστω και ελάχιστα, με συνέπεια να πάθουν στόμωση νωρίτερα από τα άλλα. Η πείρα έδειξε ότι όταν η φθορά φθάσει τα 0,2 έως 0,3 mm, είναι επικίνδυνο να αφήσουμε το εργαλείο να συνεχίσει να κόβει.

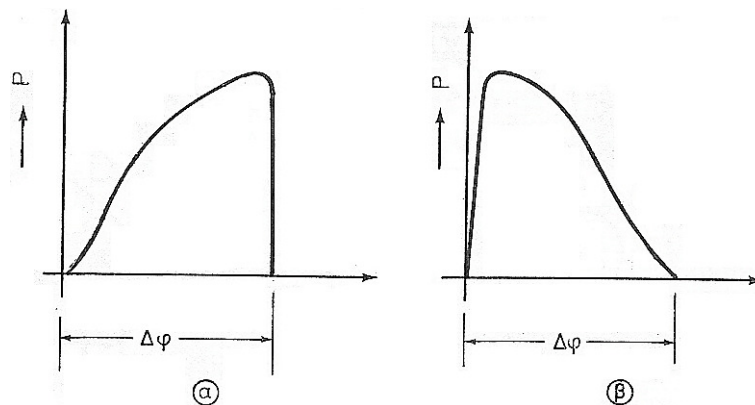
Τη μεγαλύτερη επίδραση στο μέγεθος της διάρκειας ζωής T έχει η ταχύτητα κοπής u . Υπέρβαση αυτής κατά 20% από την επιτρεπόμενη ελαττώνει τη διάρκεια ζωής κατά 1/3 (33%). Επίσης μεγάλη επίδραση έχει η πρόωση ανά δόντι s_z . Ελάττωση του s_z κατά 30% αυξάνει το T κατά 50%.

Συμπέρασμα: Επιβάλλεται τακτικά ακόνισμα του κοπτήρα και μη υπέρβαση των κανονικών τιμών των u και s_z .

Ανάπτυξη της δυνάμεως κοπής κατά το περιφερειακό φρεζάρισμα.

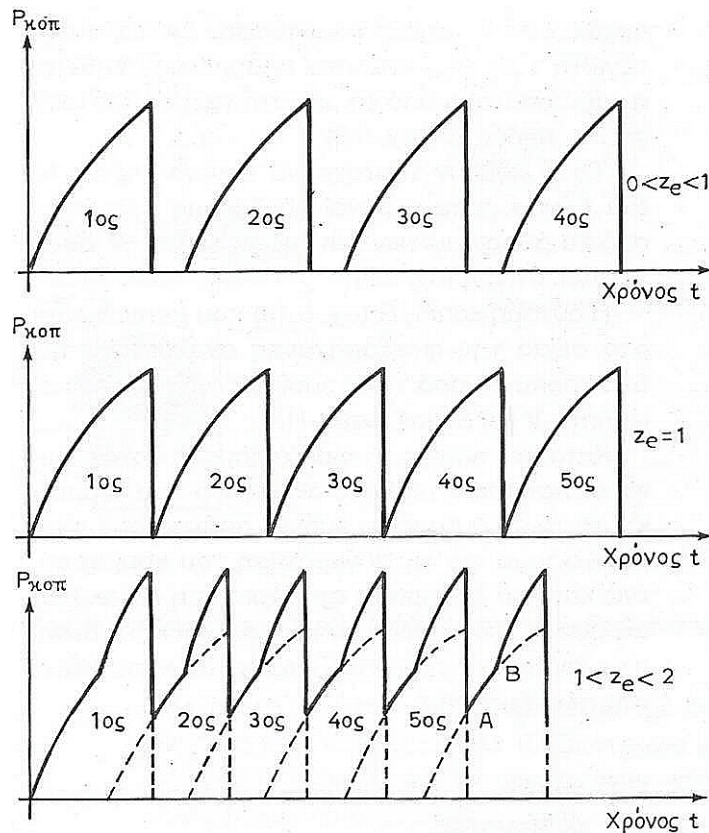
Όπως φαίνεται από το σχήμα 2.4 το πάχος στο απόβλητο κατά το ομόρροπο φρεζάρισμα αρχίζει από τη μέγιστη τιμή και καταλήγει στο μηδέν, ενώ κατά το αντίρροπο το πάχος αρχίζει από το μηδέν και γίνεται μέγιστο κατά την έξοδο του δοντιού από το υλικό.

Συνέπεια αυτού είναι ότι, η δύναμη κοπής είναι μεταβαλλόμενη από μηδέν μέχρι ένα μέγιστο και επαναλαμβάνεται περιοδικά. Στο αντίρροπο αρχίζει από το μηδέν και σταματά απότομα στη μέγιστη τιμή της, ενώ στο ομόρροπο, αντίθετα, αρχίζει απότομα από τη μέγιστη τιμή και καταλήγει στο μηδέν (σχήμα 2.78).



Σχήμα 2.78 Ανάπτυξη της δυνάμεως κοπής κατά το περιφερειακό φρεζάρισμα. α) Αντίρροπο. β) Ομόρροπο.

Όταν κόβουν ταυτόχρονα περισσότερα από ένα δόντια, τότε η συνολική δύναμη προκύπτει από το άθροισμα των δυνάμεων από κάθε δόντι σε κάθε στιγμή (σχήμα 2.79).

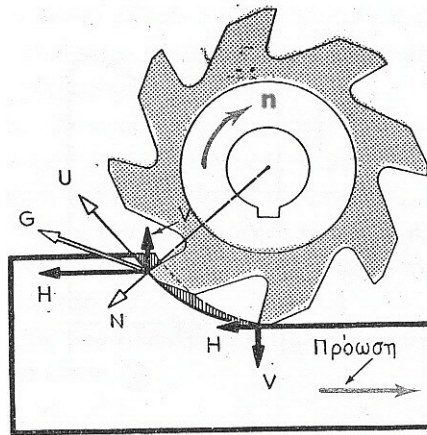


Σχήμα 2.79 Ανάπτυξη της δυνάμεως κοπής ανάλογα με τον αριθμό των δοντιών z_e που κόβουν ταυτόχρονα.

Η δύναμη κοπής G (σχήμα 2.80) που μεταφέρεται στο σώμα της φρεζομηχανής αναλύεται κατά δύο τρόπους, από τους οποίους ενδιαφέρουν οι κάθετες V και οι οριζόντιες H .

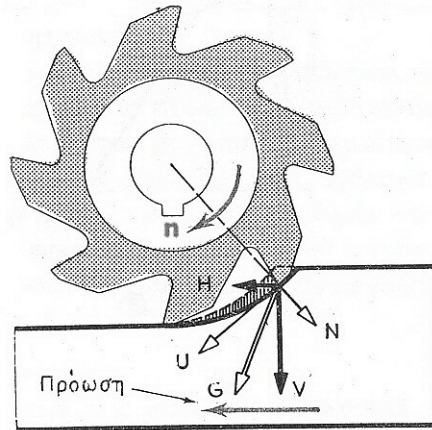
Κατά το αντίρροπο φρεζάρισμα η κατακόρυφη συνιστώσα V τείνει να ανασηκώσει το κομμάτι και το τραπέζι προς τα επάνω, πράγμα που είναι μειονέκτημα για τη συγκράτηση του κομματιού, ενώ κατά το ομόρροπο φρεζάρισμα η κατακόρυφη συνιστώσα V πιέζει το κομμάτι και κατά συνέπεια πιέζει και το τραπέζι προς τα κάτω πάνω στις γλίσσιères του.

ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ



U = Περιφερειακή δύναμη
N = Κάθετη ακτινική δύναμη
G = Συνισταμένη δύναμη

ΟΜΟΡΡΟΠΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ



H = Οριζόντια συνιστώσα
V = Κατακόρυφη συνιστώσα

Σχήμα 2.80 Οι δυνάμεις κοπής κατά το αντίρροπο και το ομόρροπο φρεζάρισμα.

Σχηματισμός και μέσο πάχος αποβλήτου.

Επειδή, όπως αναφέρθηκε, το πάχος του αποβλήτου μεταβάλλεται από μηδέν μέχρι μια μέγιστη τιμή, για τον καθορισμό των δυνάμεων και της ισχύος κοπής, στο φρεζάρισμα χρησιμοποιείται το «μέσο πάχος αποβλήτου h_m ».

Στο σχήμα 2.81 φαίνεται ένας κυλινδρικός κοπτήρας με ευθύγραμμα δόντια και η μορφή της επιφάνειας του κατεργαζόμενου κομματιού σε δύο διαδοχικές θέσεις για μετατόπιση κατά ένα δόντι, δηλαδή έπειτα από πρόωση s_z .

D η διάμετρος του κοπτήρα.

a το βάθος κοπής.

z ο αριθμός δοντιών του κοπτήρα.

Δ_ϕ η γωνία που διαγράφει το δόντι κατά τη διάρκεια της επαφής του με το υλικό.

h_m το μέσο πάχος αποβλήτου. Το πάχος του αποβλήτου αρχίζει από 0 και καταλήγει στο μέγιστο $EG = s_z$. Ως μέσο πάχος λαμβάνεται προσεγγιστικά το πάχος που αντιστοιχεί στη γωνία $\Delta_\phi/2$.

z_e ο αριθμός των συγχρόνως δρώντων δοντιών, δηλαδή των δοντιών που αναλογούν και περιλαμβάνονται στη γωνία Δ_ϕ . Προφανώς είναι:

$$z_e = \frac{\Delta_\phi}{360} \cdot z$$

και γωνία $\Gamma OA = ZGO = \Delta_\phi$.

Από τη μορφή του σχήματος προκύπτουν:

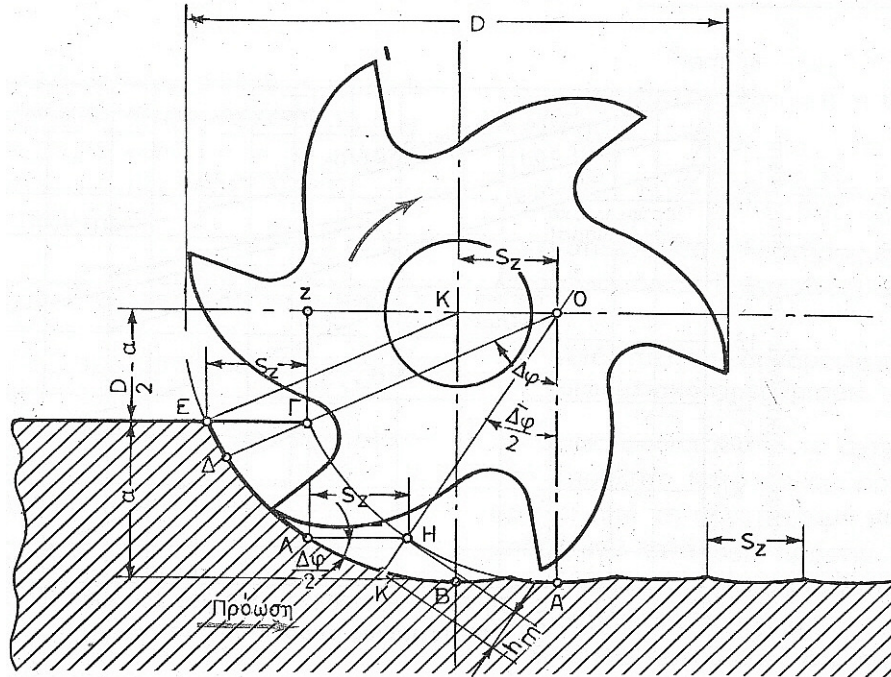
$$\text{συν } \Delta_\phi = \frac{\Gamma Z}{\Gamma O} = \frac{\frac{D}{2} - a}{\frac{D}{2}} \Rightarrow \text{συν } \Delta_\phi = 1 - \frac{2a}{D}$$

Η γωνία ΗΛΚ προσεγγιστικά λαμβάνεται $\frac{\Delta_\phi}{2}$ οπότε:

$$h_m = s_z \cdot \eta\mu \frac{\Delta\phi}{2}$$

$$\text{όμως } \eta\mu \frac{\Delta\phi}{2} = \sqrt{\frac{1 - \sigma\upsilon\nu\Delta\phi}{2}} \Rightarrow \eta\mu \frac{\Delta\phi}{2} = \sqrt{\frac{\alpha}{D}}$$

$$\text{και } h_m = s_z \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{D}}$$



Σχήμα 2.81 Σχηματισμός αποβλήτου. Μέσο πάχος h_m σε περιφερειακό (αντίρροπο) φρεζάρισμα.

Παράδειγμα 2.7.

Βάθος κοπής: $\alpha = 20 \text{ mm}$

Διάμετρος κοπτήρα: $d = 125 \text{ mm}$

Πρόωση ανά δόντι $s_z = 0,3 \text{ mm}$

$$h_m = 0,3 \sqrt{\frac{20}{125}} = 0,3 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ mm}$$

Αν ο κυλινδρικός κοπτήρας έχει ελικοειδή δόντια με κλίση λ ($\lambda =$ γωνία της κόψεως με την κατεύθυνση του άξονα περιστροφής του κοπτήρα), τότε η γωνία τοποθετήσεως της κόψεως κ είναι $\kappa = 90 - \lambda$, γιατί γωνία τοποθετήσεως κ είναι η γωνία που σχηματίζει η κόψη με την κατεύθυνσή της προώσεως. Στην περίπτωση αυτή το πάχος του αποβλήτου είναι:

$$h_m = s_z \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{D}} \cdot \eta\mu\kappa \Rightarrow h_m = s_z \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{D}} \cdot \sigma\upsilon\nu\lambda$$

Μέγιστο πάχος αποβλήτου $\Gamma\Delta = h_{\max} = s_z \cdot \eta\mu\Delta\phi$.

Αν b είναι το πλάτος του αντικειμένου (πάντοτε ελάχιστα μικρότερο από το μήκος του κυλινδρικού κοπτήρα), η διατομή του αποβλήτου θα είναι $f = b \cdot h_m$ (πλάτος x πάχος).

Σε περίπτωση που κόβουν ταυτόχρονα Z_e δόντια, η διατομή πολλαπλασιάζεται ανάλογα.

Με βάση το μέσο πάχος αποβλήτου h_m υπολογίζεται η ειδική αντίσταση κοπής K_{sm} και στη συνέχεια η δύναμη κοπής P και η ισχύς κοπής N .

Ισχύς κοπής.

Υπάρχουν διάφορες μαθηματικές σχέσεις, με τις οποίες υπολογίζεται η ισχύς κοπής για τις διάφορες περιπτώσεις φρεζαρίσματος, όπου λαμβάνονται υπόψη οι ειδικές κάθε φορά συνθήκες.

Στην πράξη είναι απλούστερο να υπολογίζεται με πολύ καλή προσέγγιση η ισχύς κοπής από το βάθος κοπής, το πλάτος κομματιού και την ταχύτητα προώσεως. Για κυλινδρικούς κοπτήρες, δισκοειδείς και κονδύλια με μικρά σχετικά βάθη κοπής ($a \leq 0,3 D$) χρησιμοποιείται η προσεγγιστική σχέση:

$$N_{\text{κοπ}} = \frac{K_{sm}}{6,12 \times 10^6} \times a \times b \times S \quad \text{σε kW όπου}$$

K_{sm} η μέση ειδική αντίσταση κοπής [που αντιστοιχεί στο πάχος αποβλήτου) h_m (kp/mm^2).

a το βάθος κοπής (mm).

b το πλάτος κομματιού (mm).

S η ταχύτητα προώσεως (mm/min).

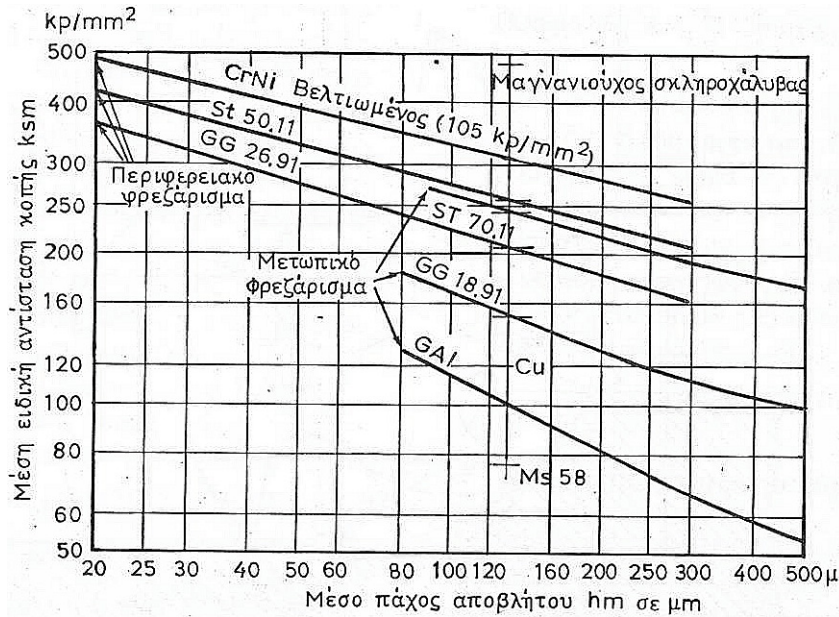
Η μέση ειδική αντίσταση κοπής K_{sm} χάριν απλότητας και για τα διάφορα πάχη h_m και τα διάφορα υλικά κομματιού δίδεται από το διάγραμμα του σχήματος 2.82.

Η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα της εργαλειομηχανής θα είναι:

$$N = \frac{N_{\text{κοπ}}}{\eta}$$

όπου: η ο συνολικός βαθμός αποδόσεως της εργαλειομηχανής.

Εκτός από τις μηχανικές απώλειες, για την κίνηση της κύριας ατράκτου λαμβάνονται υπόψη και απώλειες του μηχανισμού προώσεως. Για το λόγο αυτό στις φρεζομηχανές, ανάλογα με το είδος, την ηλικία, τον αριθμό στροφών και το μέγεθος της φορτίσεώς τους οι απώλειες του μηχανισμού προώσεως κυμαίνονται σε μεγάλα όρια μεταξύ $\eta = 0,5$ έως $0,8$.



Σχήμα 2.82 Μέση ειδική αντίσταση κοπής κατά το φρεζάρισμα σε συνάρτηση του μέσου πάχους αποβλήτου h_m .

Παράδειγμα 2.8.

Γίνεται περιφερειακό φρεζάρισμα (ξεχόνδρισμα) με κυλινδρικό κοπτήρα διαμέτρου $D = 100 \text{ mm}$ με ευθύγραμμα δόντια σε χάλυβα ST50, βάθος κοπής $a = 5 \text{ mm}$, πλάτος κομματιού $b = 80 \text{ mm}$, αριθμός δοντιών $z = 10$, στροφές κοπτήρα $n = 56 \text{ στρ./min}$ (ταχύτητα κοπής $u = 18 \text{ m/min}$) πρόωση ανά δόντι $s_z = 0,16 \text{ mm}$).

Μέσο πάχος αποβλήτου

$$h_m = s_z \sqrt{\frac{a}{D}} = 0,16 \sqrt{\frac{5}{100}} = 0,036 \text{ mm} = 36 \mu\text{m}$$

Από το σχήμα 2.82 προκύπτει για χάλυβα St50 $K_{sm} = 375 \text{ kp/mm}^2$.

Η ταχύτητα προώσεως $S = S_z \cdot n \cdot z = 0,16 \cdot 56 \cdot 10 = 90 \text{ mm/min}$.

Συνεπώς η ισχύς κοπής

$$N_{κοπ} = \frac{K_{sm}}{6,12 \times 10^6} \times a \times b \times S \Rightarrow \frac{375 \times 5 \times 80 \times 90}{6,12 \times 10^6} = 2,21 \text{ kW}$$

Κι αν θεωρήσουμε συνολικό βαθμό αποδόσεως της φρεζομηχανής $\eta = 0,7$ θα έχουμε ισχύ κινητήρα

$$N_{κιν} = \frac{N_{κοπ}}{\eta} = \frac{2,21}{0,7} = 3,16 \text{ kW}$$

Υποτίθεται ότι ο κοπτήρας έχει σωστά και καλά ακονισμένες (τροχισμένες) κόψεις.

Δυνάμεις και ισχύς κοπής κατά το μετωπικό φρεζάρισμα.

Στις φρεζομηχανές κατά το μετωπικό φρεζάρισμα ενδιαφέρει πολύ η απόδοση που μπορούν να έχουν αυτές σε όγκο παραγομένων αποβλήτων. V σε cm^3 ανά kW ισχύος σε χρόνο ενός λεπτού, δηλαδή V ($\text{cm}^3/\text{kW}, \text{min}$).

Όγκος ανά λεπτό = $a \cdot B \cdot S$. Αν N η ισχύς σε kW

τότε $Y = \frac{a \cdot B \cdot S}{N}$ (τιμές δίνονται στον πίνακα 2.12).

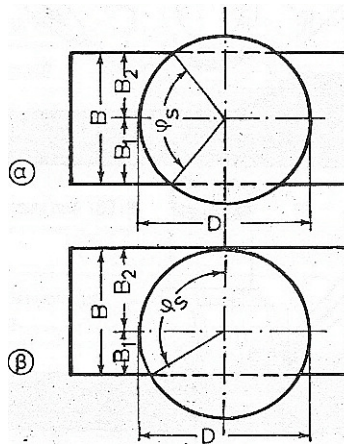
Ο πίνακας 2.12 ισχύει για πλάτος αντικειμένου $B \approx 0,5 D$, οπότε γωνία δράσεως $\varphi_s = 60^\circ$ (σχήμα 2.83). Όταν $\varphi_s = 90^\circ$, οι τιμές πρέπει να ληφθούν 5% μεγαλύτερες, και όταν $\varphi_s = 30^\circ$, οι τιμές θα πρέπει να ληφθούν 15% μικρότερες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.12

Ενδεικτικές τιμές δυνατών αποδόσεων σε όγκο αποβλήτων V σε $\text{cm}^3/\text{kW}\cdot\text{min}$ κατά το μετωπικό φρεζάρισμα με μαχαιροφόρες κεφαλές.

Υλικό	Δυνατή απόδοση σε απόβλητα V ($\text{cm}^3/\text{kW}\cdot\text{min}$)					
	Περίπτωση Α $B_1 = B_2$			Περίπτωση Β $B_1 < B_2$		
	Πρόωση ανά δόντι S_z (mm)					
	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4
Κοινός χάλυβας	9,5	11,5	13,5	8,5	10	12
Χάλυβας με ελαφριές προσμίξεις	7,5	9,5	11,5	6,5	8	10
Χάλυβας βελτιωμένος	5	6,5	8	4,5	6	7,5
Χυτοσίδηρος	18,5	22,5	26,5	16,5	20	24
Ελαφρά μέταλλα	45	52	60	40	48	56

Οι παραπάνω τιμές για βαθμό αποδόσεως της φρεζομηχανής 70%



Σχήμα 2.83 Οριακές περιπτώσεις μετωπικού φρεζαρίσματος. α) $B_1 = B_2$. β) $B_1 < B_2$.

Παράδειγμα 2.9, υπολογισμού αποδόσεως, ισχύος και δυνάμεων κοπής.

Υλικό για μετωπικό φρεζάρισμα: χυτοσίδηρος GG26

Μαχαιροφόρα κεφαλή με σκληρομέταλλα:

$D = 250 \text{ mm}$

Αριθμός δοντιών: $Z = 16$

Γωνία δράσεως: $\varphi_s = 60^\circ$

Συνθήκες κοπής: στροφές $n = 90 \text{ στροφ./min}$

Ταχύτητα κοπής: $u = 70 \text{ m/min} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$

Βάθος κοπής: $a = 4 \text{ mm}$

Πλάτος κομματιού $b = 120 \text{ mm}$

Ταχύτητα προώσεως: $S = 600 \text{ mm/min}$

Διάταξη κατά την περίπτωση α του σχήματος 2.83.

Πρόωση ανά δόντι:

$$s_z = \frac{600}{90 \cdot 16} \rightarrow s_z = 0,42 \text{ mm}$$

Απόδοση σε απόβλητα κατά τον πίνακα 2.12

$$V = 26,5 \text{ cm}^3/\text{kWmin}$$

Από τη σχέση:

$$V = \frac{a \cdot B \cdot S}{N} \rightarrow N = \frac{a \cdot B \cdot S}{V}$$

Εκφράζοντας τα δεδομένα σε cm, έχουμε:

$$N_{\text{κiv}} = \frac{a \cdot B \cdot S}{1000 \cdot V} = \frac{4 \cdot 120 \cdot 600}{1000 \cdot 26,5} = 10,86 \text{ kW}$$

Δύναμη από τον κοπήρα που καταπονεί την άτρακτο:

Από το γνωστό τύπο υπολογισμών της ισχύος

$$N = \frac{P \cdot u}{6120} \rightarrow P = \frac{6120 \cdot N}{u}$$

όπου P σε kp, N σε kW και u σε m/min

$$N = N_{\text{κοπ}} = N_{\text{κiv}} \cdot \eta = 10,86 \cdot 0,7 = 7,6 \text{ kW}$$

$$u = 70 \text{ m/min}$$

$$\text{και } P = \frac{6120 \cdot 7,6}{70} \rightarrow P = 664,5 \text{ kp}$$

Η ψύξη κατά το φρεζάρισμα.

Και στην περίπτωση του φρεζαρίσματος η ψύξη έχει διπλό σκοπό:

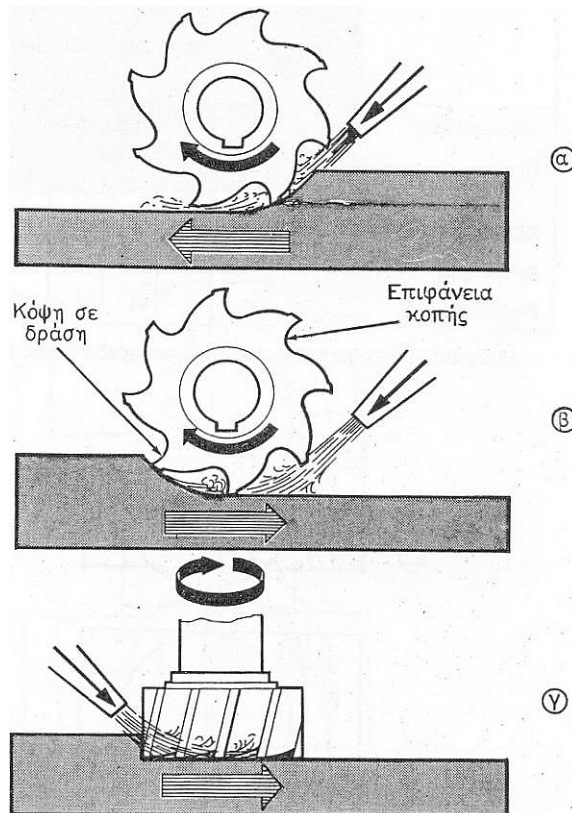
- Να απομακρύνει την αξιόλογη θερμότητα που αναπτύσσεται κατά την κοπή.
- Να ελαττώνει την τριβή μεταξύ υλικού και κοπτικών ακμών και συνεπώς τη φθορά τους.

Χρησιμοποιούνται τα γαλακτώματα και διαλύματα από ειδικά λάδια κοπής, τα οποία προμηθεύουν οι εταιρείες πετρελαιοειδών.

Οι κοπήρες από ταχυχάλυβα απαιτούν οπωσδήποτε τη χρησιμοποίηση ψυκτικού υγρού. Στους κοπήρες με δόντια από σκληρομέταλλο, επειδή η κοπή είναι διακεκομμένη, δημιουργούνται κατά το ξεχόνδρισμα αυξομειώσεις της θερμοκρασίας που καταπονούν θερμικά την επιφάνεια κοπής με κίνδυνο να γίνουν ρωγμές στην κόψη. Για το λόγο αυτό η χρήση του ψυκτικού υγρού πρέπει να αποφεύγεται, δηλαδή πρέπει να γίνεται ξηρά κοπή.

Ξηρά κοπή γίνεται επίσης κατά κανόνα στο χυτοσίδηρο, στον ορείχαλκο, τα τεχνικά υλικά και τα κράματα μαγνησίου. Στα κράματα μαγνησίου, λόγω των ιδιοτήτων τους, η ψύξη με νερό είναι πολύ επικίνδυνη και πρέπει να αποφεύγεται.

Στο σχήμα 2.84 φαίνεται ποια είναι η σωστή κατεύθυνση του ψυκτικού υγρού στις τρεις κυριότερες περιπτώσεις κοπής.



Σχήμα 2.84 Η σωστή κατεύθυνση ροής του ψυκτικού υγρού. α) Σε ομόρροπο φρεζάρισμα. β) Σε αντίρροπο φρεζάρισμα. γ) Σε μετωπικό φρεζάρισμα.

Επίσης, γίνεται φανερό από το σχήμα ότι στο ομόρροπο φρεζάρισμα η ψύξη επιτυγχάνεται καλύτερα, γιατί το υγρό κοπής έρχεται άμεσα σε επαφή με το δόντι και την κόψη που κόβει.

Γενικές οδηγίες για το φρεζάρισμα τεμαχίων

- Εκλογή της ενδεδειγμένης φρεζομηχανής από πλευράς είδους και μεγέθους, ώστε να είναι η καταλληλότερη τόσο για το είδος του φρεζαρίσματος που θα γίνει όσο και για τη μορφή και το μέγεθος του κομματιού (φρεζομηχανή οριζόντια ή κάθετη, απλή ή γενικής χρήσεως, κλπ.).
- Κατάλληλες μηχανές με εύχρηστη περιοχή στροφών και προώσεων, επαρκείς διαστάσεις τραπεζιού, αναγκαία στιβαρότητα και ισχύ κινήσεως, επαρκή ψύξη και εύκολη απαγωγή των αποβλήτων.
- Κοπτικά εργαλεία με μεγάλη απόδοση και κατάλληλη μορφή και διαστάσεις (διάμετρος, πλάτος, αριθμός δοντιών, βήμα κλπ.), ασφαλή τρόπο συγκρατήσεώς τους στη φρεζομηχανή και υλικό κοπτικών δοντιών που να αντέχει σε φθορά και σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Οι στροφές του κοπτήρα και η ταχύτητα πρόωσης πρέπει να υπολογίζονται ακριβώς, εξαρτώνται από το είδος του εργαλείου και το είδος του υλικού του κομματιού. Κατά τη διάρκεια της εκχόνδρισης, επιλέγονται χαμηλές περιστροφικές ταχύτητες και μεγάλη ταχύτητα πρόωσης, για προστασία του κοπτικού εργαλείου. Κατά την αποπεράτωση (φινίρισμα), επιλέγονται υψηλές περιστροφικές ταχύτητες και μικρή

πρόωση.

Επίσης σωστή επιλογή του είδους φρεζαρίσματος ως προς την κατεύθυνση κινήσεως, δηλαδή ομόρροπο ή αντίρροπο.

- Για κατεργασία φινιρίσματος πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο εργαλείο και βάθος κοπής όχι μεγαλύτερο του 0.5 - 1 mm.
- Σε όλες τις φάσεις του φρεζαρίσματος είναι απαραίτητο πάντα το υγρό κοπής, για προστασία του κοπτικού εργαλείου και για καλύτερη ποιότητα επιφάνειας.
- Να μη χρησιμοποιείται φθαρμένο κοπτικό εργαλείο.
- Το κομμάτι πρέπει να συγκρατείται σωστά, με ασφάλεια και στιβαρά, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος κραδασμών λόγω δυνάμεων κοπής.
- Υπολογισμός της ισχύος κοπής και έλεγχος επάρκειας της φρεζομηχανής, ιδίως για βαριές εργασίες με μετωπικό φρεζάρισμα.
- Λοιπά αναγκαία μέτρα και ευκολίες εργασίας, δηλαδή σωστή επιλογή των τεχνιτών (φρεζαδόρων), επαρκής τεχνική μόρφωση και πείρα, ιδίως όταν γίνεται συχνή αλλαγή είδους εργασιών, κατανοητά και καθαρά σχέδια, τακτική και επιμελημένη συντήρηση των φρεζομηχανών.

Μέτρα ασφαλείας κατά τη διάρκεια του φρεζαρίσματος

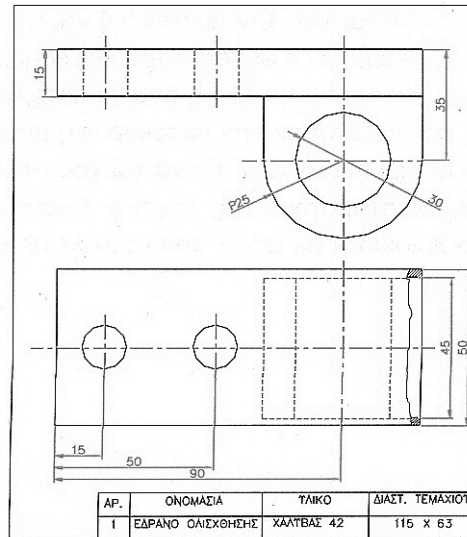
Εκτός από τα γνωστά μέτρα ασφαλείας που πρέπει να παίρνονται κατά την εργασία σε μηχανουργείο (βλέπε κεφάλαιο 1), επιπλέον κατά το φρεζάρισμα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω σημεία:

- Το κοπτικό εργαλείο δεν πρέπει να πιάνεται κατά τη διάρκεια της κοπής.
- Ποτέ να μην καθαρίζονται τα απόβλητα με το χέρι, αλλά με τη χρήση ειδικής βούρτσας.
- Μετρήσεις πρέπει να γίνονται μόνο όταν είναι σταματημένη η μηχανή.

ΑΣΚΗΣΗ 5.1

Φρεζάρισμα επίπεδης επιφάνειας

Πρόκειται για φρεζάρισμα επιφάνειας σώματος ενός εδράνου ολίσθησης του οποίου το κατασκευαστικό σχέδιο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Κατασκευαστικό σχέδιο σώματος εδράνου ολίσθησης.

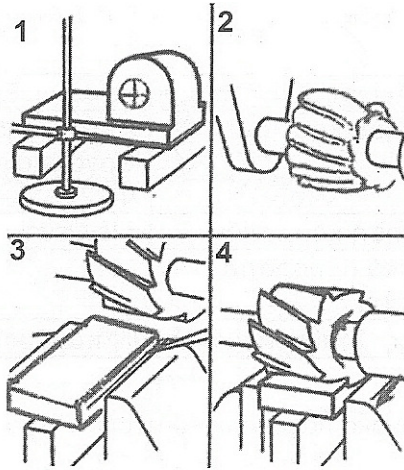
Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Χάραξη	Υψομετρικός χαρακτήρας
2	Συγκράτηση κοπτήρα. Έλεγχος ομοαξονικότητας του κοπτήρα και του εργαλειοφόρου άξονα	Κυλινδρικός κοπτήρας 63x70N. Εργαλειοφόρος άξονας
3	Συγκράτηση κομματιού	Μέγγενη
4	Περιφερικό ομόρροπο φρεζάρισμα	
Εργαλεία μέτρησης: Διαβήτης, αεροστάθμη (αλφάδι)		

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

Κατεργασία	Στροφές [στροφ/min]	Ταχύτητα κοπής [m/min]	Πρόωση s_z [mm/δόντι]
Εκχόνδριση	113	22	0.2

Το φρεζάρισμα γίνεται σε οριζόντια φρέζα και με ένα πέρασμα. Το κομμάτι ευθυγραμμίζεται πάνω στη μέγγενη σύμφωνα με τη χαραγμένη ευθεία γραμμή. Οι στροφές του κοπτήρα υπολογίζονται από τη σχέση (2.1), σε συνάρτηση με τη διάμετρο του κοπτήρα και την ταχύτητα κοπής. Η ταχύτητα κοπής επιλέγεται από τον πίνακα 2.8 και η πρόωση ανά δόντι από τον πίνακα 2.10. Πριν αρχίσει η εργασία του φρεζαρίσματος, το τραπέζι μετακινείται κατά μήκος σε απόσταση l_a από το κατεργαζόμενο κομμάτι και το βάθος κοπής καθορίζεται με την κατακόρυφη μετακίνηση του τραπέζιού. Το υγρό κοπής πρέπει να αρχίσει να τρέχει, εφόσον έχει μπει σε λειτουργία η μηχανή. Το σταμάτημα της μηχανής πρέπει να γίνει, εφόσον το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται σε απόσταση ασφαλείας από το κομμάτι l_u ($l_u = 3-5\text{mm}$).

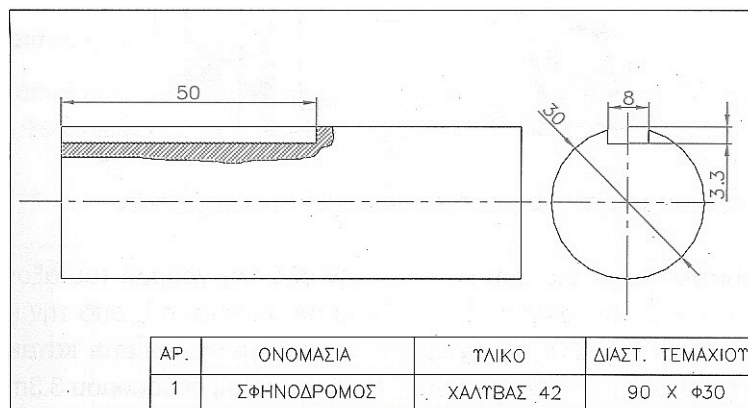


Στάδια κατεργασίας φρεζαρίσματος επίπεδης επιφάνειας σώματος εδράνου ολίσθησης.

ΑΣΚΗΣΗ 5.2

Φρεζάρισμα σφηνόδρομου

Πρόκειται για κατεργασία σφηνόδρομου πάνω σε ένα άξονα, με τη βοήθεια ενός δισκοειδούς κοπτήρα, σε οριζόντια φρεζομηχανή. Το κατασκευαστικό σχέδιο του άξονα με το σφηνόδρομο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Κατασκευαστικό σχέδιο άξονα με σφηνόδρομο.

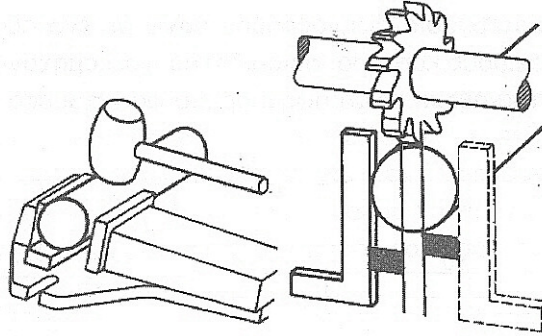
Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Συγκράτηση κοπτήρα	Δισκοειδής κοπτήρας 63x8 Εργαλειοφόρος άξονας Φ22
2	Συγκράτηση κομματιού	Μέγγενη
3	Περιφερικό αντίρροπο φρεζάρισμα	
Εργαλεία μέτρησης: Σταθερή γωνία 90°, παχύμετρο		

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

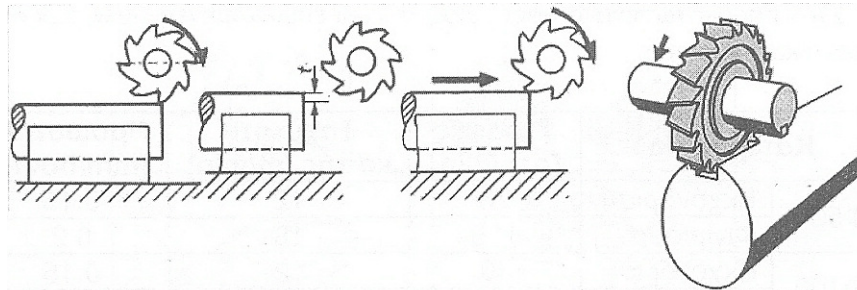
Κατεργασία	Στροφές [σπρ/min]	Ταχύτητα κοπής [m/min]	Πρόωση s_z [mm/δόντι]
Εκχόνδριση	113	22	0.07

Ο άξονας τοποθετείται στη μέγγενη, παράλληλα προς το τραπέζι, με τη βοήθεια της σταθερής γωνίας 90° και ένα πλαστικό σφυρί, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.

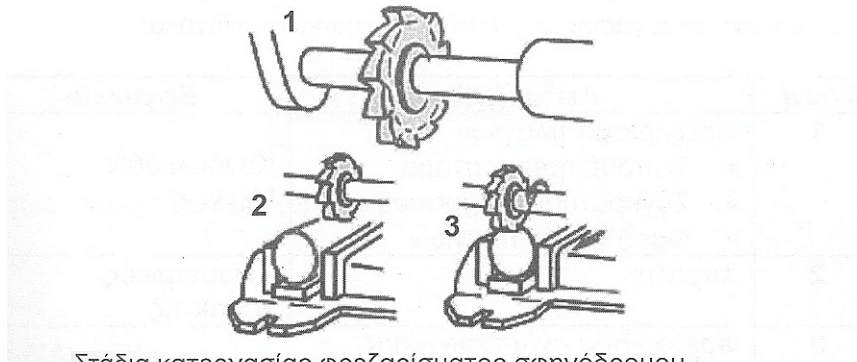


Ευθυγράμμιση του άξονα με το τραπέζι της φρεζομηχανής.

Το κοπτικό εργαλείο συμπίπτει με την αξονική γραμμή του άξονα. Αρχικά, μετατοπίζεται το τραπέζι οριζόντια σε απόσταση l_a από την κοπτική ακμή του κοπτήρα. Στη συνέχεια, το τραπέζι μετατοπίζεται κατακόρυφα σε απόσταση ίση με το βάθος κοπής (βάθος του σφηνόδρομου 3.3mm). Τα στάδια ρύθμισης του βάθους κοπής φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



Ρύθμιση βάθους κοπής του σφηνόδρομου.

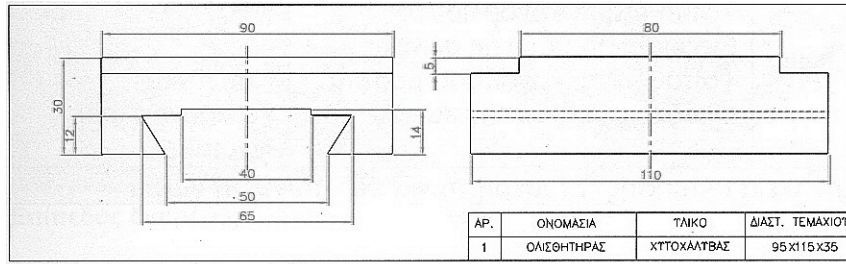


Στάδια κατεργασίας φρεζαρίσματος σφηνόδρομου.

ΑΣΚΗΣΗ 5.3

Φρεζάρισμα ολισθητήρα

Το κατασκευαστικό σχέδιο του ολισθητήρα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Το φρεζάρισμα γίνεται σε κατακόρυφη φρεζομήχανη.



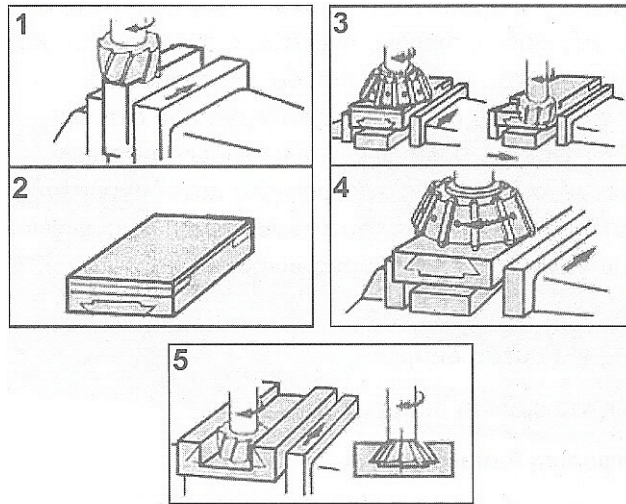
Κατασκευαστικό σχέδιο ολισθητήρα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνηθικών κατεργασίας.

Κατεργασία		Στροφές [στρ/min]	Ταχύτητα κοπής [m/min]	Πρόωση s_z [mm/δόντι]
Φ50	Εκχόνδριση	76	12	0.15
	Φινίρισμα	115	18	0.2
Φ100	Εκχόνδριση	40	12	0.15
	Φινίρισμα	64	18	0.2

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Φρεζάρισμα πλάγιων <ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση κοπτήρα • Συγκράτηση κομματιού • Φρεζάρισμα πλάγιων 	Κονδύλι 50N Μέγγενη
2	Χάραξη	Υψομετρικός χαρακτήρας
3	Φρεζάρισμα άνω επιφάνειας <ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση εργαλείου • Συγκράτηση κομματιού • Εκχόνδριση επιφάνειας • Τοποθέτηση κονδυλιού • Εκχόνδριση και φινίρισμα των δυο σκαλοπατιών 	Μετωπικός κυλινδρικός κοπτήρας Φ100 Κονδύλι ελικοειδούς οδόντωσης 50N
4	Φρεζάρισμα κάτω επιφάνειας <ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση κοπτήρα • Συγκράτηση κομματιού • Εκχόνδριση και φινίρισμα επιφάνειας 	Μετωπικός κυλινδρικός κοπτήρας Φ100
5	Φρεζάρισμα κωνικού αυλακιού Τοποθέτηση κονδυλιού Εκχόνδριση μορφής αυλακιού Τοποθέτηση εργαλείου μορφής Φρεζάρισμα μορφής κώνου	Κονδύλι ελικοειδές N50 Κοπτήρας χειλιδονοουράς 50x14x55°
Εργαλεία μέτρησης: Σταθερή γωνία 90°, σύνθετη γωνία		



Στάδια κατεργασίας φρεζαρίσματος ολισθητήρα.

2.6 ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ

Γενικά.

Διαιρέτης είναι μια μηχανουργική συσκευή (σχήμα 2.85) συγκρατήσεως και περιστροφής ενός κομματιού, με τη βοήθεια της οποίας μπορεί να γίνουν στο κομμάτι κατεργασίες υπό ίσες ακριβώς γωνίες περιστροφής του. Οι κατεργασίες μπορεί να γίνουν στην εξωτερική παράπλευρη επιφάνεια του κομματιού (συνήθως κυλινδρική) ή στη μετωπική του επιφάνεια. Επίσης με το διαιρέτη μπορεί να γίνουν και κατεργασίες στο κομμάτι σε μη ίσες αλλά αυστηρά καθορισμένες διαφορετικές γωνίες.

Είναι αυτονόητο ότι ο νοητός άξονας του κομματιού, περί τον οποίον θα γίνεται η κατεργασία κατά ίσες γωνίες, πρέπει να συμπίπτει με το νοητό άξονα περιστροφής της συσκευής συγκρατήσεως.

Ο διαιρέτης χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για εκτέλεση κατεργασιών από τη φρεζομηχανή. Γίνονται όμως και κατεργασίες με τη βοήθεια διαιρέτη σε δράπανο και πλάνη.

Με τη βοήθεια του διαιρέτη η φρεζομηχανή μπορεί να κάνει τις ακόλουθες εργασίες:

- Κοπή δοντιών σε οδοντοτροχούς.
- Κατασκευή πολύσφηνων.
- Κατασκευή πολυγωνικών πρισματικών μορφών (τρίγωνα, τετράγωνα, εξάγωνα κλπ.).
- Διάνοιξη ισομοιρασμένων οπών σε φλάντζες.
- Κατασκευή ελικοειδών αυλακώσεων.
- Κοπή σπειρωμάτων σε κοχλίες διαφόρων διατομών (τριγωνικά, τραπεζοειδή κλπ.).
- Κοπή ελικοειδών οδοντωτών τροχών.
- Κοπή οδόντων σε οδοντωτούς κανόνες.
- Διαίρεση σε άνισα μέρη, όπως είναι η διαίρεση των δοντιών σε όλα τα γλύφανα (αλεξουάρ).

Υπάρχουν τριών ειδών διαιρέτες:

- Απλοί για άμεση διαίρεση. (σχήμα 2.86)
- Απλοί για έμμεση διαίρεση. (σχήμα 2.92)
- Γενικής χρήσεως για έμμεση διαίρεση (σχήμα 2.85).

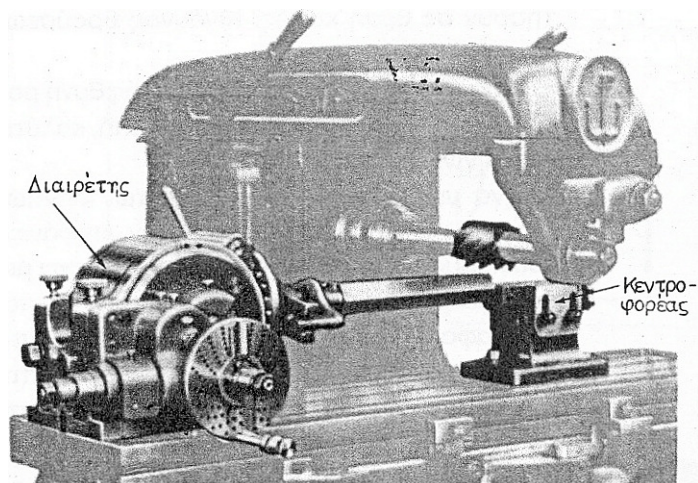
Διαιρέτης απλός για άμεση διαίρεση.

Κάθε διαιρέτης αυτής της κατηγορίας αποτελείται από μια κύρια άτρακτο, η οποία από τη μια μεριά συγκρατεί το κομμάτι και από την άλλη φέρει ένα δίσκο κυκλικό που στην περιφέρειά του έχει ομοιόμορφα διαταγμένες οπές ή εγκοπές (σχήμα 2.85 έως 2.89).

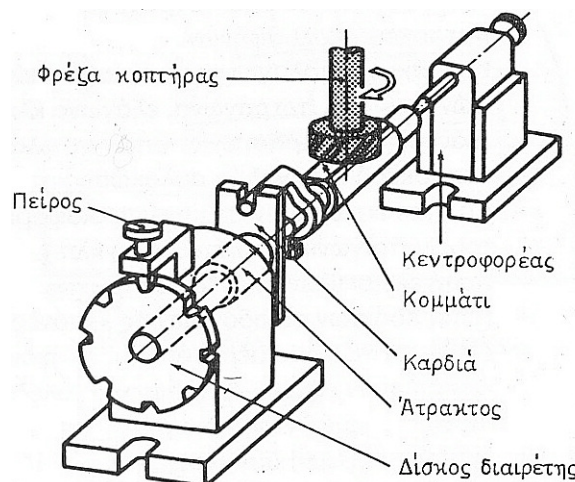
Στην περίπτωση αυτή η διαίρεση λέγεται άμεση, γιατί ο χειρισμός από τον τεχνίτη θέτει άμεσα σε κίνηση αυτό το ίδιο το κομμάτι.

Οι διαιρέτες, ανάλογα με τη θέση που έχει η κύρια άτρακτος κατά την κατεργασία, χαρακτηρίζονται ως διαιρέτες οριζόντιοι ή κατακόρυφοι.

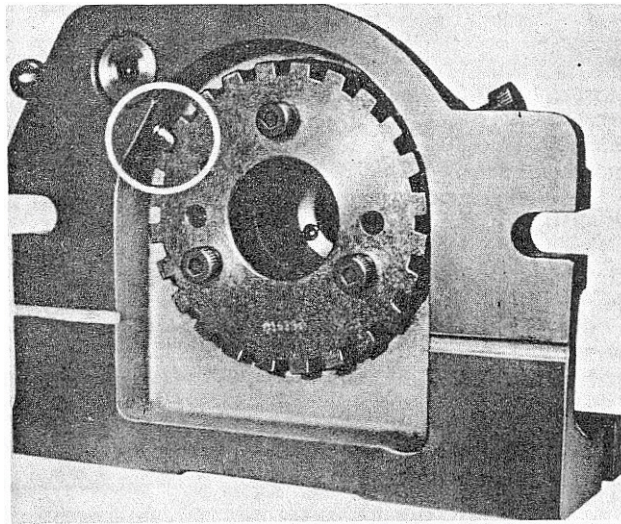
Το κομμάτι στερεώνεται είτε σε τσοκ που προσαρμόζεται στο άκρο της κύριας ατράκτου είτε στα κέντρα (πόντες) μεταξύ κύριας ατράκτου και κεντροφορέα όπως στον τόρνο (σχήμα 2.86).



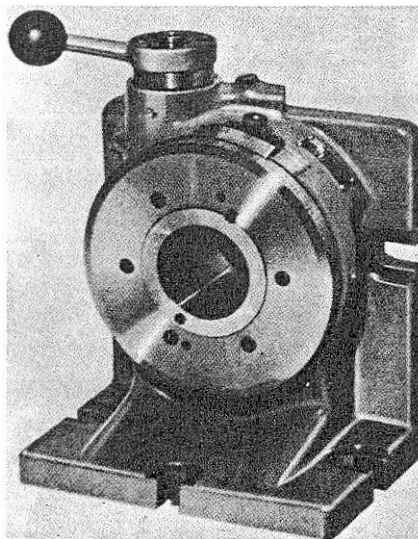
Σχήμα 2.85 Φρεζάρισμα κυλινδρικού κομματιού σε εξαγωνικό με το διαιρέτη.



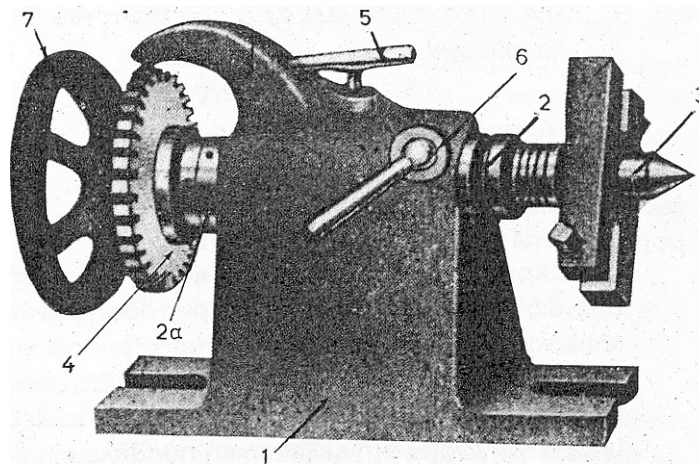
Σχήμα 2.86 Απλός οριζόντιος διαιρέτης για άμεση διαίρεση με κομμάτι για κατεργασία.



Σχήμα 2.87 Όψη του δίσκου διαιρέσεως με εγκοπές.



Σχήμα 2.88 Απλός διαιρέτης για άμεση διαίρεση που μπορεί να εργάζεται ως οριζόντιος ή κατακόρυφος.



Σχήμα 2.89 Απλός διαιρέτης. 1) Σώμα. 2, 2α) Κύριος άξονας. 3) Πόντα. 4) Πλάκα διαιρέσεως. 5) Μοχλός σταθεροποίησης πλάκας. 6) Μοχλός σταθεροποίησης ατράκτου. 7) Χειροτροχός περιστροφής άξονα.

Με τους διαιρέτες αυτούς γίνονται διαιρέσεις σ' έναν περιορισμένο αριθμό, ανάλογα με τους δίσκους διαιρέσεων που διατίθενται. Με την περιστροφή του δίσκου περιστρέφεται η άτρακτος του διαιρέτη και συνεπώς και το κομμάτι που είναι στερεωμένο σ' αυτή. Οι τρύπες ή οι εγκοπές του δίσκου βοηθούν στο να καθορίζεται πόσο θα περιστραφεί το στρόφαλο. Ο πείρος βοηθά στη σταθεροποίηση της ατράκτου σε μια ορισμένη θέση που αντιστοιχεί σε μια τρύπα ή σε μια εγκοπή του δίσκου.

Ας υποθεθεί ότι θα φρεζαρισθεί σ' έναν κύλινδρο ένα εξάγωνο άκρο. Τοποθετείται δίσκος με 24 τρύπες ή εγκοπές. Ο πείρος με ελατήριο εισχωρεί στην τρύπα (ή στην εγκοπή) και κρατεί το δίσκο και την άτρακτο σε μια θέση. Φρεζάρεται σ' αυτή τη θέση η μια έδρα του εξαγώνου. Αποσυμπλέκεται μετά ο πείρος και γυρίζεται ο δίσκος κατά $1/6$ στροφής, δηλαδή κατά τέσσερις τρύπες.

Επειδή ο δίσκος βρίσκεται σφηνωμένος απευθείας επάνω στην άτρακτο, είναι φυσικό ότι θα στραφεί και το κομμάτι κατά $1/6$ στροφής. Έτσι συνεχίζεται η διαίρεση με γύρισμα κάθε φορά του κομματιού κατά $1/6$ στροφής. Κάθε λάθος κατά το γύρισμα μεταφέρεται και στο κομμάτι. Με διαιρέτες άμεσης διαιρέσεως συνηθίζεται να γίνονται 3 - 4 - 6 - 8 - 12 και 24 διαιρέσεις.

Με ειδικούς δίσκους επιτυγχάνεται κάθε επιθυμητή διαίρεση ανοίγοντας σ' αυτούς τον αντίστοιχο αριθμό εγκοπών π.χ. 11, 19 κλπ.

Με άμεση διαίρεση γίνονται, το τετραγώνισμα της ουράς κολαούζων, αλεξουάρ, το εξαγώνισμα κεφαλών, βιδών κ.ά. Με την άμεση διαίρεση τέλος επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια διαιρέσεως, δηλαδή η ακρίβεια με την οποία είναι διαιρεμένος ο δίσκος της ατράκτου.

Απλοί διαιρέτες για έμμεση διαίρεση.

Αποτελούν μια ενδιάμεση βαθμίδα μεταξύ του διαιρέτη για άμεση διαίρεση και του διαιρέτη γενικής χρήσεως. Με αυτούς γίνονται όλες οι διαιρέσεις από $Z = 2$ έως $Z = 50$ και επιπλέον ένα μεγάλο πλήθος από $Z = 50$ έως $Z = 360$.

Στο σχήμα 2.90 φαίνονται σε απλοποιημένη εικόνα (α) και σε σχηματική παράσταση (β) η διαμόρφωση και τα κύρια μέρη ενός απλού διαιρέτη για έμμεση διαίρεση. Με το χειρισμό που κάνει ο τεχνίτης, αντί να περιστρέφει άμεσα την άτρακτο με το κομμάτι, περιστρέφει έναν ατέρμονα κοχλία. Ο ατέρμονας περιστρέφει μια κορώνα που ο άξονάς της αποτελεί την άτρακτο, πάνω στην οποία συγκρατείται το κομμάτι. Έτσι, με το χειρισμό του στρόφαλου περιστρέφεται έμμεσα και το κομμάτι.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας τέτοιος διαιρέτης είναι (σχήμα 2.90):

- Η κύρια άτρακτος (4). Συχνά στο άκρο της είναι σφηνωμένος δίσκος (3) με ισομοιρασμένες οπές, με τον οποίο μπορεί να γίνει και άμεση διαίρεση. Η διαμόρφωση του άκρου είναι τέτοια, ώστε να μπορεί να προσαρμοσθεί πόντα για κατεργασία στα κέντρα ή να προσαρμοσθεί κανονικά τσοκ.
- Η κορώνα (2): Κατασκευάζεται από φωσφορούχο ορείχαλκο και έχει 40 δόντια και πολύ σπάνια 60.
- Ο ατέρμονας (1): Εφαρμόζει με μεγάλη ακρίβεια στην κορώνα χωρίς τζόγους. Είναι απλού βήματος (μια αρχή) και άρα η σχέση μεταδόσεώς του προς την κορώνα είναι

40 προς 1.

- Ο δίσκος διαιρέσεως (8): Γυρίζει ελεύθερα (τρελά) πάνω στον άξονα του χειροστροφάλου είναι προέκταση του ατέρμονα. Σε απλές περιπτώσεις διαιρέσεων, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, ο δίσκος ακινητοποιείται επάνω στο σώμα του διαιρέτη είτε με το βλήτρο K είτε με κάποιον άλλο τρόπο που δεν του επιτρέπει να περιστραφεί.

Κάθε διαιρέτης συνοδεύεται από τρεις δίσκους διαιρέσεως σε καθένα από τους οποίους υπάρχουν έξι ομόκεντρες περιφέρειες με ισομοιρασμένες οπές (πίνακας 2.13).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.13

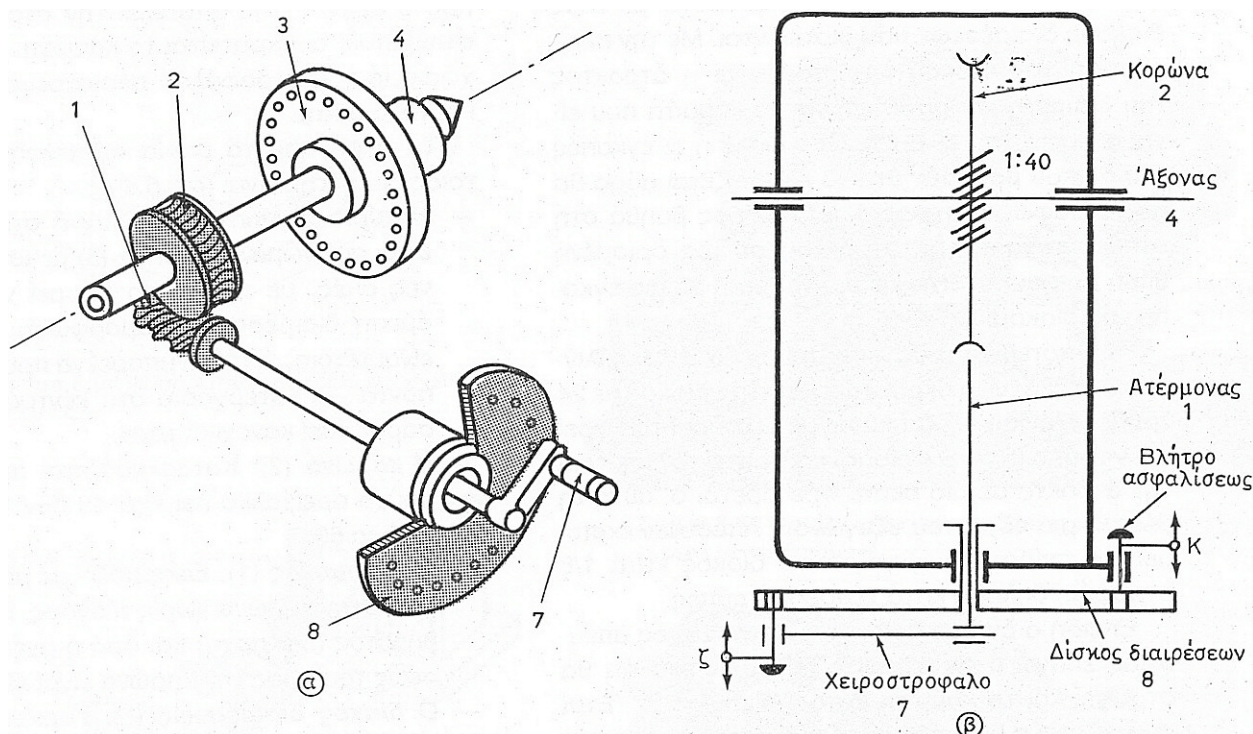
Αριθμός οπών στις έξι ομόκεντρες περιφέρειες κάθε δίσκου

1ος δίσκος	15	16	17	18	19	20
2ος δίσκος	21	23	27	29	31	33
3ος δίσκος	37	39	41	43	47	49

- Το βλήτρο ασφαλίσεως K [σχήμα 2.90 (β)]: Σταθεροποιεί το δίσκο πάνω στο σώμα του διαιρέτη, όταν αυτός δεν περιστρέφεται. Οι περισσότεροι διαιρέτες αμερικανικής προελεύσεως έχουν δύο (2) μόνο κανονικούς δίσκους με περισσότερους ομόκεντρους κύκλους οπών και μεγαλύτερο μέγιστο αριθμό οπών (μέχρι 66).

- Το χειροστρόφαλο 7. Περιστρέφει τον άξονα του ατέρμονα. Με κατάλληλη διάταξη του μπορεί το βλήτρο ζ [σχήμα 2.90 (β)] που φέρει στο άκρο του, να εισέρχεται σε όλες τις τρύπες του δίσκου. Το μήκος του στροφάλου είναι μεταβαλλόμενο για να μπορεί να ρυθμίζεται η ακτίνα περιστροφής του βλήτρου ζ [σχήμα 2.90 (β)].

- Το βλήτρο ζ. Συνδέει το στρόφαλο με το δίσκο 8 ώστε στρόφαλος και δίσκος να περιστρέφονται μαζί σαν ένα σώμα.



Σχήμα 2.90 Διαιρέτης για έμμεση διαίρεση. α) Απλοποιημένη εικόνα. β) Σχηματική παράσταση.

Εκτέλεση της απλής (έμμεσης) διαιρέσεως.

Αν γυρίσει κάποιος το χειροστρόφαλο θα γυρίσει και ο ατέρμονας 1 αφού είναι στον ίδιο άξονα. Ο ατέρμονας θα γυρίσει την κορώνα 2 που είναι σφηνωμένη στην άτρακτο του διαιρέτη, άρα και το κομμάτι που είναι δεμένο στην άτρακτο.

Ο δίσκος διαιρέσεως δε γυρίζει, γιατί ξεπερνά ελεύθερα τον άξονα του ατέρμονα κοχλία και ασφαρίζεται με το βλήτρο K [σχήμα 2.90 (β)].

Έστω ότι ο ατέρμονας είναι μιας αρχής και ότι η κορώνα έχει 40 δόντια. Για να γυρίσει η κορώνα μια στροφή, πρέπει να γυρίσει 40 στροφές ο ατέρμονας.

Αν με x στροφές του άξονα του ατέρμονα, δηλαδή του χειροστροφάλου, επιτυγχάνεται μια διαίρεση, από τις z που θέλουμε να γίνουν στο κομμάτι, τότε, με το τέλος των z διαιρέσεων, θα συμπληρωθεί ο κύκλος του κομματιού και το στρόφαλο με τον ατέρμονα θα έχουν κάνει συνολικά 40 στροφές. Συνεπώς:

$$z \cdot x = 40 \text{ και } x = \frac{40}{z}$$

Παράδειγμα 2.10.

Αν ένας δίσκος χρειάζεται να διαιρεθεί σε 24 ίσα μέρη, τότε οι στροφές x του άξονα του ατέρμονα θα είναι:

$$x = \frac{40}{24} \text{ ή } x = 1 \frac{16}{24} = 1 + \frac{16}{24}$$

Αν έχουμε δίσκο με 24 τρύπες, το χειροστρόφαλο θα γυρίσει μια στροφή και 16 τρύπες στον κύκλο με 24 τρύπες κ.ο.κ.

Αν δεν υπάρχει δίσκος με 24 τρύπες, βρίσκουμε άλλο κλάσμα ισοδύναμο του

40/24, π.χ. το 25/15, γιατί:

$$\frac{40}{20} = \frac{5 \times 8}{3 \times 8} = \frac{5}{3} = \frac{5 \times 5}{3 \times 5} = \frac{25}{15} = 1 + \frac{10}{15}$$

Δηλαδή μια στροφή και 10 τρύπες στον κύκλο με 15 τρύπες.

Για να αποφύγουμε το λάθος στο μέτρημα των οπών, χρησιμοποιούμε γωνιακό δείκτη. Τοποθετούμε το βλήτρο ζ στη θέση 0. Ανοίγουμε και σταθεροποιούμε τα 2 σκέλη A και B, ώστε να καλύπτουν διάστημα 10 οπών. Έτσι το σκέλος A βρίσκεται στη θέση 0 και το σκέλος B στη θέση 10 [σχήμα 2.91 (α)].

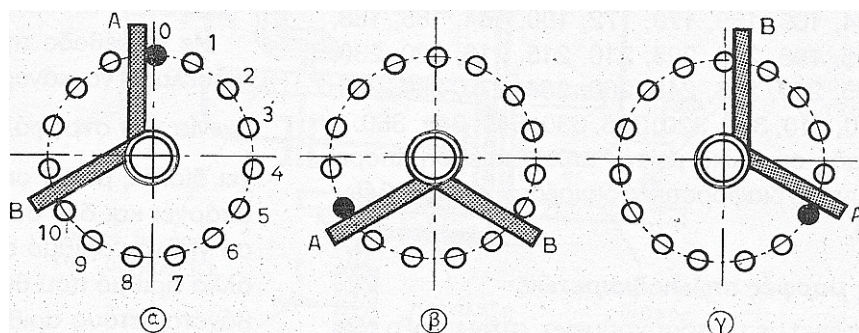
Αφού σ' αυτή τη θέση κάνουμε την πρώτη διαίρεση, βγάζουμε το βλήτρο ζ και περιστρέφοντας το εισάγουμε στη θέση 10 χωρίς φυσικά να κάνουμε καμία μέτρηση οπών, διότι έχουμε ως οδηγό το σκέλος B.

Περιστρέφουμε τώρα το ζεύγος των δεικτών, ώστε το σκέλος A να προσκρούσει στη νέα θέση του βλήτρου, εμπρός από τη θέση 10 [σχήμα 2.91 (β)]. Εδώ τώρα εκτελείται η δεύτερη διαίρεση. Παρόμοια ενεργούμε και για την επόμενη διαίρεση με τους δείκτες A και B [σχήμα 2.91 (γ)].

Με τη μέθοδο της απλής διαιρέσεως και με τη βοήθεια των 3 δίσκων που έχει κάθε διαιρέτης μπορεί να γίνουν όλες οι διαιρέσεις από $z = 2$ έως $z = 50$ και επιπλέον οι παρακάτω διαιρέσεις έως $z = 360$:

52, 54 - 56, 58, 60, 62, 64 - 66, 68, 70, 72, 74 - 76,
78, 80, 82, 84 - 86, 88, 90, 92, 94, 95, 98, 100, 104,
105, 108, 110, 115, 116, 120, 124, 128, 130, 132,
135, 136, 140, 144, 145, 148, 150, 152, 155, 156,
160, 164, 165, 168, 170, 172, 180, 184, 185, 188,
190, 195, 196, 200, 205, 210, 215, 216, 220, 230,
232, 235, 240, 245, 248, 260, 264, 270, 280, 290,
296, 300, 310, 312, 320, 328, 330, 340, 344, 360.

Δηλαδή συνολικά με την απλή διαίρεση μπορεί να γίνουν 135 διαφορετικές διαιρέσεις από $z = 2$ έως $z = 330$.

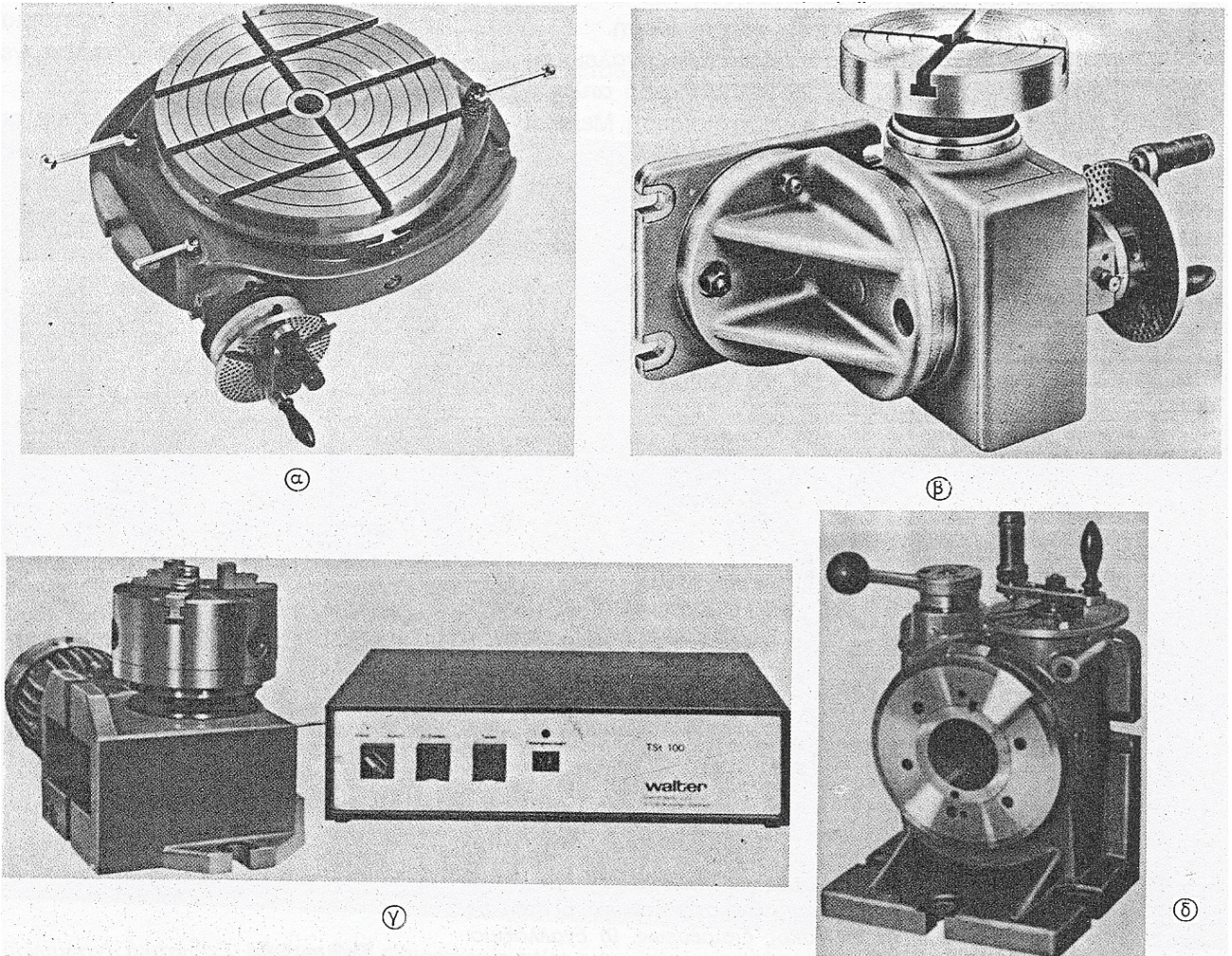


Σχήμα 2.91 Χρησιμοποίηση γωνιακού δείκτη για το μέτρημα των οπών.

Γενικές μορφές απλών διαιρετών.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, στην πράξη εξυπηρετείται το μεγαλύτερο πλήθος των αναγκών της με την απλή άμεση ή έμμεση διαίρεση.

Για το λόγο αυτό στο εμπόριο των εργαλειομηχανών υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος από απλούς διαιρέτες με δίσκους για έμμεση διαίρεση. Μερικοί από αυτούς παρουσιάζονται στα σχήματα που ακολουθούν [σχήμα 2.92 (α) έως (δ)].



Σχήμα 2.92 Απλοί διαιρέτες για έμμεση διαίρεση. α) Οριζόντιος. β) Κατακόρυφος με δυνατότητα κλίσεων. γ) Ηλεκτρικός – αυτόματος. δ) Κατ' επιλογήν οριζόντιος ή κατακόρυφος.

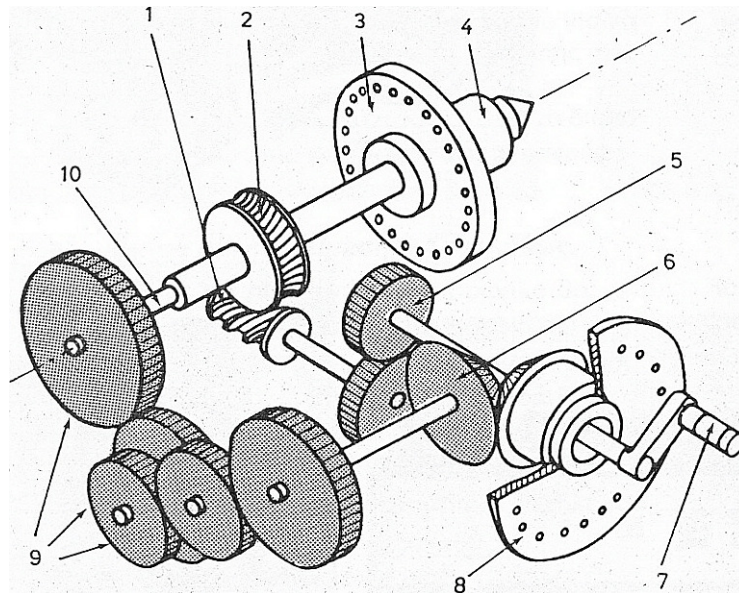
Οι απλοί διαιρέτες κατασκευάζονται για να δουλεύουν ή ως οριζόντιοι ή κατακόρυφοι ή ως οριζόντιοι και κατακόρυφοι. Έχουν μεγάλη χρήση στη βιομηχανία αλλά δεν μας εξυπηρετούν μόνο στις πολύ λίγες περιπτώσεις όπου τότε απαιτείται διαφορετική διαίρεση.

Διαφορική διαίρεση - Διαιρέτης γενικής χρήσεως.

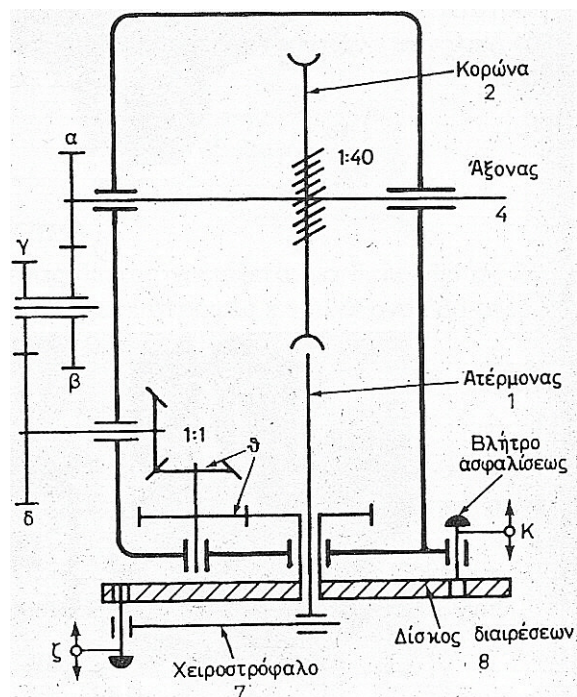
Με τη μέθοδο της απλής έμμεσης διαιρέσεως, αν θέλαμε να κάνουμε μια διαίρεση, π.χ. $z = 89$ (γωνία του στροφάλου $X_6 = \frac{40}{89}$) έπρεπε να υπάρχει δίσκος με 89 οπές. Αλλά τέτοιος δίσκος δεν υπάρχει και δεν συμφέρει να κατασκευασθεί τόσο για τον αριθμό αυτό όσο και για οποιοδήποτε άλλο αριθμό που θα χρειαζόταν και δεν περιλαμβάνεται στους αριθμούς οπών των τριών δίσκων που αναφέρονται στον πίνακα 2.13. Έτσι σε όλες τις παρόμοιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η διαφορική διαίρεση με το διαιρέτη γενικής χρήσεως.

Στο σχήμα 2.93 παρουσιάζεται η απλοποιημένη εικόνα ενός διαιρέτη γενικής χρήσεως και στα σχήματα 2.94 και 2.95 παρουσιάζεται η σχηματική παράστασή του,

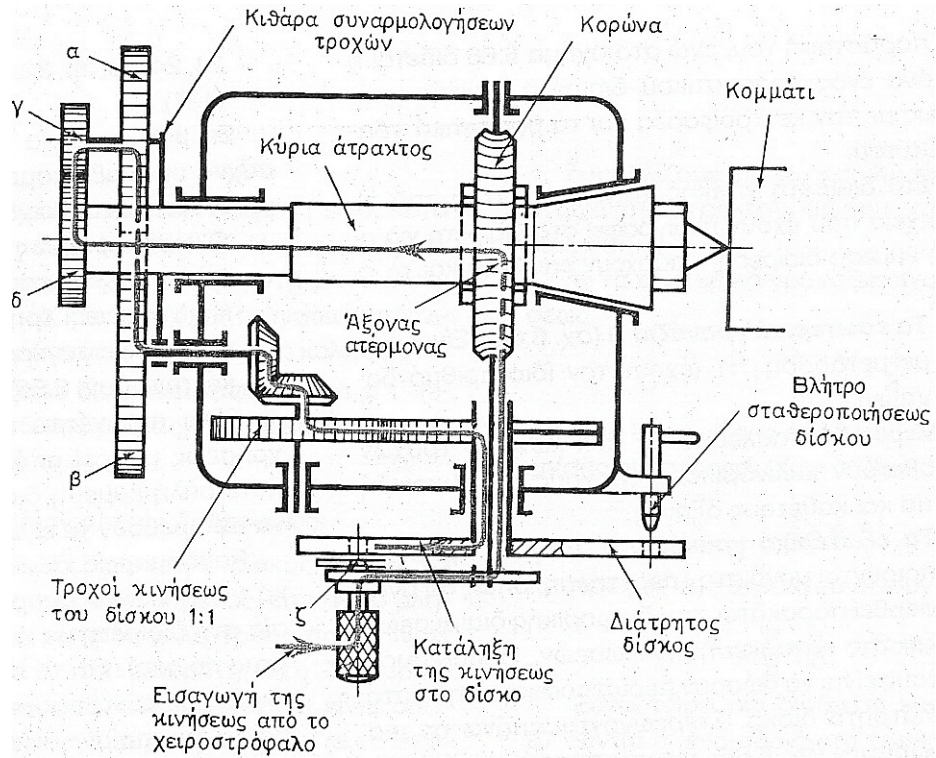
ενώ στο σχήμα 2.96 δίδεται η εικόνα ενός πραγματικού διαιρέτη γενικής χρήσεως με τον κεντροφορέα και τα βοηθητικά γρανάζια του.



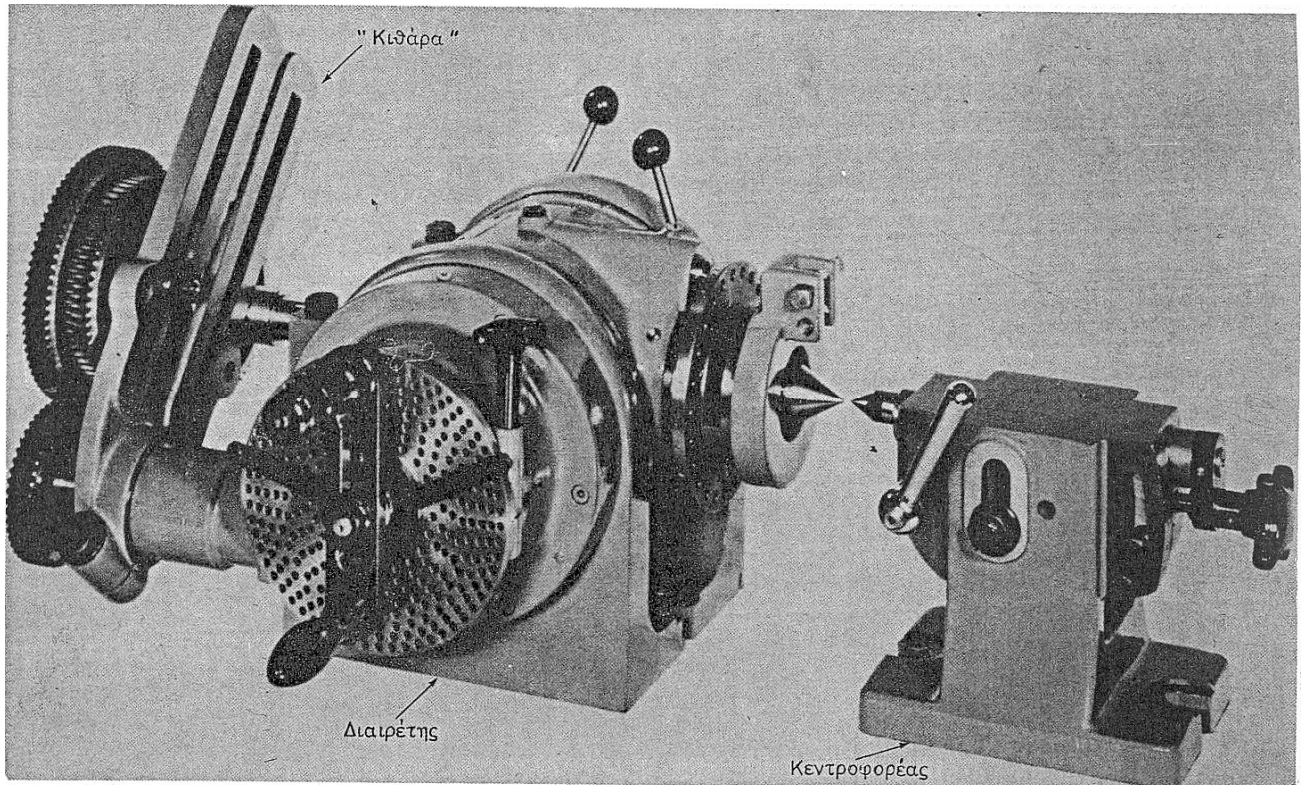
Σχήμα 2.93 Απλοποιημένη εικόνα διαιρέτη γενικής χρήσεως. 1) Ατέρμονας. 2) Κορώνα. 3) Δίσκος για άμεση διαίρεση. 4) Άξονας. 5) Τροχός μεταδόσεως κινήσεως στην κορώνα. 6) Κωνικός τροχός. 7) Στρόφαλο. 8) Δίσκος διαίρεσεως. 9) Εναλλάξιμοι τροχοί. 10) Προέκταμα κύριου άξονα για τους εναλλάξιμους τροχούς.



Σχήμα 2.94 Σχηματική (γραμμική) παράσταση διαιρέτη γενικής χρήσεως.



Σχήμα 2.95 Σχηματική παράσταση της μεταδόσεως κινήσεως από την άτρακτο προς το δίσκο στην περίπτωση διαφορετικής διαιρέσεως.



Σχήμα 2.96 Διαιρέτης γενικής χρήσεως με τον κεντροφορέα του.

Στο διαιρέτη γενικής χρήσεως, εκτός από τα στοιχεία που έχουν περιγραφεί στο διαιρέτη για απλή έμμεση διαίρεση, υπάρχουν επιπλέον και τα εξής:
- Τα εσωτερικά γρανάζια θ (σχήμα 2.94). Είναι όλα με μετάδοση 1:1 (έχουν τον ίδιο

αριθμό δοντιών).

Μερικοί κατασκευαστές αντί κωνικών τροχών τοποθετούν κυλινδρικούς τροχούς με ελικοειδή δόντια και καθέτους άξονες.

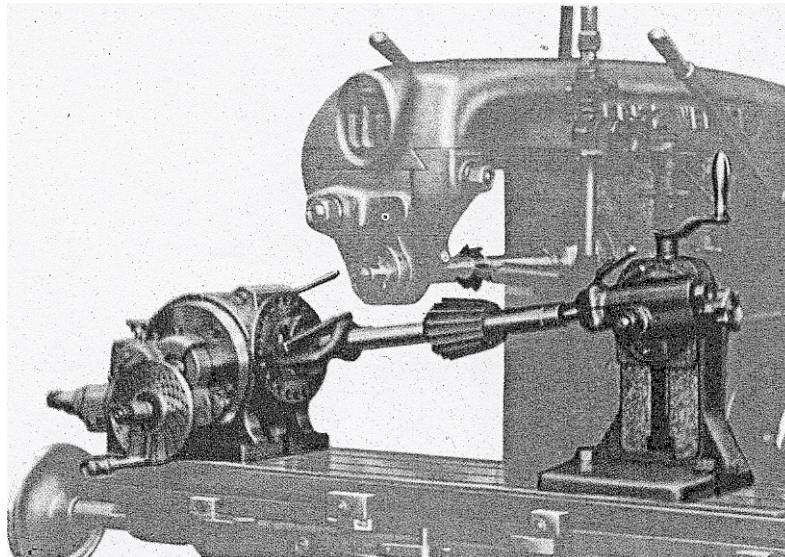
- Τα εξωτερικά γρανάζια α, β, γ, δ. Χρησιμοποιούνται μόνο στην περίπτωση, όπως θα αναφερθεί παρακάτω, της διαφορικής διαιρέσεως και της κατασκευής ελικώσεων. Προορισμός τους είναι να δώσουν περιστροφική κίνηση στο διάτρητο δίσκο. Στερεώνονται επάνω σε μια «κιθάρα» (σχήμα 2.96), για να μπορούν να γίνονται οι διάφοροι συνδυασμοί γραναζιών με όλα τα αναγκαία κάθε φορά μεγέθη τους. Τα εξωτερικά γρανάζια είναι συνολικά 13 με τους παρακάτω αριθμούς δοντιών: 24, 24, 28, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 100, και (127).

Σε βιβλιογραφία ή σε μερικούς καταλόγους συχνά οι συμβολισμοί των τροχών α, β, γ, δ σημειώνονται αντίστοιχα με Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 .

- Ο κεντροφορέας (κουκουβάγια) είναι ανεξάρτητη συσκευή και συνοδεύει το διαιρέτη γενικής χρήσεως. Χρησιμεύει για κατεργασίες που γίνονται με συγκράτηση του κομματιού μεταξύ κέντρων (σχήμα 2.85).

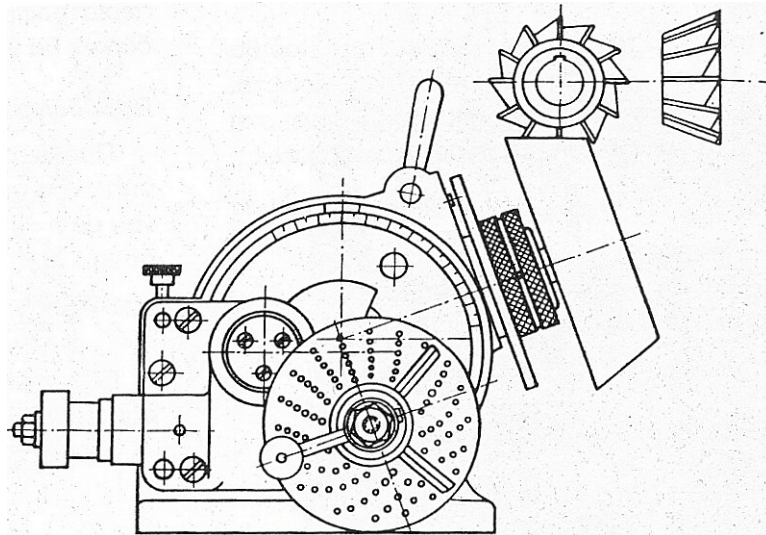
Είναι αυτονόητο ότι κάθε διαιρέτης γενικής χρήσεως μπορεί απόλυτα να κάνει και οποιαδήποτε απλή έμμεση διαίρεση. Φυσικά τότε πρέπει να αφαιρεθούν τα εξωτερικά γρανάζια.

Ραβδόμορφα κωνικά κομμάτια με μικρή σχετικά γωνία κώνου μπορούν να υποστούν κατεργασία στο διαιρέτη με συγκράτηση μεταξύ κέντρων (στις πόντες). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ιδιαίτερος κεντροφορέας μεγάλου ύψους, που η πόντα του παίρνει την κατάλληλη κλίση και σταθεροποιείται στο ύψος που χρειάζεται (σχήμα 2.97).



Σχήμα 2.97 Κοπή δοντιών σε κωνικό αλεξούαρ με μικρή γωνία κώνου με συγκράτηση στα κέντρα μεταξύ του διαιρέτη και κεντροφορέα.

Στους διαιρέτες γενικής χρήσεως η κύρια άτρακτος, για να μπορεί να επεξεργάζεται κωνικές επιφάνειες ή τη μετωπική επιφάνεια κυλίνδρων, μπορεί και παίρνει κλίσεις από 10° κάτω από την οριζόντια μέχρι και 10° πάνω από την κατακόρυφη γραμμή (σχήμα 2.98).



Σχήμα 2.98 Διαιρέτης με κεκλιμένη την κύρια άτρακτο για κατεργασία κωνικών τεμαχίων.

Ποιότητα κατασκευής και ακρίβεια στους διαιρέτες.

Τα υλικό κατασκευής του διαιρέτη είναι κατά κανόνα επιλεγμένης ποιότητας. Η όλη κατεργασία είναι επιμελημένη, οι ανοχές στα βασικά σημεία πολύ μικρές και οι τζόγοι πρακτικά μηδενικοί. Σ’ ένα διαιρέτη γενικής χρήσεως καλής κατασκευής η ακρίβεια διαιρέσεως φθάνει τα $\pm 1'$ (ένα πρώτο λεπτό της μοίρας). Σε οπτικούς διαιρέτες η ακρίβεια είναι $\pm 30''$.

Εκτέλεση της διαφορικής διαιρέσεως.

Ενώ στην απλή διαίρεση ο δίσκος πρέπει να είναι σταθερός και ασφαλισμένος, είτε με το βλήτρο K είτε κατά κάποιον άλλο τρόπο που επινοεί ο κατασκευαστής του διαιρέτη, στη διαφορική διαίρεση ο δίσκος ελευθερώνεται και είναι απαραίτητο να μπορεί να περιστρέφεται. Για το σκοπό αυτό, τη στιγμή που γίνεται ο χειρισμός, δηλαδή η στροφή του τροφάλου για κάθε μια διαίρεση, η άτρακτος, ως κινητήριος άξονας από το πίσω άκρο της, κινεί τα εξωτερικά γρανάζια (σχήμα 2.94 και 2.95), τα οποία, μέσω των εσωτερικών γραναζιών, δίνουν στο δίσκο μια αργή περιστροφική κίνηση που, όπως θα δούμε πρέπει ανάλογα με την περίπτωση να είναι ομόρροπη ή αντίρροπη με τη στροφή του τροφάλου. Η πορεία της κινήσεως αυτής από το χειροστρόφαλο μέχρι την άτρακτο φαίνεται με την παχιά κόκκινη γραμμή στο σχήμα 2.95.

Υπολογισμός εξωτερικών γραναζιών (σχήμα 2.94).

Συμβολίζουμε με X_α και X_σ τις στροφές αντίστοιχα της ατράκτου και του τροφάλου για μια διαίρεση.

Αν τα εξωτερικά γρανάζια είχαν σχέση μεταδόσεως

$$i = \frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} = \frac{1}{1}$$

τότε μια στροφή της ατράκτου θα έδινε στο δίσκο επίσης μια στροφή ($X_\alpha = 1, X_\sigma = 1$).
Για μετάδοση

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} \neq i$$

X_α στροφές της ατράκτου δίνουν στο δίσκο

$$X_\alpha \times \frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} \text{ στροφές.}$$

Έστω τώρα μια διαίρεση για να κοπούν $z = 97$ δόντια σ' ένα οδοντωτό τροχό. Η γνωστή σχέση από την έμμεση διαίρεση $X_\sigma = \frac{40}{97}$ δεν ωφελεί, γιατί οι υπάρχοντες τρεις διάτρητοι δίσκοι δεν εξυπηρετούν, αφού δεν υπάρχει δίσκος με 97 τρύπες.

Διαλέγουμε έναν παραπλήσιο προς τον $z = 97$ φανταστικό αριθμό διαιρέσεων Φ , που μπορεί να γίνει με απλή διαίρεση, π.χ. $\Phi = 100$. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, για κάθε χειρισμό έχουμε:

α) Για διαίρεση $\Phi = 100$: στροφές στροφάλου

$$X_\sigma = \frac{40}{\Phi} = \frac{40}{100} = \frac{8}{20}$$

αντίστοιχες στροφές ατράκτου

$$X_\alpha = \frac{1}{100} \text{ (ένα εκατοστό της στροφής).}$$

β) Για διαίρεση $z = 97$: στροφές στροφάλου

$$X_\sigma = \frac{40}{z} = \frac{40}{97} \text{ (αντίστοιχες στροφές ατράκτου)}$$

$$X_\alpha = \frac{1}{97} \text{ (ένα ενενηκοστό έβδομο της στροφής).}$$

Επειδή $97 < 100$, η γωνία στροφής της ατράκτου για $z = 97$ είναι μεγαλύτερη από τη γωνία για διαίρεση $\Phi = 100$ διότι $\frac{1}{97} > \frac{1}{100}$

Για να είναι λοιπόν δυνατόν να βγουν $z = 97$ διαιρέσεις με τους αναγκαίους χειρισμούς για $\Phi = 100$, πρέπει το στρόφαλο σε κάθε χειρισμό να στρέφεται κάθε φορά λίγο περισσότερο κατά τη διαφορά

$$\frac{40}{97} - \frac{40}{100} \text{ στροφές.}$$

Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί, όταν κατά τη διάρκεια κάθε χειρισμού ο δίσκος δε μένει σταθερός, όπως ξέραμε ως τώρα, αλλά στρέφεται και αυτός (στην υπόψη περίπτωση) ομόρροπα κατά τη μικρή αυτή επιπλέον διαφορά $\frac{40}{97} - \frac{40}{100}$ που στη

γενική περίπτωση είναι

$$\frac{40}{z} - \frac{40}{\Phi}$$

Τίθεται τώρα το ερώτημα πώς και από πού θα πάρει ο δίσκος αυτή την κίνηση; Όπως φαίνεται από το σχέδιο του διαιρέτη, η κίνηση φθάνει στο δίσκο από τα γρανάζια της εξωτερικής μεταδόσεως

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta}$$

από το πίσω άκρο της κύριας ατράκτου, που χρησιμοποιείται τώρα ως κινητήρια.

Η άτρακτός, που για κάθε χειρισμό κάνει

$$X_\alpha = \frac{1}{z} = \frac{1}{97} \text{ στροφές, δίνει στο δίσκο}$$

$$X_\alpha \times \frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\gamma} = \frac{1}{z} \times \frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} \text{ στροφές}$$

Αυτές οι στροφές πρέπει να είναι ακριβώς ίσες με αυτές που χρειάζονται για να καλύψει ο δίσκος τη μικρή διαφορά που αναφέραμε ότι λείπει.

Δηλαδή πρέπει να είναι

$$\frac{1}{z} \times \frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} = \frac{40}{z} - \frac{40}{\Phi}$$

Από εδώ προκύπτει η αναγκαία μετάδοση

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} = \frac{40}{\Phi} (\Phi - z)$$

όπου $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ οι αριθμοί των δοντιών των αντίστοιχών οδοντοτροχών.

Έτσι, με αυτήν τη μετάδοση, αν κάνουμε χειρισμούς για διαίρεση $\Phi = 100$, πραγματοποιείται διαίρεση για $z = 97$.

Αν $z < \Phi$, ο δίσκος πρέπει να γυρίζει ομόρροπα ως προς το στρόφαλο.

Αν $z > \Phi$, ο δίσκος πρέπει να στρέφεται αντίρροπα από την κίνηση του τροφάλου, πράγμα που υλοποιείται εύκολα από την παρεμβολή ενός ενδιάμεσου τροχού στην «κιθάρα» των τροχών

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta}$$

Η ομόρροπη ή αντίρροπη περιστροφή του δίσκου ως προς το στρόφαλο, επηρεάζεται και από το αν έχουμε απλή ή διπλή μετάδοση και από την προσθήκη ή όχι ενός, και καμιά φορά δύο πρόσθετων γραναζιών (ενδιαμέσων).

Παράδειγμα 2.11.

Διαίρεση για $z = 97$.

Εκλέγω $\Phi = 100$, στροφή τροφάλου

$$X_\sigma = \frac{40}{\Phi} = \frac{40}{100} = \frac{8}{20} \text{ (8 διαστήματα στο δίσκο με 20 τρύπες)}$$

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} = \frac{40}{\Phi} (\Phi - z)$$

δηλαδή στην περίπτωση αυτή αρκεί μόνο μια μετάδοση και ένας ενδιάμεσος τροχός, γιατί με μια μόνο μετάδοση χωρίς ενδιάμεσο τροχό, η φορά περιστροφής του δίσκου θα αντιστρεφόταν και ο δίσκος θα γύριζε αντίρροπα.

Παράδειγμα 2.12.

Πρόκειται να κοπούν σε φρεζομηχανή τα δόντια ενός από τους εναλλακτικούς τροχούς τόννου με $z = 127$. Εκλέγω $\Phi = 120$, αναγκαία μετάδοση

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} = \frac{40}{120} (120 - 127) = -\frac{28}{12} = -\frac{56}{24}$$

Εδώ η κίνηση του δίσκου και του τροφάλου πρέπει να είναι αντίρροπες (σημείο -).

Στροφές τροφάλου για κάθε χειρισμό

$$X_{\sigma} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = \frac{6}{18}$$

δηλαδή 6 διαστήματα στον κύκλο των 18 οπών.

Μια μόνο μετάδοση $\alpha = 56$, $\beta = 24$ και κανένας ενδιάμεσος τροχός.

Παράδειγμα 2.13.

Να γίνουν στην επιφάνεια ενός κυκλικού δίσκου ομοκεντρικά 307 ισαπέχουσες τρύπες ($z = 307$).

Εκλέγω $\Phi = 300$

$$\frac{\alpha}{\beta} \times \frac{\gamma}{\delta} = \frac{40}{300} (300 - 307) = -\frac{40 \cdot 7}{300} = -\frac{56}{40} \times \frac{48}{72}$$

τροχοί $\alpha = 56$, $\beta = 40$, $\gamma = 48$ και $\delta = 72$.

- Στρόφαλος και δίσκος πρέπει να γυρίζουν αντίθετα, συνεπώς πρέπει να παρεμβληθεί, λόγω της διπλής μεταδόσεως, ένας ενδιάμεσος τροχός.

- Στροφές στροφάλου

$X_{\alpha} = \frac{40}{300} = \frac{2}{15}$ δηλαδή μετακίνηση του στροφάλου κατά δύο διαστήματα στον κύκλο των 15 οπών.

Παρατηρήσεις.

- Στη διαφορική διαίρεση ο βοηθητικός αριθμός Φ πρέπει να μην είναι μικρότερος κατά 13% ούτε μεγαλύτερος κατά 17% από την επιθυμητή διαίρεση z .
- Οι τροχοί α , β , γ , δ που προκύπτουν από τον υπολογισμό πρέπει να περιλαμβάνονται στους διαθέσιμους εναλλάξιμους τροχούς του διαιρέτη.
- Οι τροχοί α , β , γ , δ πρέπει να είναι εφαρμόσιμοι, δηλαδή να μπορεί να μονταρισθούν και να χωρέσουν ανάμεσα στους άξονες.

Κατασκευή ελικώσεων με το διαιρέτη.

Μια αξιόλογη εργασία που γίνεται στη φρεζομηχανή με τη βοήθεια και του διαιρέτη της είναι η κατασκευή ελικώσεων.

- Δηλαδή η κατασκευή: Σπειρωμάτων ορθογωνικών, τραπεζοειδών, τριγωνικών κλπ.
- Ελικοειδών δοντιών οδοντοτροχών.
- Ελικοειδών αυλακιών σε τρυπάνια, κοπτικά εργαλεία και άλλα σχετικά εξαρτήματα μηχανών με οποιοδήποτε βήμα.
- Ατερμόνων κοχλιών.

Το κομμάτι στην περίπτωση αυτή πρέπει να γυρίζει και ταυτόχρονα να προχωρεί ευθύγραμμα.

Η ευθύγραμμη κίνηση δίνεται από το τραπέζι, ενώ η περιστροφική από την άτρακτο του διαιρέτη, η οποία παίρνει κίνηση από τον κοχλία του τραπεζιού μέσω των εξωτερικών ανταλλακτικών τροχών του διαιρέτη.

Στο σχήμα 2.93 παρουσιάζεται η απλοποιημένη εικόνα ενός διαιρέτη γενικής χρήσεως και στα σχήματα 2.94 και 2.95 παρουσιάζεται η σχηματική παράστασή του,

Για να κοπεί οποιαδήποτε έλικα, χρησιμοποιείται φρεζόδισκος με ανάλογη μορφή

δοντιών.

α) Γωνία αξόνων φρεζοδίσκου και κομματιού.

Για να χαραχθεί μια ελίκωση, πρέπει το μέσο επίπεδο του φρεζοδίσκου να συμπίπτει με την κατεύθυνση της έλικας στο σημείο όπου γίνεται η κοπή, αφού ο δίσκος είναι αυτός που θα χαράξει την έλικα. Δηλαδή είναι απαραίτητο πάντοτε κατά την κοπή της ελικώσεως οι άξονες του φρεζοδίσκου και του κομματιού να βρίσκονται υπό κάποια γωνία. Γι' αυτό το λόγο χρειάζεται στην περίπτωση αυτή φρεζομηχανή Universal.

Τα στοιχεία που πρέπει να γνωρίζουμε όταν πρόκειται να κόψουμε έλικα είναι:

- Η γωνία α στροφής του τραπεζιού (σχήμα 2.101) η οποία είναι η συμπληρωματική της γωνίας σ της κλίσεως που έχει η έλικα του σπειρώματος.
- Το βήμα του κοχλία κινήσεως του τραπεζιού h_K .
- Το βήμα της ελικώσεως που θα κοπεί το κομμάτι h_A .
- Οι εναλλάξιμοι εξωτερικοί τροχοί για την κίνηση του διαιρέτη.

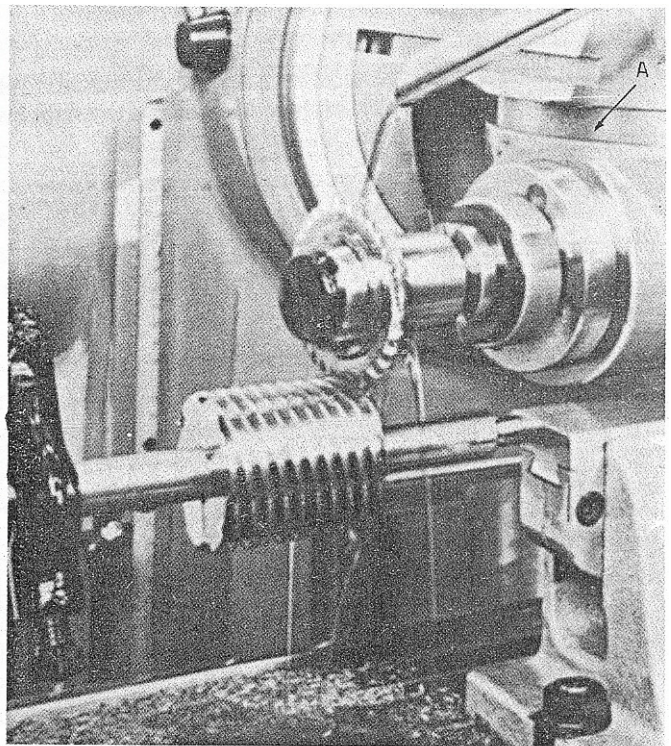
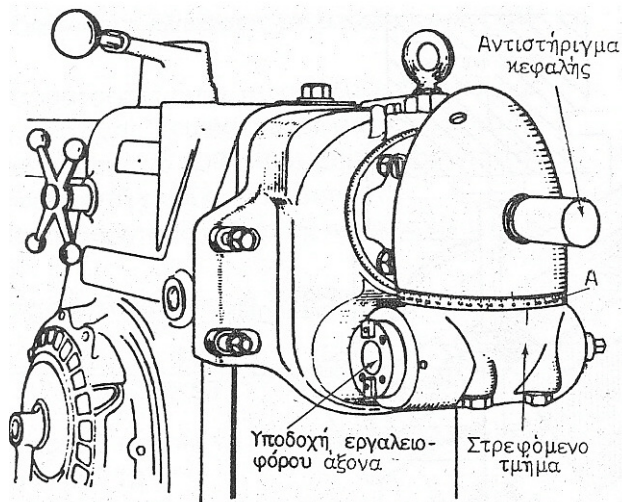
β) Σχετικές θέσεις τραπεζιού και εργαλείων. Θέσεις «μηδέν».

Περίπτωση Α: Οριζόντια φρεζομηχανή γενικής χρήσεως.

Ονομάζουμε θέση 0 του τραπεζιού την κανονική θέση που έχει προτού πάρει καμιά στροφή. Στη θέση αυτή ο νοητός άξονας για τη μετατόπισή του είναι παράλληλος προς το κατακόρυφο επίπεδο του μετώπου του κορμού της μηχανής (σχήμα 2.101).

Περίπτωση Β: Φρεζομηχανή εφοδιασμένη με κεφαλή γενικής χρήσεως (Universal, σχήμα 2.99).

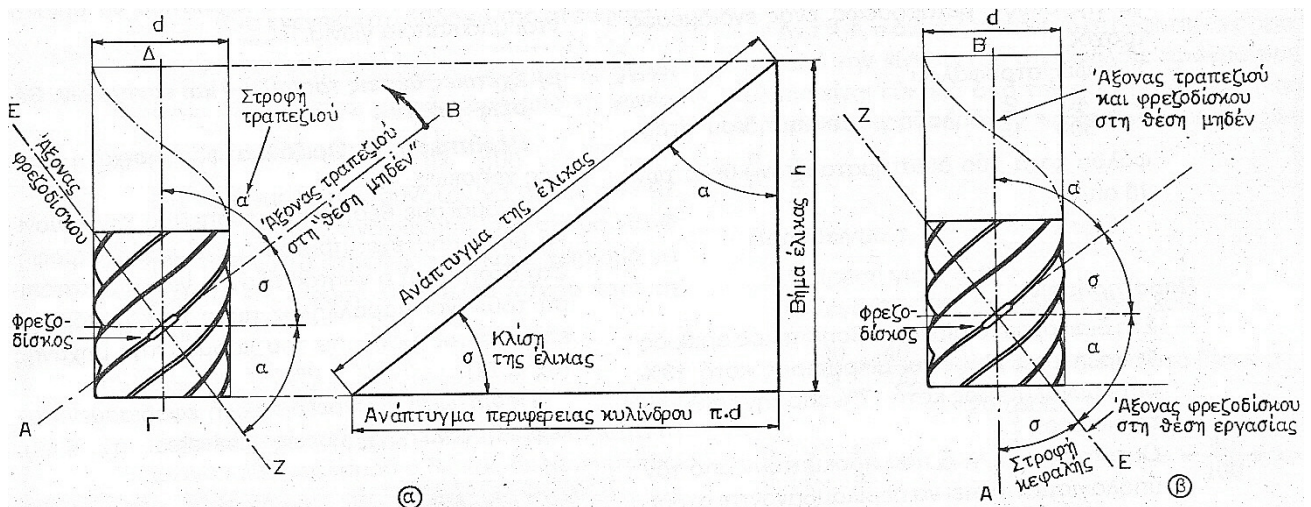
Στην περίπτωση αυτή, η «θέση μηδέν» αναφέρεται όχι στο τραπέζι, αλλά στον εργαλειοφόρο άξονα που είναι οριζόντιος και παράλληλος προς το μέτωπο της φρεζομηχανής, προτού δοθεί στο φορέα του άξονα καμιά στροφή και καμιά κλίση. Για την περίπτωση αυτή, στο τραπέζι της φρεζομηχανής δε δίδεται καμιά στροφή, δηλαδή βρίσκεται και αυτό στη θέση μηδέν, ακόμη και αν έχει τη δυνατότητα τέτοιας στροφής. Μετά από τις παραπάνω διευκρινίσεις, η σχετική θέση τραπεζιού και άξονα φρεζοδίσκου για την κοπή ελικώσεων και οι αναγκαίες γωνίες στροφής και για τις δύο περιπτώσεις Α και Β φαίνονται στο σχήμα 2.100.



α

β

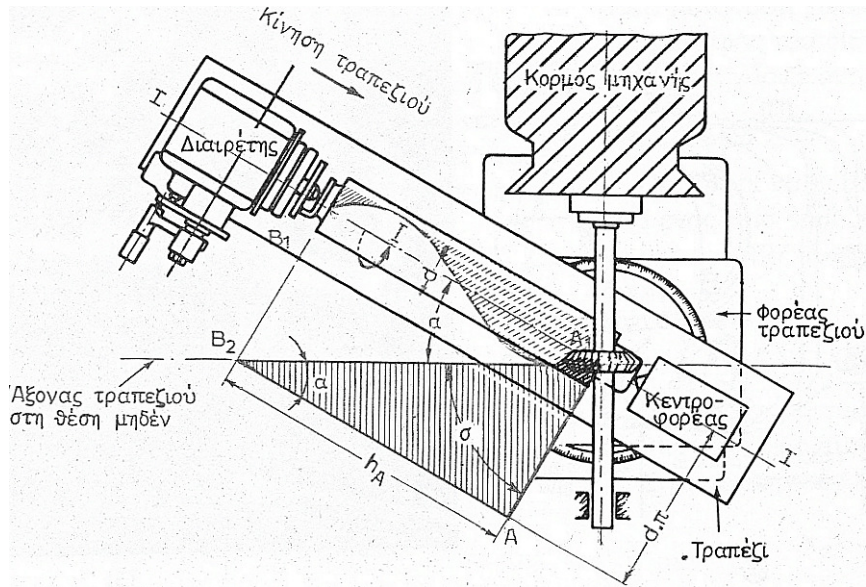
Σχήμα 2.99 Φρεζομηχανή εφοδιασμένη με κεφαλή γενικής χρήσεως για κοπή ελικώσεων: α) Διαμόρφωση κεφαλής. β) Κεφαλή σε λειτουργία.



α

β

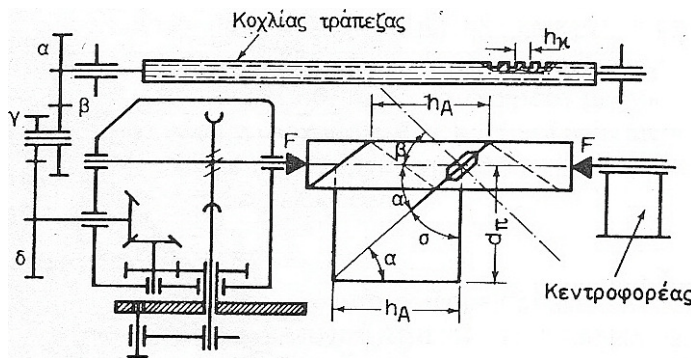
Σχήμα 2.100 Θέση τραπεζιού και κοπτικού εργαλείου για κοπή ελικώσεων. α) Σε φρεζομηχανή γενικής χρήσεως. Στροφή του τραπεζιού κατά τη γωνία α . β) Σε φρεζομηχανή με κεφαλή. Στροφή του άξονα φρεζοδίσκου κατά τη γωνία $\sigma = 90 - \alpha$.



Σχήμα 2.101 Σχετική θέση τραπεζιού και σώματος φρεζομηχανής για κοπή αριστερόστροφης έλικας.

γ) Ελικώσεις σε οριζόντια φρεζομηχανή ή γενικής χρήσεως.

Στο σχήμα 2.101 φαίνεται σε κάτοψη η αναγκαία διάταξη για την κοπή έλικας και στο σχήμα 2.102 φαίνεται σε σχηματική παράσταση πώς μεταφέρεται η περιστροφική κίνηση στο κομμάτι από τον κοιλία του τραπεζιού μέσω του διαιρέτη.



Σχήμα 2.102 Σχηματική παράσταση των κυρίων στοιχείων κινήσεως για κοπή ελικώσεων στη φρεζομηχανή.

Για το σκοπό αυτό ελευθερώνεται ο δίσκος από το βλήτρο ασφαλίσεώς του, ώστε να μπορεί να περιστρέφεται (σχήμα 2.102) και με το βλήτρο Z της λαβής του χειροστροφάλου γίνεται ο δίσκος ένα σώμα με τον ατέρμονα. Έτσι, ο δίσκος, που παίρνει τώρα κίνηση από τα εξωτερικά γρανάζια, περιστρέφει, μέσω του ατέρμονα και της κορώνας, την άτρακτο και μάλιστα με σχέση μεταδόσεως 40:1. Σύμφωνα με τα προηγούμενα (σχήμα 2.101), είναι απαραίτητο το τραπέζι να περιστραφεί κατά γωνία α που είναι συμπληρωματική της γωνίας κλίσεως της έλικας ($\alpha = 90 - \sigma$). Αν δε γίνει αυτό και γίνουν όλες οι άλλες κινήσεις, δηλαδή μετακίνηση του τραπεζιού και σύγχρονη περιστροφή του κομματιού από το διαιρέτη, ο φρεζοδίσκος θα καταστρέψει το κομμάτι.

Στην οριζόντια φρεζομηχανή, όπως έχουμε αναφέρει, το τραπέζι μπορεί να περιστραφεί δεξιά ή αριστερά κατά γωνία $\alpha = 0^\circ$ έως 45° , που αντιστοιχεί σε γωνία

κλίσεως της έλικας $\sigma = 90 - \alpha$, δηλαδή $\sigma = 90^\circ$ έως 45° .

Τέτοια γωνία όμως έχουν τα πολύ μεγάλα βήματα, που εφαρμόζονται π.χ. σε ειδικές ελικώσεις με πολλές αρχές, σε κυλινδρικούς οδοντωτούς τροχούς με ελικοειδή δόντια και άλλες παρόμοιες εργασίες.

Το συμπέρασμα είναι λοιπόν ότι στη συνηθισμένη οριζόντια φρεζομηχανή γενικής χρήσεως δεν μπορεί να γίνουν ελικώσεις με μικρές γωνίες κλίσεως.

Για παράδειγμα, έστω ότι σε άξονα $\Phi 60$ θέλουμε να κόψουμε τραπεζοειδές σπείρωμα με το μεγαλύτερο τυποποιημένο (DIN 103) βήμα, που για την περίπτωση αυτή είναι $h = 14 \text{ mm}$.

Η μέση διάμετρος από τους πίνακες είναι $d_2 = 53 \text{ mm}$.

Κλίση της έλικας [σχήμα 6.70 (α)]

$$\text{Εφ } \sigma = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{14}{\pi \cdot 53} = 0,80408 \rightarrow \sigma \approx 4^\circ \cdot 48'$$

Το τραπέζι πρέπει να γυρίσει κατά γωνία $\alpha = 90 - \sigma = 85^\circ 12'$.

Αυτό είναι αδύνατο να γίνει στη φρεζομηχανή, αφού $\alpha_{\text{μεγ.}} = 45^\circ$.

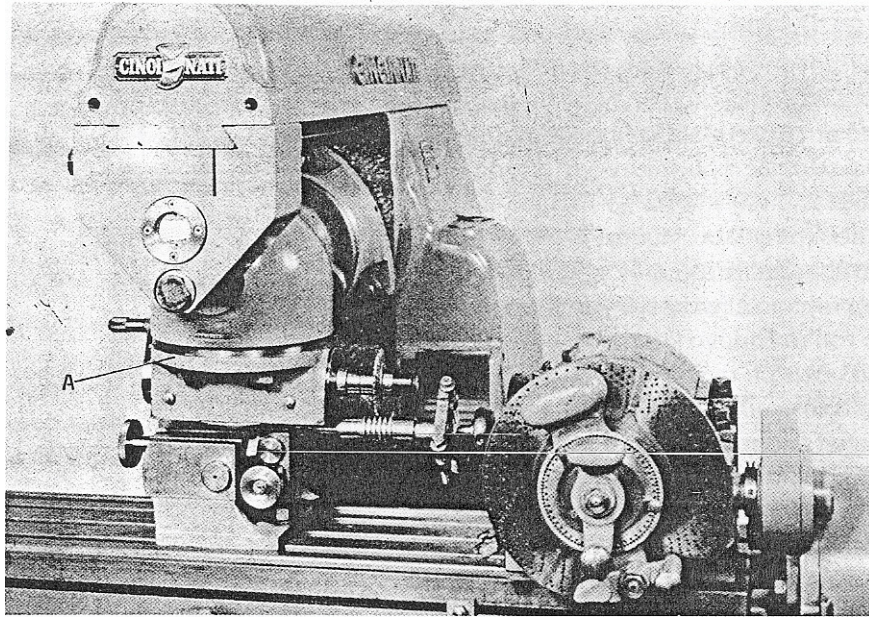
Το μειονέκτημα αυτό αντιμετωπίζεται, όταν η φρεζομηχανή εφοδιασθεί με την κεφαλή γενικής χρήσεως οπότε η κεφαλή θα περιστραφεί μόνο κατά $\sigma = 4^\circ \cdot 48'$ [(Universal) σχήμα 2.99].

δ) Ελικώσεις με κεφαλές γενικής χρήσεως.

Οι κεφαλές γενικής χρήσεως είναι ιδιοσυσκευές που αποτελούν σοβαρά και σχετικά βαριά συμπληρώματα των φρεζομηχανών και παραδίδονται, εφόσον φυσικά το ζητήσει ο αγοραστής, με ανάλογη επιβάρυνση του συνολικού κόστους.

Οι κεφαλές προσαρμόζονται, κατά κανόνα μετωπικά, στο άκρο της ατράκτου των οριζοντίων φρεζομηχανών (σχήμα 2.99 και 2.103) και σπανιότερα, εφόσον η εν γένει διαμόρφωση το επιτρέπει, σε κατακόρυφες φρεζομηχανές. Ο φορέας του εργαλειοφόρου άξονα μπορεί να περιστρέφεται περί κατακόρυφο άξονα και ολόκληρη η κεφαλή περί οριζόντιο. Δύο αντίστοιχες βαθμονομημένες στεφάνες μετρούν τις σχετικές γωνίες στροφής.

Σύμφωνα με αυτά που καθορίζονται στην παράγραφο β σελ.127 [σχήμα 2.99 και 2.100 (β)], στη θέση «μηδέν» το μέσο επίπεδο του φρεζοδίσκου είναι κάθετο προς την κατεύθυνση κινήσεως του τραπεζιού. Για να κοπεί η ελίκωση, πρέπει το τραπέζι να παραμείνει στη θέση «μηδέν», ενώ ο εργαλειοφόρος άξονας πρέπει να στραφεί όχι κατά τη γωνία α , όπως προηγουμένως, αλλά κατά τη γωνία κλίσεως της έλικας σ . Η γωνία στροφής μπορεί να πάρει τιμές από 0 μέχρι περίπου 45° . Για το λόγο αυτό η χρησιμοποίηση της κεφαλής γενικής χρήσεως προσφέρεται απόλυτα για την κοπή όλων σχεδόν των σπειρωμάτων των οποίων η κλίση της ελικώσεώς τους είναι πάντα μικρή. Η αναγκαία στροφή κατά τη γωνία σ μετριέται πάνω στη βαθμονομημένη στεφάνη Α (σχήμα 2.103).



Σχήμα 2.103 Κοπή σπειρώματος με μικρό βήμα, σε φρεζομηχανή με κεφαλή γενικής χρήσεως.

ε) Υπολογισμός της μεταδόσεως των εξωτερικών γρاناζιών.

Για τον υπολογισμό των γρاناζιών σκεπτόμαστε ως εξής: Σύμφωνα με το σχήμα 2.102 συμβολίζουμε h_k και h_A αντίστοιχα τα βήματα του κοχλίου του τραπεζιού και της έλικας του κομματιού και η_k και η_A τις στροφές που κάνουν στον ίδιο χρόνο ο κοχλίας και το κομμάτι.

Τα γινόμενα $h_k \cdot \eta_k$ και $h_A \cdot \eta_A$ παριστάνουν την ίδια μετατόπιση που μετριέται τη μια φορά στον κοχλία και την άλλη φορά στο κομμάτι. Δηλαδή είναι πάντα: μετατόπιση = $h_k \cdot \eta_k = h_A \cdot \eta_A$ και συνεπώς ισχύει πάντα η σχέση $\frac{\eta_k}{\eta_A} = \frac{h_A}{h_k}$ (τα h_A και

h_k εκφρασμένα στις ίδιες μονάδες).

Οι εσωτερικές μεταδόσεις του διαιρέτη μέχρι τον ατέρμονα είναι 1:1. Κινητήριος άξονας είναι ο κοχλίας του τραπεζιού και κινούμενος ο ατέρμονας και στη συνέχεια η κορώνα, δηλαδή το κομμάτι. Η σχέση ατέρμονα - κορώνας είναι 40:1. Όπως είναι γνωστό η σχέση μεταδόσεως είναι η σχέση στροφών η_k του κινητήριου προς τις στροφές η_A του κινούμενου άξονα. Δηλαδή οι στροφές η_k υποβιβάζονται πρώτα κατά τη σχέση $\frac{\alpha}{\beta}$, κατόπιν κατά τη σχέση $\frac{\gamma}{\delta}$ και τελικά κατά 1/40, για να γίνουν η_A .

Συνεπώς

$$\eta_k \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} \cdot \frac{1}{40} = \eta_A \rightarrow \frac{\eta_A}{\eta_k} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} \cdot \frac{1}{40} \text{ αλλά}$$

$$\frac{\eta_A}{\eta_k} = \frac{h_k}{h_A}$$

$$\text{Άρα } \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = \frac{h_k}{h_A} \cdot 40$$

Αυτή η σχέση μεταδόσεως θα μας δώσει το επιθυμητό βήμα h_A του κομματιού.

Παράδειγμα 2.14.

Σε οριζόντια φρεζομηχανή να υπολογισθούν οι εξωτερικές μεταδόσεις τροχών από τον κοχλία προς το διαιρέτη για μια αριστερόστροφη έλικα με βήμα $h_A = 200$. Βήμα κοχλία τραπεζιού $h_k = 12 \text{ mm}$

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = \frac{h_k}{h_A} \cdot 40 = \frac{12}{200} \cdot 40 = \frac{24}{10} = \frac{3 \cdot 8}{2 \cdot 5} = \frac{72}{48} \cdot \frac{64}{40} + 1 \text{ ενδιάμεσο}$$

Παράδειγμα 2.15.

Όπως προηγουμένως, αλλά $h_A = 14''$

$$\text{θέτω } h_A = 14'' = 14 \cdot 25,4 = 14 \cdot \frac{127}{5}$$

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = \frac{h_k}{h_A} = \frac{40 \cdot 12}{14 \cdot \frac{127}{5}} = \frac{40 \cdot 12 \cdot 5}{14 \cdot 127} = \frac{48 \cdot 50}{14 \cdot 127} = \frac{48 \cdot 100}{127 \cdot 28} + 1 \text{ ενδιάμεσο}$$

Παράδειγμα 2.16.

Πρόκειται να κοπούν τα ελικοειδή δόντια κυλινδρικής φρέζας. Διάμετρος φρέζας $d = 70 \text{ mm}$. Βήμα $h_A = 540$. Αριθμός δοντιών $z = 9$. Βήμα κοχλία τραπεζιού $h_k = 5 \text{ mm}$. Να υπολογισθούν οι τροχοί α , β , γ , δ που θα δώσουν την κατάλληλη κίνηση στο διαιρέτη.

α) Χειρισμός για το διαιρέτη: στροφή στροφάλου

$$n_\sigma = \frac{40}{z} = \frac{40}{9} = 4 \frac{4}{9} = 4 \frac{12}{27}$$

4 στροφές + 12 διαστήματα οπών σε κύκλο 27 οπών.

β) Υπολογισμός στροφής του τραπεζιού:

$$\epsilon\varphi_\sigma = \frac{h}{\pi \cdot d} = \frac{540}{\pi \cdot 70} = 2,455 \rightarrow \sigma = 67,84^\circ = 67^\circ 50'$$

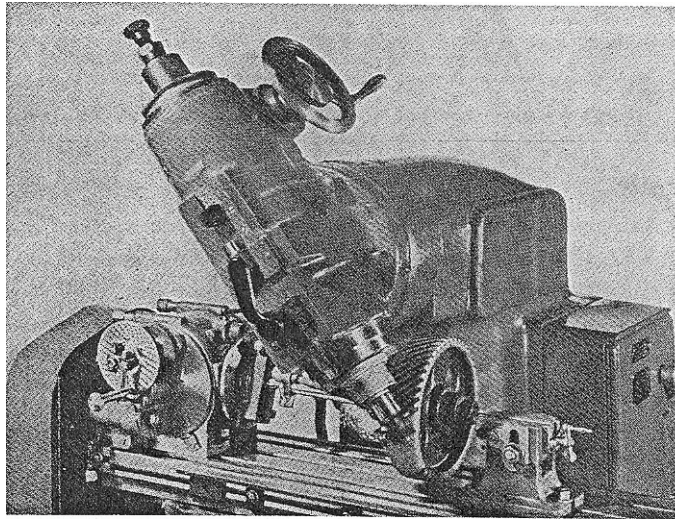
άρα στροφή τραπεζιού $\alpha = 90 - 6 = 90 - 27^\circ 50' = 22^\circ 10'$.

γ) Υπολογισμός των εξωτερικών γριναζιών

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = \frac{h_k}{h_A} \cdot 40 = \frac{5}{540} \cdot 40 = \frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 9} = \frac{32}{48} \cdot \frac{40}{72}$$

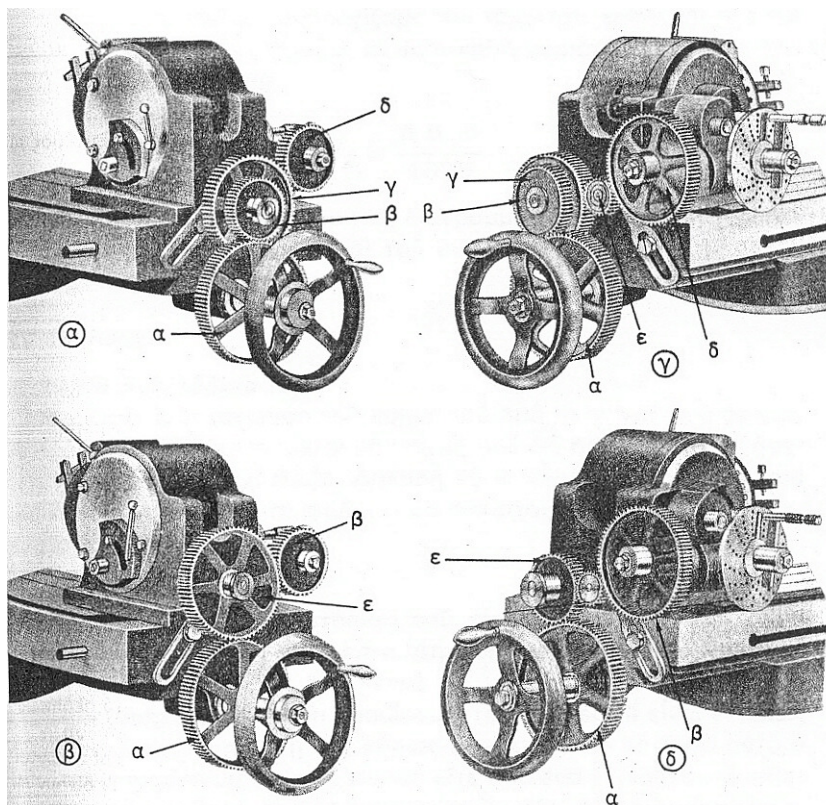
δηλαδή $\alpha = 32$ δόντια, $\beta = 48$, $\gamma = 40$ και $\delta = 72$.

Τέλος σημειώνεται ότι, σε μια φρεζομηχανή με κατακόρυφη κύρια άτρακτο που μπορεί να πάρει κλίσεις, μπορεί να γίνουν ελικώσεις όπως φαίνεται στο σχήμα 2.104. Η αναγκαία στροφή της κεφαλής ισούται με τη γωνία $\alpha = 90 - \sigma$, δηλαδή είναι συμπληρωματική της γωνίας κλίσεως της ελικώσεως. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής έχει περιορισμένες δυνατότητες.



Σχήμα 2.104 Κοπή ελικώσεων με φρεζοδίσκο στερεωμένο στην άτρακτο κατακόρυφης κεφαλής φρεζομηχανής.

Στο σχήμα 2.105 (α), (β), (γ), (δ), φαίνεται πώς μεταδίδεται η κίνηση από το άκρο του κοχλία κινήσεως του τραπεζιού, προς το διαιρέτη με τους εναλλακτικούς τροχούς α, β, γ, και δ και όταν είναι ανάγκη, και με το ενδιάμεσο γρανάζι ε.



Σχήμα 2.105 Διάφορες περιπτώσεις διατάξεως των τροχών για τη μετάδοση κινήσεως από τον κοχλία του τραπεζιού στο διαιρέτη. α) Διπλή μετάδοση. β) Απλή μετάδοση με έναν ενδιάμεσο τροχό. γ) Διπλή μετάδοση με έναν ενδιάμεσο τροχό. δ) Απλή μετάδοση με δύο ενδιάμεσους τροχούς.

Παρατηρήσεις:

1) Τα γρανάζια που υπολογίζουμε πρέπει:

- Να περιλαμβάνονται στα 12 ή 13 συνολικά γρανάζια με τα οποία είναι εφοδιασμένος ο διαιρέτης.

- Να είναι εφαρμόσιμα. Δηλαδή όταν τοποθετηθούν (μονταρισθούν), επάνω στο διαιρέτη να μπορούν να έρθουν σε επαφή το ένα με το άλλο ανά δύο για τη μετάδοση της κινήσεως.

2) Για να γίνει δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη η έλικα, τοποθετούμε κατά περίπτωση ένα ενδιάμεσο γρανάζι όπως ανάλογα κάνουμε και στη διαφορική διαίρεση.

3) Όλες οι φρεζομηχανές κατά την αγορά συνοδεύονται με ένα εγχειρίδιο οδηγιών λειτουργίας, καθώς και με πίνακες που για κάθε βήμα κοχλία και διάμετρο δίνουν την αντίστοιχη μετάδοση κινήσεως των τροχών ($\alpha/\beta \cdot \gamma/\delta$).

- Για το σύνολο των βημάτων που είναι από 15 έως 2.500 mm και για μια μεγάλη σειρά διαμέτρων (περίπου από 5 έως 200 mm) δίνουν επίσης τις αντίστοιχες γωνίες στροφής α του τραπεζιού.

Άμα δεν μπορούμε να εξυπηρετηθούμε από τους πίνακες αυτούς, τότε θα κάνουμε τον υπολογισμό σύμφωνα με τους τύπους που αναφέραμε.

2.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΝΤΟΤΡΟΧΩΝ

Οι οδοντοτροχοί ανήκουν κατεξοχήν στα Στοιχεία Μηχανών και χρησιμοποιούνται σήμερα σε διάφορες εφαρμογές, πράγμα που απαιτεί μεγάλη ποικιλία από αυτούς σε ό,τι αφορά τη μορφή, το μέγεθος και τον προορισμό τους. Η αποδοτική λειτουργία ενός οδοντοτροχού εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ακρίβεια κατασκευής του, η οποία σχετίζεται με σφάλματα βήματος, μορφής οδοντώσεως, όπως επίσης και με σφάλματα κατεργασίας του αρχικού τεμαχίου περιφερειακά, το οποίο μορφοποιείται με οδόντωση.

Σκοπός των οδοντοτροχών είναι η μετάδοση της περιστροφικής κινήσεως από έναν άξονα σε έναν άλλο. Κατά τη μετάδοση αυτή, που είναι άμεση χωρίς να μεσολαβούν ιμάντες ή αλυσίδες, μπορεί να γίνει ταυτόχρονα και καθορισμός ενός διαφορετικού αριθμού στροφών μεταξύ κινητήριου και κινούμενου άξονα.

Γενικά, όταν υπάρχει μετάδοση κινήσεως τότε, ονομάζουμε σχέση μεταδόσεως το λόγο των στροφών του κινητήριου άξονα n_1 προς τις στροφές του κινούμενου n_2 (συμβολισμός: i).

$$i = \frac{\text{στροφές κινητήριου}}{\text{στροφές κινούμενου}} = \frac{n_1}{n_2}$$

Στην περίπτωση μεταδόσεως κινήσεως με οδοντοτροχούς η σχέση αυτή είναι αυστηρά σταθερή σε αντίθεση με άλλα μέσα μεταδόσεως κινήσεως (ιμάντες κλπ.), όπου υπάρχει απώλεια λόγω ολισθήσεως.

Πλεονεκτήματα των οδοντωτών τροχών.

Τα πλεονεκτήματα των οδοντωτών τροχών είναι περιληπτικά τα παρακάτω:

1) Έχουν απόλυτα σταθερή σχέση μεταδόσεως

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

2) Η σχέση μεταδόσεως στους οδοντωτούς τροχούς μεταβάλλεται σε ευρύ πεδίο, δηλαδή από 1:1 μέχρι και πολύ πέραν του 10:1, εφόσον δεν παρουσιάζεται πρόβλημα χώρου, γιατί τότε αυξάνεται πολύ η διάμετρος του μεγάλου τροχού. Συνηθισμένο πεδίο μεταβολών στην κατασκευή μηχανών είναι $i = 1:1 \dots 4:1$ και σπάνια 6:1.

Στα πλοία χρησιμοποιούνται μειωτές στροφών για τη μετάδοση κινήσεως στον τελικό άξονα της έλικας, όπου πολλές φορές μεταβιβάζουν ισχύ πολλών χιλιάδων ίππων. Στην περίπτωση αυτή οι μειωτές και οι οδοντωτοί τροχοί τους πρέπει να ανήκουν σε ανώτερη δυνατή ποιοτική κλάση και, κατασκευάζονται μόνο από ορισμένα εργοστάσια της Ευρώπης, της Αμερικής και της Ιαπωνίας. Η μεγαλύτερη σχέση μεταδόσεως μπορεί εκεί να ξεπερνά και το 20:1.

3) Πολύ μεγάλο πεδίο της μεταφερόμενης ισχύος από ένα ζεύγος τροχών (από μερικά Watt μέχρι, πολλές χιλιάδες kW).

4) Είναι σχετικά μικρός ο καταλαμβανόμενος χώρος.

5) Μεγάλη διάρκεια ζωής.

6) Σχετικά αθόρυβη λειτουργία (υπό την προϋπόθεση καλής κατασκευής και λιπάνσεως).

Οι παραπάνω περιπτώσεις 5 και 6 ισχύουν ιδιαίτερα στην περίπτωση που πρόκειται για οδοντωτούς τροχούς κλάσεως και υψηλών απαιτήσεων. Στην περίπτωση αυτή οι συνεργαζόμενες επιφάνειες των δοντιών έχουν υποστεί τελική κατεργασία με λείανση (ρεκτιφιέ) και ακόμα το υλικό των δοντιών είναι χάλυβας ενανθρακώσεως, δηλαδή τα δόντια στην επιφάνειά τους, μέχρι βάθους περίπου 1 mm, έχουν υποστεί βαφή και σκλήρυνση, ενώ όλο το υπόλοιπο υλικό είναι άβαφο (μαλακό), και έτσι συνυπάρχουν σκληρότητα και σχετική ελαστικότητα στα δόντια του τροχού.

Είδη οδοντοτροχών

Ανάλογα με τη μορφή τους, τα συνηθισμένα είδη οδοντοτροχών είναι τα ακόλουθα (σχήμα 2.106):

- Οι μετωπικοί οδοντοτροχοί. Έχουν κυλινδρική μορφή και χρησιμοποιούνται στη μετάδοση κίνησης ανάμεσα σε παράλληλες ατράκτους ή μεταξύ οδοντοκανόνα και ατράκτου. Η μορφή της οδόντωσης της κατηγορίας αυτής μπορεί να είναι ευθύγραμμη ή λοξή (ελικοειδής).

Ο οδοντωτός κανόνας μπορεί να θεωρηθεί ως ένας οδοντωτός τροχός με διάμετρο $D = \infty$ και φυσικά άπειρο αριθμό δοντιών.

Το ζεύγος τροχού - κανόνα μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε ευθύγραμμη και αντίστροφα. Η μεταφερόμενη δύναμη και ισχύς βρίσκονται περίπου στην ίδια τάξη μεγέθους με τη δύναμη και ισχύ των οδοντωτών τροχών.

- Οι κωνικοί οδοντοτροχοί. Έχουν κωνική μορφή και οι άξονες των ατράκτων του ζεύγους τέμνονται. Ως κωνικοί οδοντοτροχοί θεωρούνται και οι λεγόμενοι υποειδείς, των οποίων όμως οι άξονες είναι ασύμβατοι. Η μορφή της οδόντωσης μπορεί να είναι ευθύγραμμη σπειροειδής.

- Η κορώνα. Συνεργάζεται με ατέρμονα κοχλία. Οι άξονες των ατράκτων του ζεύγους είναι ασύμβατοι κατά ορθή γωνία.



Σχήμα 2.106 Διάφορα είδη οδοντοτροχών.

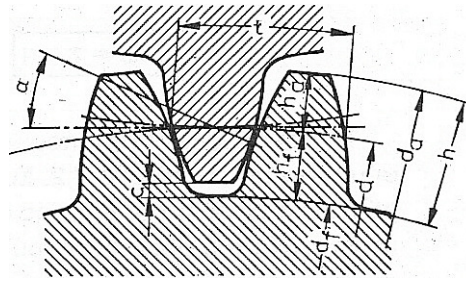
α) Βαθμός αποδόσεως.

Ο βαθμός αποδόσεως ενός ζεύγους οδοντωτών τροχών (λόγος της αποδιδόμενης προς την προσδιδόμενη ισχύ) μπορεί να φθάσει $\eta = 0,98$ έως $0,99$ με την προϋπόθεση καλής κατασκευής (κλάσεως) και καλής εδράσεως και λιπάνσεως. Στα κιβώτια ταχυτήτων των αυτοκινήτων είναι $0,95$ έως $0,97$.

Τέλος, η παρουσία οδοντωτών τροχών σε κάθε σχεδόν μηχανουργική κατασκευή και μάλιστα σε μεγάλο πλήθος και ποικιλία μορφών και μεγεθών, μαρτυρεί τη σπουδαιότητα των μέσων αυτών ως στοιχείων στη σύγχρονη βιομηχανία.

β) Κατατομή δοντιών.

Ονομάζουμε κατατομή δοντιού τη μορφή που παρουσιάζει το δόντι του τροχού σε μια τομή κάθετη προς το μήκος του (σχήμα 2.107). Οι δύο καμπύλες πλευρές της τομής σε κάθε δόντι, δεξιά και αριστερά, είναι όμοιες και έχουν τη μορφή μιας ορισμένης γεωμετρικής καμπύλης. Από τα διάφορα είδη τέτοιων καμπύλων μορφών που υπάρχουν (εξελιγμένη, επικυκλοειδής, υποκυκλοειδής, Νονίκον), στην πράξη έχει επικρατήσει και εφαρμόζεται γενικά στη βιομηχανία με ελάχιστες εξαιρέσεις, η μορφή της εξελιγμένης, επειδή παρουσιάζει τα περισσότερα πλεονεκτήματα από τις άλλες.



Σχήμα 2.107 Κατατομές δοντιών τροχού.

γ) Χαρακτηριστικά βασικά στοιχεία οδοντοτροχών (σχήμα 2.108 και 2.109).

d_o = Διάμετρος αρχικής περιφέρειας. Για τον υπολογισμό της αντοχής και των διαστάσεων των τροχών έχει τη μεγαλύτερη σημασία παρόλο ότι πρόκειται περί μιας διαμέτρου που δεν υλοποιείται και δεν είναι ορατή.

d_k = Διάμετρος περιφέρειας κεφαλών.

d_f = Διάμετρος περιφέρειας ποδιών.

t = Βήμα της οδοντώσεως. Μετριέται όχι ως χορδή αλλά ως μήκος τόξου, πάνω στην αρχική περιφέρεια d_o μεταξύ δύο διαδοχικών δοντιών. Το βήμα ορίζεται ανάλογα με το είδος της οδόντωσης, όπως π.χ. το μετωπικό και το κάθετο βήμα στους οδοντοτροχούς με λοξή οδόντωση ή το βήμα μεγάλης ή μικρής διαμέτρου στους κωνικούς οδοντοτροχούς.

S_o = Πάχος δοντιού (μετριέται πάνω στην d_o).

S_k = Διάκενο δοντιών (μετριέται πάνω στη d_o)

$$L_o + S_o \approx t \text{ και θεωρητικά } l_o = S_o \approx \frac{t}{2}$$

b = Πλάτος δοντιού.

h_k = Ύψος κεφαλής.

h_f = Ύψος ποδιού.

h = Ύψος δοντιού = $h_k + h_f$.

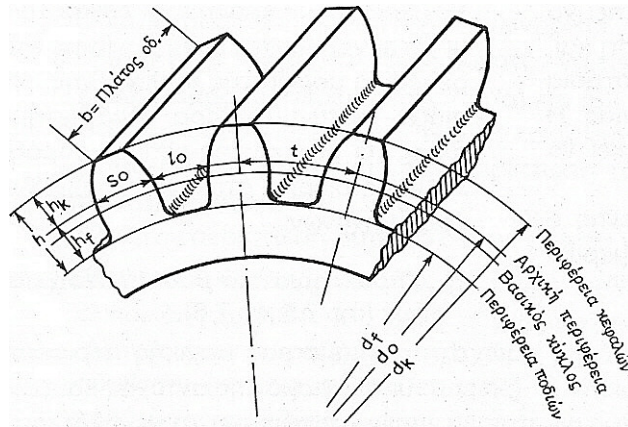
a = Απόσταση αξόνων των δύο τροχών ή μεταξόνιο.

z = Αριθμός δοντιών.

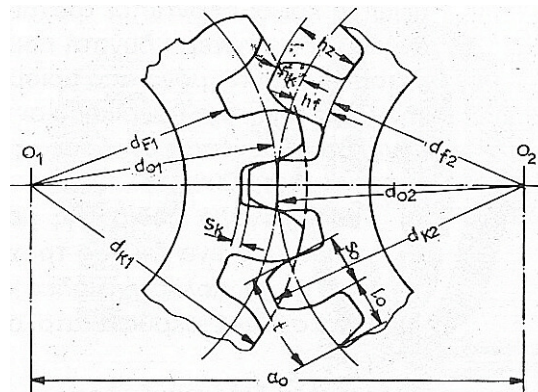
n_1, n_2 = Αριθμός στροφών.

s_k = Διάκενο = (0, 1, ..., 0,3 mm) συνήθως $s_k = 0,1$ cm αλλά εξαρτάται κυρίως από την κλάση ποιότητας της μηχανής για την οποία προορίζεται ο τροχός.

Επειδή οι οδοντοτροχοί λειτουργούν και σχεδιάζονται κατά ζεύγη, τα παραπάνω στοιχεία δίδονται στα σχέδια με το δείκτη (1) για το μικρό οδοντοτροχό και με το δείκτη (2) για το μεγάλο τροχό.



Σχήμα 2.108 Αξονομετρικό οδοντώσεως.



Σχήμα 2.109 Όψη οδοντώσεων.

δ) Καθορισμός των μεγεθών των βασικών στοιχείων του οδοντοτροχού με ευθύγραμμα δόντια.

- Το μήκος της αρχικής περιφέρειας u , υπολογισμένο με βάση τη διάμετρο d_o , το βήμα t και τον αριθμό δοντιών z , είναι:

$$u = \pi \cdot d_o = z \cdot t$$

- Επειδή το z είναι πάντοτε ακέραιος αριθμός, και το π ασύμμετρος, πρέπει το βήμα t να είναι ασύμμετρος αριθμός, πολλαπλάσιο του π .

Λαμβάνονται: $t = m \cdot \pi$

- Ο αριθμός m είναι το μέτρο του βήματος της οδόντωσης ή μέτρο της οδόντωσης και λέγεται μοντούλ (modul). Είναι δηλαδή βασικό στοιχείο, που χαρακτηρίζει το μέγεθος του δοντιού του τροχού, και, όπως είναι ευνόητο, έχει διαστάσεις μήκους (mm).

Από τα παραπάνω προκύπτει:

$$u = \pi \cdot d_o = z \cdot t = z \cdot \pi \cdot m$$

από όπου και η θεμελιώδης σχέση για τους οδοντοτροχούς κατά το μετρικό σύστημα:

$$d_o = z \cdot m$$

- Στο Αγγλοσαξονικό σύστημα ορίζεται το περιφερειακό βήμα (circular pitch) C_p ή P_t . Καλείται η απόσταση δύο διαδοχικών δοντιών, που μετριέται πάνω στην αρχική περιφέρεια. Είναι το βήμα της οδοντώσεως, αλλά μετρημένο σε ίντσες δηλαδή:

$$C_p [in] = \frac{\pi \cdot d_o [in]}{z} = \frac{t [mm]}{25.4} = \frac{m [mm]}{8.09}$$

- Το διαμετρικό βήμα (diametral pitch) D_p ή P . Εκφράζει τον αριθμό των δοντιών του οδοντοτροχού που αντιστοιχεί σε μία ίντσα αρχικής διαμέτρου, δηλαδή:

$$D_p [\text{in}^{-1}] = \frac{z}{d_o [\text{in}]} = \frac{\pi}{C_p [\text{in}]} = \frac{25.4}{m [\text{mm}]}$$

Προτυποποιημένες τιμές του μέτρου m , του διαμετρικού βήματος D_p και του περιφερειακού βήματος C_p για μετωπικούς οδοντοτροχούς δίδονται στον πίνακα 2.14 σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO 54-1977 (ή DIN 780, Teil 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.14

Προτυποποιημένες τιμές του μέτρου οδόντωσης m , του διαμετρικού βήματος D_p και του περιφερειακού βήματος C_p κατά ISO 54-1977 ή DIN 780 (Teil 1) για μετωπικούς οδοντοτροχούς.

DIN 780 m mm		Διαμετρικό βήμα			Περιφερικό βήμα		
Σειρά 1	Σειρά 2	D_p 1/Zoll	m mm	t_0 mm	C_p Zoll	m mm	t_0 mm
0,05	0,055						
0,06	0,07	28	0,9071	2,850	$\frac{1}{16}$	0,5053	1,588
0,08	0,09	26	0,9769	3,069	$\frac{1}{8}$	1,0106	3,175
0,1	0,11	24	1,0583	3,325	$\frac{2}{16}$	1,5160	4,763
0,12	0,14	22	1,1545	3,627	$\frac{1}{4}$	2,0213	6,350
0,16	0,18						
0,20	0,22						
0,25	0,28	20	1,2700	3,990	$\frac{5}{16}$	2,5266	7,938
0,3	0,35	18	1,4111	4,433	$\frac{3}{8}$	3,0319	9,525
0,4	0,45	16	1,5875	4,987	$\frac{7}{16}$	3,5372	11,113
0,5	0,55	14	1,8143	5,700	$\frac{1}{2}$	4,0425	12,700
0,6	0,65						
0,7	0,75	12	2,1167	6,650	$\frac{9}{16}$	4,5479	14,288
0,8	0,85	11	2,3091	7,254	$\frac{5}{8}$	5,0532	15,875
0,9	0,95	10	2,5400	7,980	$\frac{11}{16}$	5,5585	17,463
1	1,125	9	2,8222	8,866	$\frac{3}{4}$	6,0638	19,050
1,25	1,375						
1,5	1,75	8	3,1750	9,975	$\frac{13}{16}$	6,5691	20,638
2	2,25	7	3,6286	11,399	$\frac{7}{8}$	7,0744	22,225
2,5	2,75	6	4,2333	13,299	$\frac{15}{16}$	7,5798	23,813
3	3,5	5	5,0800	15,959	1	8,0850	25,400
4	4,5	4	6,3500	19,949	$1 \frac{1}{16}$	8,5904	26,988
5	5,5	$3 \frac{1}{2}$	7,2571	22,799	$1 \frac{1}{8}$	9,0957	28,575
6	7	3	8,4667	26,599	$1 \frac{3}{16}$	9,6010	30,163
8	9	$2 \frac{3}{4}$	9,2364	29,017	$1 \frac{1}{4}$	10,1063	31,750
10	11	$2 \frac{1}{2}$	10,1600	31,919	$1 \frac{5}{16}$	10,6117	33,338
12	14	$2 \frac{1}{4}$	11,2889	35,465	$1 \frac{3}{8}$	11,1170	34,925
16	18	2	12,7000	39,898	$1 \frac{7}{16}$	11,6223	36,513
20	22	$1 \frac{3}{4}$	14,5143	45,598	$1 \frac{1}{2}$	12,1276	38,100
25	28	$1 \frac{1}{2}$	16,9333	53,198	$1 \frac{5}{8}$	13,1382	41,275
32	36	$1 \frac{1}{4}$	20,3200	63,837	$1 \frac{3}{4}$	14,1489	44,450
40	45	1	25,4000	79,797	$1 \frac{7}{8}$	15,1595	47,625
50	55				2	16,1701	50,800
60	70						

Τα μοντούλ είναι τυποποιημένα σε δύο σειρές σύμφωνα με τον πίνακα 2.14, συνιστάται να προτιμώνται τα μεγέθη της πρώτης σειράς.

Τα προαναφερθέντα βασικά στοιχεία της οδόντωσης, όπως η διάμετρος κεφαλής d_k , το ύψος κεφαλής h_k , το ύψος ποδός h_f , το συνολικό ύψος του δοντιού h και τα υπόλοιπα, τα οποία κατά περίπτωση προσδιορίζονται από τα z , m ή D_p (ή P) χρειάζονται τόσο για την κατεργασία του δισκοειδούς κομματιού, στο οποίο περιφερειακώς θα μορφοποιηθεί η οδόντωση, όσο και για την κατεργασία της ίδιας

της οδόντωσης (π.χ. το συνολικό ύψος των δοντιών αποτελεί το βάθος κοπής κατά την κατεργασία της). Στους πίνακες 2.15 και 2.16 δίνονται σχέσεις υπολογισμού των στοιχείων οδοντοτροχών με ευθύγραμμη οδόντωση με βάση το βήμα m και το διαμετρικό βήμα D_p .

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.15

Στοιχεία οδοντοτροχού μετρικού συστήματος με ευθύγραμμη οδόντωση.

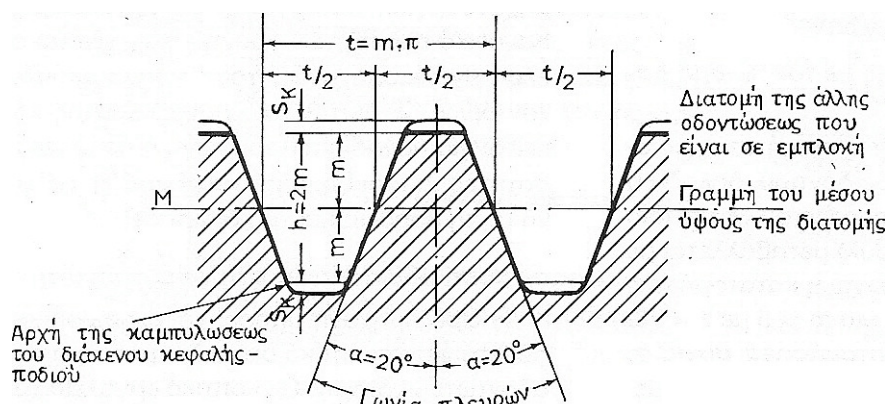
Περιγραφή	Σύμβολο	Υπολογισμός
Μοντούλ	M	$m = t/\pi = d_0/z$
Βήμα οδόντωσης	T	$t = m \cdot \pi = d_0 \cdot \pi/z$
Αρχική διάμετρος	d_0	$d_0 = z \cdot m = d_k - 2m$
Εξωτερική διάμετρος	d_k	$d_k = (z+2) \cdot m = d_0 + 2m$
Ύψος κεφαλής δοντιού	h_k	$h_k = m$
Ύψος ποδιού δοντιού	h_f	$h_f = 1.166m$
Ύψος δοντιού (βάθος κοπής)	h	$h = 2.166m = 0.7t$
Αριθμός δοντιών	z	$z = d_0/m = d_0 \cdot \pi/t$
Απόσταση αξόνων τροχών	a	$a = m \cdot (z_1 + z_2)/2 = (d_{01} + d_{02})/2$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.16

Στοιχεία οδοντοτροχού με ευθύγραμμη οδόντωση κατά το αγγλοσαξονικό σύστημα.

Περιγραφή	Σύμβολο	Υπολογισμός
Διαμετρικό βήμα (πίτς)	D_p	$D_p = (z+2)/D_k = z/d = \pi / C_p = 25.4/m$
Περιφερειακό βήμα	C_p	$C_p = \pi / D_p = d \cdot \pi/z = d_k \cdot \pi/(z+2)$
Αριθμός δοντιών	z	$z = D_k \cdot D_p - 2 = D_p \cdot d = (d \cdot \pi) / C_p$
Αρχική διάμετρος	d	$d = z \cdot d_k/(z+2) = z/D_p = z \cdot C_p/\pi$
Εξωτερική διάμετρος	d_k	$d_k = D_p \cdot (z+2)$
Ύψος δοντιού	h	$h = 2.157/D_p = C_p(0.6866)$
Ύψος ποδιού δοντιού	f	$f = 1.157/D_p = C_p(0.3683)$
Ύψος κεφαλής δοντιού	k	$k = 1/D_p = C_p(0.3183) = d/z$
Απόσταση αξόνων τροχών	A	$A = (z_1 - z_2)/2D_p$

Επίσης στο σχήμα 2.110 καθορίζονται με περισσότερη λεπτομέρεια τα επιμέρους στοιχεία των δοντιών.



Σχήμα 2.110 Διατομή δοντιών οδοντωτού κανόνα DIN 867.

Παρατήρηση.

Κατά την κατασκευή των τροχών και την κοπή των δοντιών γίνονται ορισμένα αναπόφευκτα σφάλματα που εκδηλώνονται τελικά σε μικρές αποκλίσεις από την ιδανική θεωρητική μορφή της κατατομής και από το θεωρητικό πάχος δοντιού και διακένου. Αιτίες των αποκλίσεων αυτών μπορεί να είναι:

- Σφάλμα στην παραλληλότητα των αξόνων των τροχών.
- Σφάλμα στην απόσταση των αξόνων των τροχών.
- Σφάλμα λόγω εκκεντρικής περιστροφής κατά την κοπή των δοντιών.
- Σφάλματα φθορών τόσο στο κοπτικό εργαλείο όσο και στην ίδια την εργαλειομηχανή κοπής των δοντιών.

Για την αντιμετώπιση των σφαλμάτων τύπου και μορφής, καθώς και των διαστολών λόγω θερμάνσεως κατά τη λειτουργία, δίνεται κατά κανόνα μια «χάρη» μεταξύ των πλευρών των δοντιών με την κατασκευή του $I_o > S_o$. Η χάρη αυτή αυξάνεται με το μέγεθος του μοντούλ m και για το ίδιο m μεταβάλλεται με την κλάση ποιότητας των τροχών σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς.

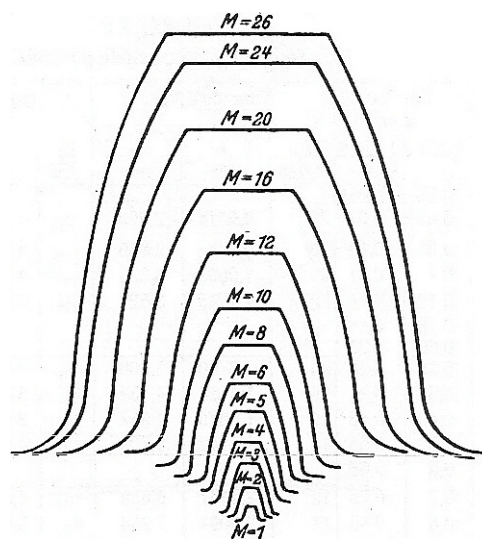
Σήμερα η κοπή των δοντιών κατά την παραγωγή των οδοντοτροχών γίνεται σε ειδικές μηχανές (γρاناζοκόπτες) και σπάνια σε συνήθεις φρεζομηχανές με διαίρετη όπου χρησιμοποιούνται ειδικά κοπτικά εργαλεία μορφής.

Για κάθε μέγεθος μοντούλ υπάρχει και το αντίστοιχο κοπτικό εργαλείο για κλίση της ευθείας επαφής 20° ή 15° .

Σύμφωνα με τα παραπάνω, εφόσον έχει καθορισθεί από το μελετητή το μέγεθος του μοντούλ m , ο αριθμός των δοντιών z και φυσικά η κλίση 20° ή 15° της ευθείας επαφής, η διατομή του δοντιού αποδίδεται με ακρίβεια κατά την κατεργασία. Συνεπώς, είναι άσκοπη και περιττή η χάραξη της εξελιγμένης στα κατασκευαστικά σχέδια των τροχών.

Συνιστάται να προτιμάται η σειρά 1.

Το σχήμα 2.111 παρουσιάζει σε φυσικό μέγεθος τη σειρά κατατομών των δοντιών για μοντούλ 1 έως 26 και για αριθμό δοντιών $z = 40$.



Σχήμα 2.111 Διατομές δοντιών για μοντούλ από $m = 1$ μέχρι $m = 26$ για οδοντοτροχό με $z = 40$ δόντια.

στ) Μεταβολή της κατατομής με τον αριθμό δοντιών z .

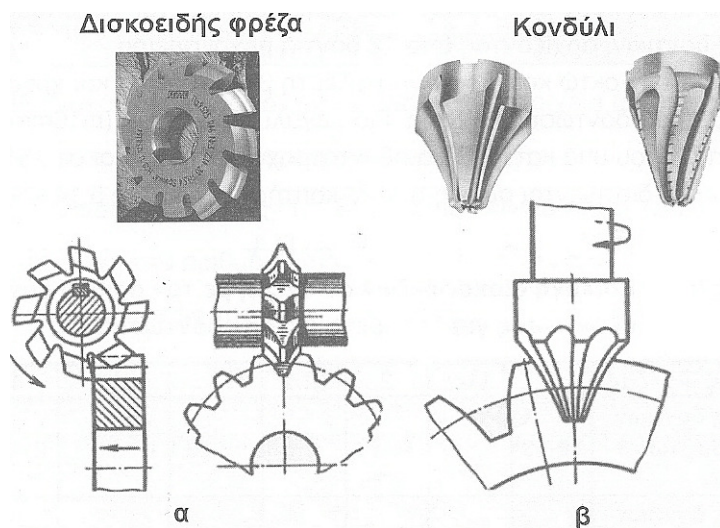
Όπως προκύπτει από τη θεωρητική και σχεδιαστική μελέτη, η κατατομή ενός δοντιού, δηλαδή η μορφή των δύο καμπύλων πλευρών του, για το ίδιο μέγεθος βήματος (ίδιο μοντούλ) μεταβάλλεται με τον αριθμό δοντιών z . Άλλη είναι η κατατομή π.χ. για $m = 5$ με $z = 15$ και άλλη για $m = 5$ με $z = 70$.

Οι δύο πλευρές της κατατομής για μικρά z , έχουν πιο κλειστές καμπύλες, ενώ όσο το z μεγαλώνει, τόσο οι καμπύλες γίνονται πιο ανοικτές και σε πολύ μεγάλο αριθμό δοντιών (θεωρητικά για $z = \infty$) οι δύο πλευρές είναι ευθείες. Αυτό ακριβώς συμβαίνει στις κατατομές του οδοντωτού κανόνα, όπου οι πλευρές είναι ευθείες, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.110.

Εφόσον το βήμα, δηλαδή το μοντούλ, είναι το ίδιο, όλοι οι οδοντωτοί τροχοί με οποιοδήποτε αριθμό δοντιών μπορούν να συνεργασθούν μεταξύ τους και φυσικά και με τον οδοντωτό κανόνα.

Κοπή οδοντώσεων σε φρεζομηχανή

Η κοπή οδοντώσεων σε φρεζομηχανή επιτυγχάνεται είτε με δισκοειδή φρέζα ή με κονδύλι μορφής (σχήμα 2.112).



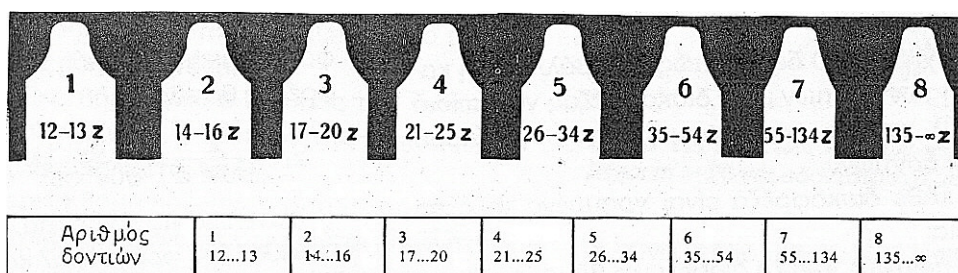
Σχήμα 2.112 Κοπή οδοντώσεων σε φρεζομηχανή: α) με δισκοειδή φρέζα μορφής, β) με κονδύλι μορφής.

Κατά τη μέθοδο αυτή της οδοντοκοπής, κάθε μεσοδόντιος χώρος της οδόντωσης σχηματίζεται ξεχωριστά. Η δισκοειδής φρέζα ή η κονδυλοειδής φρέζα μορφής, διατρέχει αξονικά το τεμάχιο, αποκόπτοντας αυτό καθ' όλο το πλάτος του σε ένα ή περισσότερα περάσματα, ανάλογα με το βάθος κοπής (ύψος δοντιού). Κάθε μεσοδόντιος χώρος κατεργάζεται μόνος, διαδοχικά, με κατάλληλη διαιρετική κίνηση του τεμαχίου, που προσδίδεται σε αυτό από το διαιρέτη, στον οποίο το τεμάχιο προσδένεται σταθερά και με ασφάλεια.

Είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή έχει χαμηλή ποσοτική δυναμικότητα από το γεγονός ότι κάθε μεσοδόντιος χώρος μορφοποιείται ξεχωριστά και επί πλέον, λόγω των πολλών νεκρών κινήσεων (επιστροφή του εργαλείου κάθε φορά στην αρχική του θέση, διαιρετική κίνηση του κομματιού κ.ά.). Επίσης, η μορφή της κατανομής των

δοντιών εξαρτάται από το μέτρο της οδόντωσης και από τον αριθμό των δοντιών, ενώ θα πρέπει να χρησιμοποιείται και ξεχωριστός κοπτήρας για κάθε οδόντωση με διαφορετικό αριθμό δοντιών με το ίδιο μοντούλ. Είναι όμως αυτονόητο ότι η χρησιμοποίηση τόσο μεγάλου αριθμού κοπτήρων θα ήταν οπωσδήποτε ασύμφορη οικονομικά. Στην πράξη, όμως, ο ίδιος κοπτήρας μπορεί να χρησιμοποιείται στην κοπή οδοντοτροχών με αριθμό δοντιών, που κυμαίνεται σε στενό σχετικά εύρος, υπό τον όρο ότι τα σφάλματα οδοντώσεως θα βρίσκονται τελικά μέσα στα όρια ανοχών τους. Για την κοπή οδοντώσεων, συνεπώς, περιορίζεται ο αριθμός φρέζων για κάθε μοντούλ, συνολικά οκτώ, που αποτελούν ένα σύνολο και χρησιμοποιούνται για όλους τους αριθμούς δοντιών, αρχίζοντας από 12 δόντια μέχρι άπειρα. Έτσι καθεμιά από τις οκτώ φρέζες είναι κατάλληλη και έχει την ανάλογη κατατομή δοντιού για ορισμένη περιοχή δοντιών.

Το σχήμα 2.113 δείχνει πώς μεταβάλλεται η κατατομή των δοντιών μιας δισκοφρέζας για το ίδιο μοντούλ, από το μικρότερο μέχρι το μεγαλύτερο αριθμό δοντιών.



Σχήμα 2.113 Μορφές των κατατομών των δοντιών μιας δισκοφρέζας για το ίδιο μοντούλ και για διαφορετικό αριθμό z.

Η σειρά των οκτώ κοπτήρων αποτελεί τη βασική σειρά και χρησιμοποιείται για μέτρο οδόντωσης $m < 8\text{mm}$. Για μεγαλύτερο μέτρο ($m \geq 16\text{mm}$), ο αριθμός δοντιών του υπό κατεργασία οδοντοτροχού εντάσσεται σε 15 περιοχές και για $m > 16$ διατίθενται σειρές των 26 κοπτήρων (πίνακες 2.17 και 2.18).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.17

Επιλογή δισκοφρέζων σε σχέση με τον αριθμό δοντιών της οδόντωσης για δεδομένο μέτρο οδόντωσης m.

Αριθμός Φρέζας	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
Αριθμός δοντιών της σειράς των 8 τεμαχίων	12-13		14-16		17-20		21-25	
Αριθμός δοντιών της σειράς των 15 τεμαχίων	12	13	14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-25
Αριθμός Φρέζας	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	
Αριθμός δοντιών της σειράς των 8 τεμαχίων	26-34		35-54		55-135		135-∞	
Αριθμός δοντιών της σειράς των 15 τεμαχίων	26-29	30-34	35-41	42-54	55-80	81-134	135-∞	

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.18

Επιλογή δισκοφρέζων σε σχέση με τον αριθμό δοντιών της οδόντωσης για δεδομένο διαμετρικό βήμα P.

Αριθμός Φρέζας	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
Αριθμός δοντιών της σειράς των 8 τεμαχίων	135-∞		55-134		35-54		26-34	
Αριθμός δοντιών της σειράς των 15 τεμαχίων		80-134		42-54		30-34		23-25
Αριθμός Φρέζας	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	
Αριθμός δοντιών της σειράς των 8 τεμαχίων	21-25		17-20		14-17		12-13	
Αριθμός δοντιών της σειράς των 15 τεμαχίων		19-20		15-16		13		

Σε κάθε δισκοφρέζα γράφονται τα παρακάτω στοιχεία:

- Το μοντούλ m ή το διαμετρικό βήμα D_p.
- Ο αριθμός της φρέζας από 1-8 για σειρά των 8 τεμαχίων.
- Η περιοχή του αριθμού δοντιών.
- Η γωνία κλίσεως της ευθείας επαφής, για την οποία είναι κατασκευασμένη η φρέζα και η οποία είναι συνήθως 20° ή σπανιότερα (παλαιές κατασκευές) 15° σε ευρωπαϊκές κατασκευές και 14 1/2 σε αμερικανικές.

Εδώ τονίζεται ότι η ακριβής κατατομή του δοντιού αντιστοιχεί πάντοτε στο μικρότερο αριθμό δοντιών κάθε περιοχής, ενώ για τους άλλους αριθμούς δοντιών η κατατομή που αποδίδεται είναι κατά προσέγγιση, με ικανοποιητικά όμως πρακτικά αποτελέσματα.

Είναι φανερό ότι για κάθε μοντούλ πρέπει να υπάρχει και ένα «σετ» από οκτώ φρεζοδίσκους.

Εκλογή φρεζοδίσκου για τροχούς με ελικοειδή δόντια.

Με τη δισκοειδή φρέζα μορφής μπορεί να κοπούν στη φρεζομηχανή και ελικοειδή δόντια, όπως έχουμε περιγράψει στην σελίδα 126, αλλά πρέπει τόσο η φρεζομηχανή όσο και ο διαιρέτης να είναι γενικής χρήσεως.

Στην περίπτωση τροχών με ελικοειδή δόντια, για την επιλογή της δισκοφρέζας χρησιμοποιείται ένας φανταστικός αριθμός δοντιών z₁, ο οποίος εξαρτάται από τη γωνία κλίσεως των δοντιών α ως προς τον άξονα:

$$z_1 = \frac{z}{\sin^3 \alpha} \quad \text{όπου } z = \text{πραγματικός αριθμός δοντιών.}$$

Έστω ότι σε ένα τροχό θα κοπούν 60 ελικοειδή δόντια ($z = 60$ δόντια) με γωνία κλίσης $\alpha = 36^\circ$. Ο φανταστικός αριθμός δοντιών z_1 υπολογίζεται από τη σχέση 5.10:

$$z_1 = \frac{60}{\sin^3 36} = 114 \text{ δόντια}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.17, για κοπή 114 δοντιών επιλέγεται η δισκοφρέζα Νο 7.

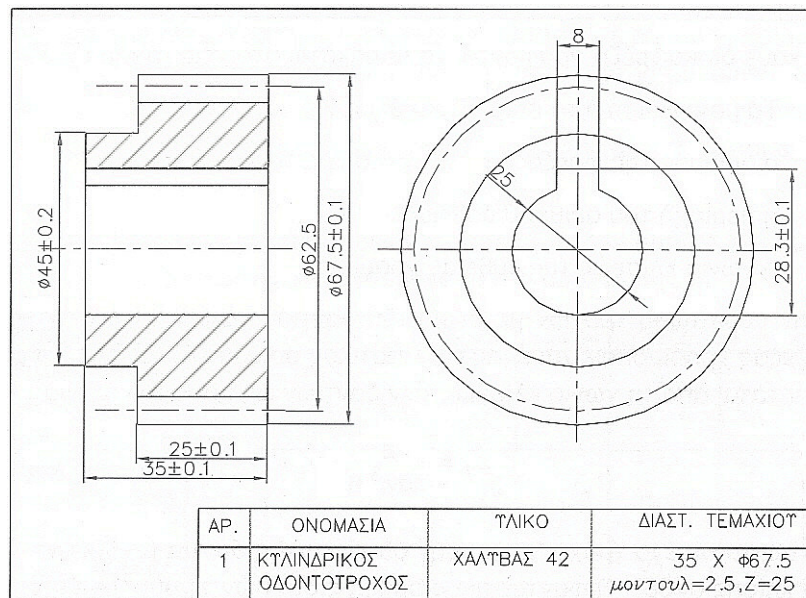
Κατά το φρεζάρισμα των δοντιών στη φρεζομηχανή, το βάθος κοπής κανονίζεται με τη βοήθεια, βαθμονομημένου δακτυλιδιού που φέρει ο μοχλός της κατακόρυφης κινήσεως του τραπεζιού.

Οι κονδυλοειδείς φρέζες μορφής εφαρμόζονται στην κοπή μετωπικών οδοντώσεων σχετικά μεγάλου μέτρου ($m10\text{mm}$) και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που δεν καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση της κοχλιοειδούς φρέζας (σελ. 69). Οι κοπτήρες αυτοί συναντώνται ως κοπτήρες εκχόνδρισης και ως κοπτήρες αποπεράτωσης. Μπορούν να είναι τύπου ένθετων λεπίδων από ταχυάλυβα ή και συγκολλημένων λεπίδων. Συνήθως, προσαρμόζονται σε κύρια άτρακτο φρεζομηχανής που φέρει κατάλληλο σπείρωμα.

ΑΣΚΗΣΗ 2.4

Κοπή κυλινδρικού οδοντοτροχού σε φρεζομηχανή με χρήση διαιρέτη.

Πρόκειται για κυλινδρικό οδοντοτροχό με παράλληλη οδόντωση, αριθμός δοντιών $z = 25$ δόντια, και μοντούλ $m = 2.5\text{mm}$. Το κατασκευαστικό σχέδιο παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Κατασκευαστικό σχέδιο κυλινδρικού οδοντοτροχού.

Από τον πίνακα 2.15 υπολογίζονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία του οδοντοτροχού: Το βήμα $t = m \cdot \pi = 2.5 \cdot \pi = 7.85 \text{ mm}$, το βάθος κοπής $h = 0.7t = 5.42 \text{ mm}$.

Καθορισμός των στροφών του στροφάλου:

Οι στροφές του χειρομοχλού, μετά από την κοπή κάθε δοντιού, υπολογίζονται από τη σχέση (5.5) όπου:

$$x = \frac{40}{z} = \frac{40}{25} = 1 + \frac{15}{25} = 1 + \frac{3}{5} = 1 + \frac{12}{20}$$

Θα χρησιμοποιηθεί δίσκος με περιφέρεια οπών 20 και ο χειρομοχλός θα γυρίσει στο τέλος της κοπής κάθε δοντιού μία στροφή και 12 οπές. Η επιλογή της δισκοφρέζας γίνεται από τον πίνακα 2.17. Για αριθμό δοντιών $z = 25$ επιλέγεται η φρέζα Νο 4 της σειράς των 8.

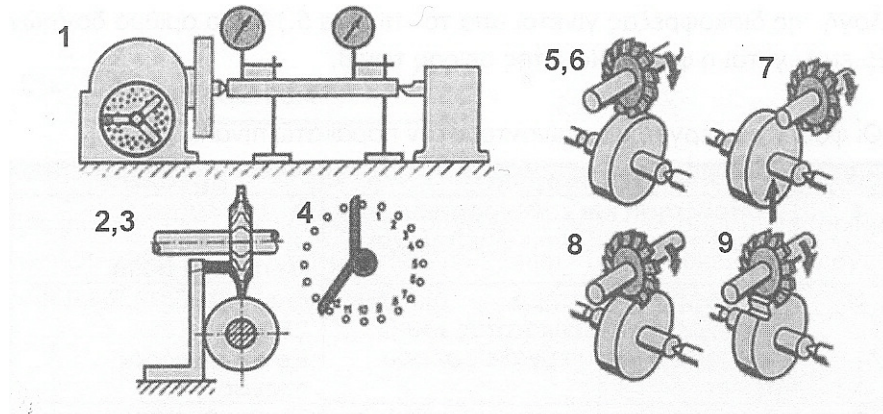
Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Τοποθέτηση και ευθυγράμμιση του διαιρέτη σε οριζόντια φρεζομηχανή	Απλός έμμεσος διαιρέτης Μετρητικό ρολοί
2	Συγκράτηση κοπτήρα. Έλεγχος ομοαξονικότητας του κοπτήρα και του εργαλειοφόρου άξονα	Δισκοφρέζα 2.5,4,21-25,20° Εργαλειοφόρος άξονας
3	Συγκράτηση κομματιού μεταξύ κέντρων του διαιρέτη	Σταθερή ορθή γωνία 90°
4	Ρύθμιση δεικτών του δίσκου διαιρέσεως. (12 οπές ανάμεσα στους δύο δείκτες)	Δίσκος διαίρεσης με περιφέρεια 20 οπών
5	Θέση εκκίνησης των στροφών και της πρόωσης του φρεζαρίσματος	
6	Ο κοπτήρας εγγίζει ελαφρά το κομμάτι	
7	Διαμήκης μετακίνηση του κομματιού από τον κοπτήρα. Κατακόρυφη μετακίνηση του τραπέζιου σε ύψος όσο είναι το βάθος κοπής (5.42mm)	
8	Φρεζάρισμα του 1 ^{ου} μεσοδόντιου	
9	Απομάκρυνση του κομματιού από τη φρέζα. Περιστροφή του χειροστρόφαλου κατά μία στροφή και 12 οπές	
10	Φρεζάρισμα του επόμενου δοντιού	
Εργαλεία μέτρησης: Διαβήτη, αεροστάθμη (αλφάδι), μετρητικό ρολοί, παχύμετρο		

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

Κατεργασία	Στροφές [στρ/min]	Ταχύτητα κοπής [m/min]	Πρόωση s_z [mm/δόντι]
Εκχόνδριση	128	25	0.04

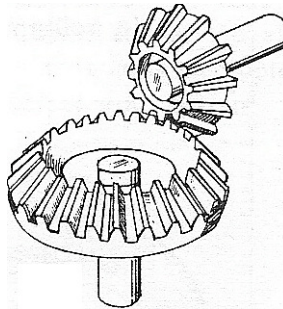
Τα στάδια κατεργασίας παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Στάδια κατεργασίας για κοπή παράλληλης οδόντωσης σε φρεζομηχανή.

> Κωνικοί οδοντοτροχοί με ίσια δόντια.

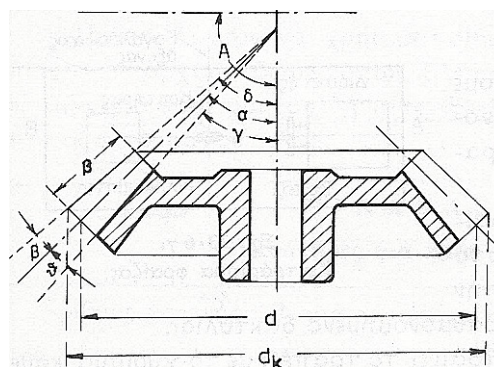
Οι κωνικοί οδοντοτροχοί χρησιμοποιούνται για μετάδοση κινήσεως σε άξονες, που βρίσκονται υπό γωνία [σχήμα 2.113].



Σχήμα 2.113 Οδοντοτροχοί κωνικοί με ίσια δόντια.

Και εδώ, πριν περιγράψουμε την κοπή τους, θα εξετάσουμε με λίγα λόγια τα σπουδαιότερα στοιχεία τους.

Στο σχήμα 2.114 σημειώνονται τα σύμβολα των διαφόρων διαστάσεων και γωνιών, στον δε Πίνακα 2.19 δίνονται οι τύποι, που συνδέουν τα στοιχεία μεταξύ τους.



Σχήμα 2.114 Στοιχεία κωνικού οδοντοτροχού.

Όταν η σχέση μεταδόσεως ενός ζεύγους κωνικών οδοντοτροχών είναι 1:1, τότε και τα δύο γρανάζια του ζεύγους είναι καθ' όλα όμοια. Επειδή όμως χρησιμοποιούνται και γρανάζια με σχέση μεταδόσεως διάφορον του 1:1, γι' αυτό τον λόγο στον Πίνακα

2.19 δίνουμε χωριστά στοιχεία για τον καθένα οδοντοτροχό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.19
Στοιχεία κωνικών οδοντοτροχών.

Περιγραφή	Σύμβολο	Υπολογισμός (μεγάλου γραναζιού)	Σύμβολο	Υπολογισμός (μικρού γραναζιού)
Μοντούλ μεγάλης διαμέτρου	m	$m = \frac{t}{\pi} = \frac{D}{Z} = \frac{D_k}{Z+2\sigma_{\alpha_1}}$	m	$m = \frac{d}{z} = \frac{t}{\pi} = \frac{D_k}{z+2\sigma_{\alpha_2}}$
Βήμα μεγάλης διαμέτρου	t	$t = \pi \cdot m$	t	$t = \pi \cdot m$
Άρχική διάμετρος (μεγάλη)	D	$D = Z \cdot m = \frac{Z}{D_p}$	d	$d = z \cdot m$
Εξωτερική διάμετρος (μεγάλη)	D _k	$D_k = m (Z + 2 \sigma_{\alpha_1})$ $D_k = D_m + 2m\sigma_{\alpha_1}$	d _k	$d_k = d + 2m \sigma_{\alpha_2}$ $d_k = m (z + \sigma_{\alpha_2})$
Αριθμός δόντων	Z	$Z = \frac{D}{m}$	z	$z = \frac{d}{m}$
Γωνία άρχικης διαμέτρου	α ₁	$\epsilon\phi\alpha_1 = \frac{D}{d} = \frac{Z}{z}$	α ₂	$\epsilon\phi\alpha_2 = \frac{d}{D} = \frac{z}{Z}$
Μεγάλης διαμέτρου	Γωνία άξόνων	A	A = 90° = α ₁ + α ₂	A = 90° = α ₂ + α ₁
	Ύψος κεφαλής	K	$K = m = \frac{l}{D_p}$	$k = m = \frac{l}{D_p}$
	Ύψος ποδός	f	$f = 1,166 m = \frac{1,157}{D_p}$	$f = 1,166 m = \frac{1,157}{D_p}$
	Ύψος οδόντος	h	$h = 2,166 m = \frac{2,157}{D_p}$	$h = 2,166 m = \frac{2,157}{D_p}$
Φανταστικός αριθμός δόντων	Z _i	$Z_i = \frac{Z}{\sigma_{\alpha_1}}$	z _i	$z_i = \frac{z}{\sigma_{\alpha_2}}$
Γωνία κεφαλής δόντων	β ₁	$\epsilon\phi\beta_1 = \frac{2 \eta\mu\alpha_1}{Z}$	β ₂	$\epsilon\phi\beta_2 = \frac{2 \eta\mu\alpha_2}{z}$
Γωνία κώνου	δ ₁	$\delta_1 = \alpha_1 + \beta_1$	δ ₂	$\delta_2 = \alpha_2 + \beta_2$
Μοντούλ μικρής διαμέτρου	m _μ	$m_\mu = \frac{D - 2\beta \eta\mu\alpha_1}{Z}$	m _μ	$m_\mu = \frac{d - 2\beta \eta\mu\alpha_2}{z}$
Κενό δόντος μεγάλης διαμέτρου	L	$L = \frac{t}{2} = \frac{m \cdot \pi}{2} = \frac{1,571^{**}}{D_p}$		
Κενό δόντος μικρής διαμέτρου	l	$l = \frac{t}{2} = \frac{m_\mu \cdot \pi}{2} = \frac{1,571}{D_{p\mu}}$		
Γωνία φραιζαρίσματος (ύψωσης διαιρέτη)	γ ₁	$\gamma_1 = \alpha_1 - \theta_1$	γ ₂	$\gamma_2 = \alpha_2 - \theta_2$
Γωνία ποδός δόντος	θ ₁	$\epsilon\phi\theta_1 = \frac{1,666 \cdot 2 \eta\mu\alpha_1}{Z}$	θ ₂	$\epsilon\phi\theta_2 = \frac{1,166 \cdot 2 \eta\mu\alpha_2}{z}$
Γωνία τελειοποίησης δόντος	ω	$\epsilon\phi\omega = \frac{L - l}{2\beta}$		

* β = μήκος δόντος ** 1,571 = $\frac{\pi}{2}$

Οι κωνικοί οδοντοτροχοί κόβονται σε ειδικές εργαλειομηχανές (γραναζοκόπτες κωνικών οδοντοτροχών). Πολλές φορές όμως είμαστε υποχρεωμένοι να τους κόψουμε σε φραιζομηχανή, γνωρίζοντας ότι δεν θα έχουμε μεγάλη ακρίβεια. (Η ακρίβεια κοπής των κωνικών οδοντοτροχών στην φραιζομηχανή είναι για πολλές εφαρμογές ανεκτή).

Εδώ θα περιγράψουμε τον τρόπο κοπής στο παρακάτω παράδειγμα.

Παράδειγμα 2.17:

Πρόκειται να κοπή σε φραιζομηχανή με διαιρέτη 1:40 ένα ζεύγος κωνικών οδοντοτροχών με ίσια δόντια με τα παρακάτω γνωστά στοιχεία:

Αριθμός δοντιών μεγάλου οδοντοτροχού Z = 50

Αριθμός δοντιών μικρού οδοντοτροχού $z = 30$
 Βήμα μεγάλης διαμέτρου $t = 18,85 \text{ mm}$
 Μήκος δοντιών $\beta = 50,4$.

Να υπολογισθούν τα υπόλοιπα χρήσιμα στοιχεία για την κοπή τους με βάση τον Πίνακα 2.19.

Λύση:

α) Γωνία αρχικής διαμέτρου α :

$$\varepsilon\phi\alpha_1 = \frac{Z}{z} = \frac{50}{30} = 1,666 \text{ και } \alpha_1 \approx 59^\circ.$$

$$\varepsilon\phi\alpha_2 = \frac{z}{Z} = \frac{30}{50} = 0,6 \text{ και } \alpha_2 \approx 31^\circ.$$

Έλεγχος: $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$.

Πραγματικά: $59^\circ + 31^\circ = 90^\circ$.

Μπορούμε όμως, όταν βρούμε το α_1 (59°), να το αφαιρέσουμε από 90° , όποτε εδώ έχουμε το $\alpha_2 = 90 - 59^\circ = 31^\circ$.

β) Γωνία κεφαλής δοντιού β .

$$\varepsilon\phi\beta_1 = \frac{2\eta\mu\alpha_1}{Z} = \frac{2 \times 0,857}{50} = 0,0343 \text{ και } \beta_1 = 1^\circ 58'.$$

$$\varepsilon\phi\beta_2 = \frac{2\eta\mu\alpha_2}{z} = \frac{2 \times 0,515}{3,0} = \frac{1,030}{3,0} = 0,343 \text{ και } \beta_2 = 1^\circ 58'.$$

Η γωνία β λοιπόν και στους δύο τροχούς είναι η ίδια.

γ) Γωνίες ποδιού δοντιών θ .

$$\varepsilon\phi\theta_1 = \frac{1,166 \times 2\eta\mu\alpha_1}{Z} = \frac{1,166 \times 2 \times 0,857}{50} = \frac{1,999}{50} = 0,0399 \text{ και } \theta_1 = 2^\circ 20'.$$

$$\varepsilon\phi\theta_2 = \frac{1,166 \times 2\eta\mu\alpha_2}{z} = \frac{1,166 \times 2 \times 0,515}{30} = \frac{1,201}{30} = 0,0399 \text{ και } \theta_2 \approx 2^\circ 20'.$$

Και η γωνία θ βλέπουμε ότι και στους δύο τροχούς είναι η ίδια.

$$\text{Μοντούλ } m = \frac{t}{\pi} = \frac{18,85}{3,14} = 6.$$

Το μοντούλ 6, που βρίσκουμε, είναι το μοντούλ, που αντιστοιχεί στην μεγάλη διάμετρο. Επειδή πρόκειται για κώνο, όσο μικραίνει η διάμετρος θα μικραίνει και το μοντούλ, έως ότου στην μικρή διάμετρο, στο παράδειγμά μας, φθάνει στο 4,25.

$$m_\mu = \frac{D - 2\beta \cdot \eta\mu\alpha_2}{Z} = \frac{300 - 2 \times 50,4 \times 0,857}{50} = 4,25.$$

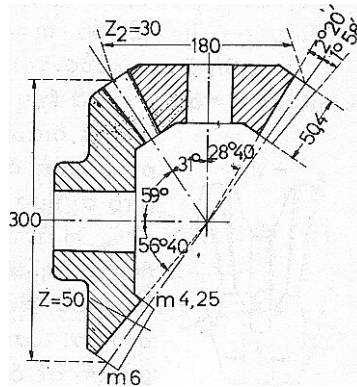
Το $D = 300$ το βρίσκουμε από τον τύπο $D = Z \cdot m = 50 \times 6 = 300 \text{ mm}$. Κατά τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε και την αρχική διάμετρο του μικρού τροχού $d = z \cdot m = 30 \times 6 = 180 \text{ mm}$.

δ) Γωνία φραιζαρίσματος (υψώσεως του διαιρέτη).

$$\gamma_1 = \alpha_1 - \theta_1 = 59^\circ - 2^\circ 20' = 56^\circ 40'.$$

$$\gamma_2 = \alpha_2 - \theta_2 = 31^\circ - 2^\circ 20' = 28^\circ 40'.$$

Τα στοιχεία πού βρήκαμε έως εδώ, μας είναι αρκετά για να προχωρήσουμε στην κοπή (σχήμα 2.115).



Σχήμα 2.115

Πρώτα διαλέγουμε την κατάλληλη φρέζα. Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιούμε μία με μοντούλ 4,25, δηλαδή το μοντούλ που αντιστοιχεί στην μικρή διάμετρο.

Την τοποθετούμε στον εργαλειοφόρο άξονα και την κεντράρουμε, όπως μάθαμε.

Κανονικά η φρέζα θα έπρεπε να είναι ειδικής κατασκευής και να έχει διατομή αντίστοιχη με το βήμα της μικρής διαμέτρου (στο παράδειγμά μας μοντούλ 4,25). Τις περισσότερες φορές όμως δεν διαθέτουμε ειδικές φρέζες και χρησιμοποιούμε κοινές φρέζες κοπής δοντιών με το μοντούλ της μικρής διαμέτρου και για φανταστικό αριθμό δοντιών.

Έτσι παίρνουμε την φρέζα για τον φανταστικό αριθμό δοντιών:

$$z_1 = \frac{z}{\sigma\nu\nu\alpha_1} = \frac{50}{0,515} = 97.$$

Δηλαδή παίρνουμε φρέζα No 7 στο παράδειγμά μας.

Το κομμάτι ετοιμάζεται στον τόρνο, τοποθετείται σε ένα αξονάκι και πιάνεται στο τσόκ του διαιρέτη ή με κωνική προσαρμογή στην κωνική τρύπα της ατράκτου του διαιρέτη. Σηκώνουμε κατόπιν την άτρακτο του διαιρέτη προς τα επάνω κατά την γωνία φρεζαρίσματος με την βοήθεια του μοιρογνωμονίου, με το οποίο είναι εφοδιασμένος ο διαιρέτης.

Στο παράδειγμά μας για τον μεγάλο οδοντοτροχό σηκώνεται ο διαιρέτης σε γωνία $\gamma_1 = 56^\circ 40'$ και για τον μικρό σε γωνία $\gamma_2 = 28^\circ 40'$. Υπολογίζουμε κατόπιν τις στροφές του χειροστροφάλου για τον καθένα από τους οδοντοτροχούς.

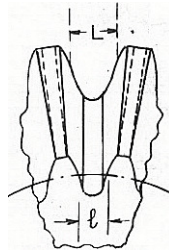
$$\text{Μεγάλος} = \frac{40}{Z} = \frac{40}{50} = \frac{4}{5} = \frac{12}{15} \text{ ή } \frac{16}{20} \text{ (δηλαδή 16 τρύπες σε περιφέρεια 20 τρυπών).}$$

$$\text{Μικρός} = \frac{40}{z} = \frac{40}{30} = \frac{4}{3} = \frac{20}{15} \text{ (δηλαδή 20 τρύπες σε περιφέρεια 15 τρυπών).}$$

Από εδώ και εμπρός θα συνεχίσουμε την περιγραφή κοπής του μεγάλου μόνο τροχού, αφού και του μικρού θα γίνει με τον ίδιο τρόπο.

Με τον κοπτήρα $m_\mu = 4,25$ κόβουμε τα 50 δόντια σε βάθος $h = 2,166 \cdot m_\mu = 2,166 \times 4,25 = 9,2 \text{ mm}$, που θα βγει στην μεγάλη διάμετρο $h = 2,166 \cdot m = 2,166 \times 6 = 12,99 \text{ mm}$.

Επειδή όμως κόβονται τα δόντια με το μοντούλ της μικρής διαμέτρου, το δόντι θα έχει σωστή μορφή μόνο στην αρχή της μικρής διαμέτρου, ενώ στο τέλος το δόντι θα πάρει μορφή αντικανονική, όπως περίπου φαίνεται στο σχήμα 2.116.



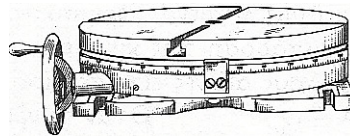
Σχήμα 2.116 Αντικανονική μορφή δοντιών.

Η αντικανονική αυτή μορφή πρέπει να διορθωθεί, δηλαδή να αφαιρεθεί το κομμάτι εκείνο του δοντιού, που φαίνεται με εστιγμένες γραμμές στο σχήμα, ώστε να πάρει το δόντι την κανονική μορφή σε όλο το μήκος του. Το κομμάτι αυτό το αφαιρούμε πολλές φορές με την λίμα. Μπορούμε όμως να το αφαιρέσουμε και στην φραιζομηχανή.

Η διόρθωση αυτή δεν θα μας δώσει τέλεια μορφή δοντιού, άλλα προσεγγιστική. Σε πολλές περιπτώσεις όμως είναι αρκετή η προσέγγιση αυτή.

Αφού κόψουμε το γρανάζι, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.116, μεταθέτουμε τον διαιρέτη (χωρίς να στρέψουμε το τραπέζι) σε γωνία τέτοια, ώστε ή εστιγμένη γραμμή να συμπίπτει με τον νοητό άξονα του τραπεζιού της φρέζας.

Σ' αυτό μας διευκολύνει πολύ η χρησιμοποίηση επιπέδου, διαιρέτη (σχήμα 2.117), ο οποίος χρησιμοποιείται και για διάφορες άλλες εργασίες.



Σχήμα 2.117

Για τον σκοπό αυτόν ο διαιρέτης αντί να στερεωθεί απ' ευθείας επάνω στο τραπέζι, στερεώνεται επάνω στον επίπεδο διαιρέτη, που βρίσκεται στερεωμένος επάνω στο τραπέζι. Ο υπολογισμός της γωνίας γίνεται με εφαρμογή του τύπου του Πίνακα 2.19:

$$\epsilon\phi\omega = \frac{L-l}{2\beta},$$

όπου ω = γωνία, κατά την οποίαν θα στρέψουμε τον διαιρέτη,

L = το κενό δοντιού στην μεγάλη διάμετρο, μετρούμενο επάνω στην αρχική περιφέρεια ($L = \frac{m \cdot \pi}{2} = \frac{6 \times 3,14}{2} = 9,42$),

l = το κενό του δοντιού στην μικρή διάμετρο, μετρούμενο επάνω στην αρχική περιφέρεια ($l = \frac{m \cdot \pi}{2} = \frac{4,25 \times 3,14}{2} = 6,67 \text{ mm}$)

και β = μήκος δοντιού.

$$\Omega\sigma\tau\epsilon \epsilon\phi\omega = \frac{L-l}{2\beta} = \frac{9,42 - 6,67}{2 \times 50,4} = \frac{2,75}{100,8} = 0,0272 \text{ και } \omega \approx 1^\circ 30''.$$

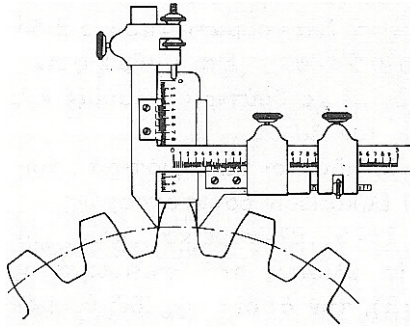
Αφού λοιπόν κόψουμε τα δόντια, όπως είπαμε παραπάνω, ξεκεντράρουμε το κομμάτι, γυρίζοντας τον επίπεδο διαιρέτη κατά γωνία $1^\circ 30'$ και εν συνεχεία φρεζάρουμε όλα τα δόντια από την μια πλευρά.

Κατόπιν φέρουμε τον επίπεδο διαιρέτη στο μηδέν, γυρίζοντάς τον κατά $1^{\circ} 30'$ ανάποδα, και από εκεί ακόμη $1^{\circ} 30'$ από το αντίθετο μέρος.

Φρεζάρουμε τώρα την άλλη πλευρά του δοντιού και το γρανάζι είναι έτοιμο.

Για να είμαστε πιο ασφαλείς ότι η εργασία μας γίνεται με ακρίβεια, δεν τελειώνουμε με αυτό τον τρόπο όλα τα δόντια, άλλα εργαζόμαστε ως εξής:

Κόβουμε πρώτα μόνο δύο ή τρία δόντια, κάνουμε το συμπληρωματικό φρεζάρισμα των πλευρών σε ένα ή δύο από αυτά, όπως είπαμε παραπάνω, και τα μετρούμε με το ειδικό όργανο μετρήσεως δοντιών (σχήμα 2.118).



Σχήμα 2.118 Παχύμετρο ελέγχου δοντιών.

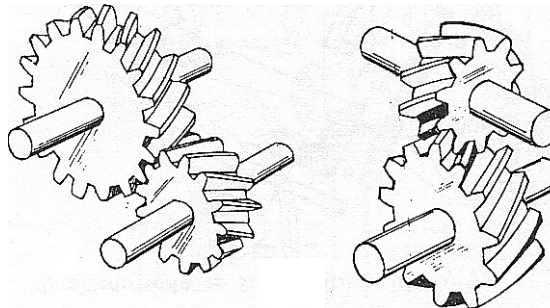
Αν το πάχος των δοντιών της μεγάλης διαμέτρου, που το μετρούμε επάνω στην αρχική περιφέρεια, είναι 9,42 mm και της μικρής 6,67 mm, τότε σημαίνει πως οι υπολογισμοί και οι χειρισμοί έγιναν σωστά και, επομένως, προχωρούμε στην κοπή όλων των δοντιών.

> Κυλινδρικοί οδοντοτροχοί με λοξά δόντια (ελικοειδείς).

Οι ελικοειδείς οδοντοτροχοί χρησιμοποιούνται για να μεταδίδουν κίνηση, ομαλότερα από ό,τι την μεταδίδουν οι παράλληλοι οδοντοτροχοί με ίσια δόντια.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για μεγάλες ταχύτητες, γιατί η λειτουργία τους είναι αθόρυβη, χωρίς κρούσεις, αφού ταυτόχρονα είναι συμπλεγμένα περισσότερα από ένα δόντια.

Η μετάδοση της κινήσεως με τους ελικοειδείς γίνεται είτε σε παραλλήλους άξονες είτε σε διασταυρούμενους [σχήμα 2.119].

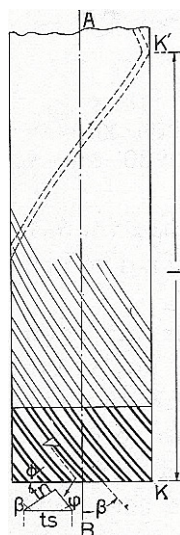


Σχήμα 2.119 Οδοντοτροχοί με ελικοειδή δόντια.

Όταν συνδέσουμε διασταυρούμενους άξονες, πρέπει να προσέχουμε, ώστε να είναι και οι δύο δεξιόστροφοι ή και οι δύο αριστερόστροφοι.

Στους ελικοειδείς οδοντοτροχούς κάθε δόντι είναι και ένα κομμάτι έλικας.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένας ελικοειδής οδοντοτροχός είναι ένα κομμάτι από μια βίδα με πολλές αρχές (σχήμα 2.120). (Στο σχήμα φαίνεται ο οδοντοτροχός με χονδρότερες γραμμές και άξονα περιστροφής τον AB).



Σχήμα 2.120

Στον Πίνακα 2.20 δίδονται τα κυριότερα στοιχεία υπολογισμού ελικοειδών οδοντοτροχών.

Στο σχήμα 2.120 η γωνία ϕ ονομάζεται γωνία κλίσεως της έλικας. Η γωνία αυτή είναι η γωνία που σχηματίζεται από την κλίση του δοντιού και από το πρόσωπο του οδοντοτροχού.

Η συμπληρωματική της γωνία β είναι η γωνία, που σχηματίζεται από την κλίση των δοντιών και από τον νοητό άξονα του οδοντοτροχού.

Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε ότι το t_n είναι το βήμα του δοντιού, που μετρείται κάθετα προς την οδόντωση (κάθετο ή κανονικό βήμα).

Το t_s (μετωπικό βήμα) μετρείται παράλληλα προς το πρόσωπο του οδοντοτροχού.

Ας παρακολουθήσουμε στο σχήμα 2.120 ένα δόντι, το K, επεκτεινόμενο. Όταν το δόντι αυτό φθάσει στο σημείο K', που βρίσκεται στην ίδια γενέτειρα του κυλίνδρου, έχει κάνει μία πλήρη περιστροφή. Την απόσταση KK' ονομάζουμε άλμα της έλικας.

Οι ελικοειδείς οδοντοτροχοί κατασκευάζονται σε φρεζομηχανές, καθώς και σε άλλες ειδικές εργαλειομηχανές (γραναζοκόπτες). Εμείς εδώ θα ασχοληθούμε με την κατασκευή τους σε φρεζομηχανές.

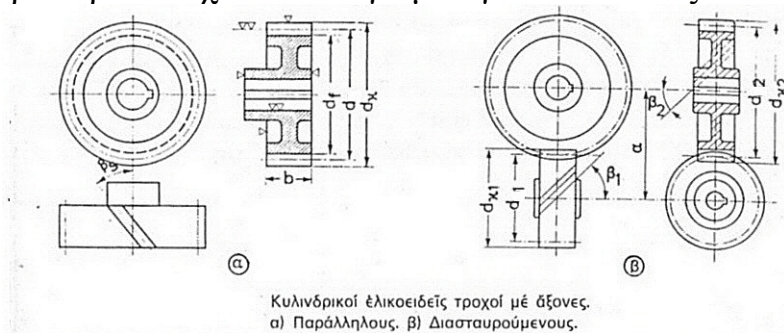
Κατ' αρχήν, όταν πρόκειται να κόψουμε ένα τέτοιο οδοντοτροχό στην φρεζομηχανή, θα μας δοθεί σχέδιο με όλα τα χρήσιμα και απαραίτητα στοιχεία για την κατασκευή του.

Θα παρουσιασθούν όμως περιπτώσεις, που θα πρέπει από ένα παλιό οδοντοτροχό να υπολογίσουμε τα στοιχεία αυτά, για να κατασκευάσουμε ένα καινούριο.

Σε μια τέτοια περίπτωση τα στοιχεία, που μπορούμε να μετρήσουμε, είναι ο αριθμός των δοντιών και η εξωτερική διάμετρος, κατά προσέγγιση. Μας χρειάζεται όμως οπωσδήποτε και το μοντούλ ή η γωνία, τα οποία στο παράδειγμά μας θα προσπαθήσουμε να προσδιορίσουμε με μετρήσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.20

Τα κυριότερα στοιχεία υπολογισμού για ελικοειδείς οδοντοτροχούς.



Κυλινδρικοί έλικοειδείς τροχοί με άξονες.
α) Παράλληλους, β) Διασταυρούμενους.

Περιγραφή	Σύμβ.	Υπολογισμός
Μοντούλ κάθετο	m_n	$m_n = \frac{d_k \cdot \text{συν}\beta}{(Z + 2\text{συν}\beta)} = \frac{t_n}{\pi} = m_s \cdot \text{συν}\beta$
Μοντούλ μετωπικό	m_s	$m_s = \frac{m_n}{\text{συν}\beta} = \frac{t_s}{\pi} = \frac{d}{Z} = \frac{d_k}{(Z + 2\text{συν}\beta)}$
Βήμα κάθετο	t_n	$t_n = \frac{d_k \cdot \pi \cdot \text{συν}\beta}{(Z + 2\text{συν}\beta)} = m_n \cdot \pi = t_s \cdot \text{συν}\beta$
Βήμα μετωπικό	t_s	$t_s = \frac{t_n}{\text{συν}\beta} = \frac{m_n \cdot \pi}{\text{συν}\beta} = \frac{d \cdot \pi}{Z} = \frac{d_k \cdot \pi}{(Z + 2\text{συν}\beta)}$
Έξωτερική διάμετρος	d_k	$d_k = m_n \left(\frac{Z}{\text{συν}\beta} + 2 \right) = d + 2 m_n$
Άρχική διάμετρος	d	$d = Z \cdot m_s = \frac{Z \cdot m_n}{\text{συν}\beta} = \frac{Z \cdot t_n}{\pi \cdot \text{συν}\beta} = \frac{Z \cdot d_k}{Z + 2\text{συν}\beta}$
Γωνία έλικας και Γωνία στροφής τραπέζης	β	$\text{συν}\beta = \frac{Z \cdot m_n}{d_k - 2 m_n} = \frac{Z \cdot m_n}{d} = \frac{m_n}{m_s} = \frac{t_n}{t_s}$
Για παράλληλους άξονες $\beta_1 = \beta_2$ αλλά στόν ένα τροχό δεξιόστροφα και στόν άλλο άριστερόστροφα Για κάθετους ασύμβατους άξονες $\beta_1 + \beta_2 = 90^\circ$ και όμοιόστροφα.		
Άλμα έλικας	L	$L = \pi \cdot d \cdot \sigma\phi\beta = \frac{Z \cdot t_s}{\epsilon\phi\beta} = \frac{Z \cdot \pi}{t_n \cdot \epsilon\phi\beta}$
Άριθμός όδόντων	Z	$Z = \frac{(d_k - 2m_n)\text{συν}\beta}{m_n} = \frac{d}{m_s} = \frac{d \cdot \pi}{t_s} = \frac{d \cdot \text{συν}\beta}{m_n}$
Ύψος όδόντος	h	$h = 2,166 \cdot m_n = \frac{2,157}{D_p}$
Ύψος κεφαλής	k	$k = m_n = \frac{1}{D_p}$
Ύψος ποδός	f_π	$f_\pi = 1,166 \cdot m_n = \frac{1,157}{D_p}$
Φανταστικός άριθμός όδόντων	Z_i	$Z_i = \frac{z}{\text{συν}^3\beta}$
Άπόσταση άξόνων	a	$a = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2} = \frac{m_n (z_1 + z_2)}{2\text{συν}\beta} = \frac{m_s (z_1 + z_2)}{z}$

Παράδειγμα 2.18:

Μας δίδεται ελικοειδής οδοντοτροχός, στον οποίο μετρούμε και βρίσκουμε αριθμό δοντιών 26 και εξωτερική διάμετρο $d_k = 72,4 \text{ mm}$.

Για να βρούμε την γωνία β , αναζητούμε στον Πίνακα 2.20 ποιος τύπος με γνωστό τον αριθμό δοντιών και την εξωτερική διάμετρο θα μας δώσει την γωνία. Παίρνουμε

λοιπόν τον τύπο:

$$\text{συν}\beta = \frac{Z \cdot m_n}{d_k - 2m_n}.$$

Βλέπουμε όμως ότι μας λείπει το m_n (κάθετο μοντούλ).

Τούτο προσπαθούμε να το υπολογίσουμε, έστω και κατά προσέγγιση, ξεκινώντας από το βάθος του δοντιού ή από το βήμα.

Αφού το γρανάζι είναι φθαρμένο, όπως είπαμε παραπάνω, μετρούμε ένα, όσο το δυνατόν λιγότερο φθαρμένο δόντι, και ας πούμε πως βρήκαμε ότι έχει βάθος 5,4 mm.

Ξέρουμε ότι το βάθος $h = 2,166$ mm. Από αυτό υπολογίζουμε το m_n .

$$\text{Δηλαδή } m_n = \frac{h}{2,166} = \frac{5,4}{2,166} = 2,493.$$

Τέτοιο όμως μοντούλ δεν υπάρχει (Πίνακας 2.14), γι' αυτό παίρνουμε το $m_n = 2,5$, οπότε, σύμφωνα με τον γνωστό μας τύπο, έχουμε:

$$\text{συν}\beta = \frac{Z \cdot m_n}{d_k - 2m_n} = \frac{26 \times 2,5}{72,4 - 2(2,5)} = \frac{65}{67,4} = 0,9643 \text{ και } \beta \approx 15^\circ 30'.$$

Αφού βρήκαμε την γωνία του δοντιού, μπορούμε τώρα να βρούμε και το βήμα της έλικας από τον τύπο:

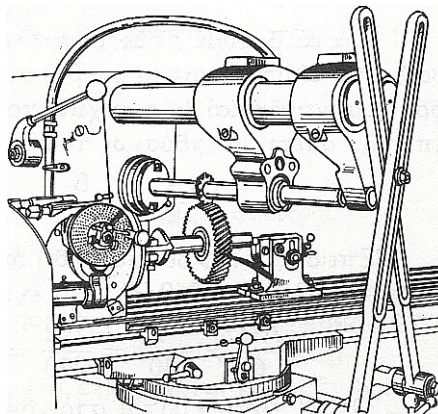
$L = \pi \cdot d \cdot \text{σφ}\beta$ και αντικαθιστώντας έχουμε:

$$L = 3,14 \times 67,4 \times 3,6059 \approx 763 \text{ mm.}$$

Το d το βρήκαμε από τον τύπο $d = d_k - 2 m_n = 72,4 - 5 = 67,4$ mm.

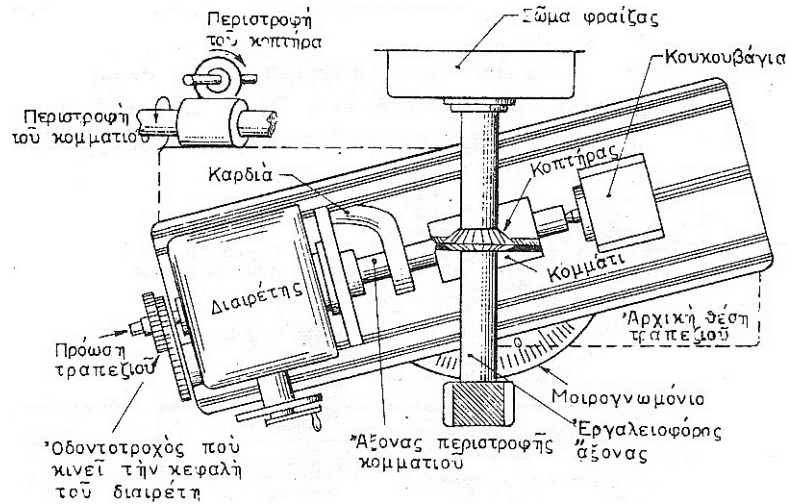
Κοπή του οδοντοτροχού.

Αφού ετοιμασθεί ο οδοντοτροχός από τον торνευτή, τοποθετείται επάνω σε ένα βοηθητικό άξονα, όπως κάνουμε και στους μετωπικούς, και εν συνεχεία δένεται στον διαιρέτη με αντιστήριξη στην κουκουβάγια (σχήμα 2.121).

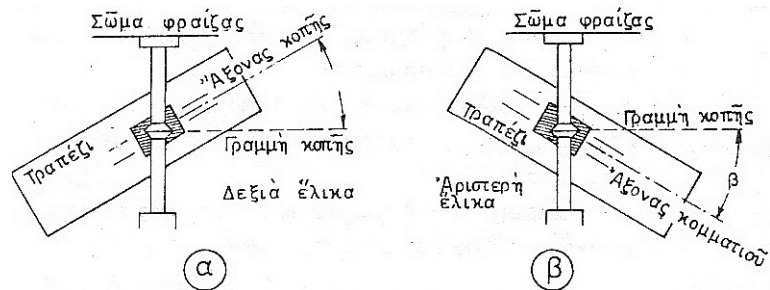


Σχήμα 2.121 Κοπή ελικοειδούς οδοντοτροχού.

Στρέφουμε το τραπέζι σε γωνία $15^\circ 30'$ και σε διεύθυνση ανάλογη με το αν κόβουμε αριστερό ή δεξιό γρανάζι [σχήμα 2.122, 2.123 (α), (β)].



Σχήμα 2.122 Κοπή έλικας σε φρεζομηχανή.



Σχήμα 2.123 Θέσεις τραπεζιού στην κοπή έλικας: (α) Για σπείρωμα δεξιό. (β) Για σπείρωμα αριστερό.

Διαλέγουμε κατόπιν την κατάλληλη φρέζα, δηλαδή με $m_n = 2,5$, όχι όμως για τον πραγματικό αριθμό δοντιών, αλλά για ένα φανταστικό αριθμό, που τον βρίσκουμε από τον τύπο:

$$Z_1 = \frac{z}{\sin^3 \beta} = \frac{26}{0,9643^3} = \frac{26}{0,89} = 29.$$

Ωστε θα πάρουμε μοντούλ 2,5 για 29 δόντια, δηλαδή No 5. Εδώ η No 5 φρέζα συμβαίνει να είναι κατάλληλη για κοπή δοντιών από 26 έως 34 και γι' αυτό ο υπολογισμός ήταν περιττός.

Ο διαιρέτης, που διαθέτουμε, έχει σχέση 1 : 40 και το βήμα κοχλία της τραπεζής είναι 6 mm.

Υπολογισμός στροφών του χειροστροφάλου.

$$x = \frac{40}{N} = \frac{40}{26} = 1 \frac{14}{26} = 1 \frac{21}{39},$$

δηλαδή θα στρέφουμε για κάθε δόντι 1 στροφή και 21 τρύπες στην περιφέρεια των 39 τρυπών.

Σημείωση: Όταν κόβουμε ελικοειδή οδοντοτροχό, δεν γίνεται διαφορική διαίρεση με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς.

Υπολογισμός των ανταλλακτικών οδοντοτροχών.

Για να βρούμε τους ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς, διαιρούμε το άλμα έλικας με το βήμα του κοχλία του τραπεζιού της φρεζομηχανής και εν συνεχεία το κλάσμα το πολλαπλασιάζουμε επί την σχέση μεταδόσεως του διαιρέτη.

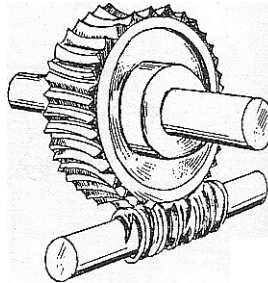
$$\frac{h_A}{h_K} = \frac{L}{h_K} = \frac{763}{6} \times \frac{1}{40}.$$

Επειδή το 763 δεν μας δίδει ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς, παίρνουμε το βήμα 762 (ελαχίστη αυξομείωση του τόσο μεγάλου άλματος δεν έχει καμία πρακτική επίδραση στον οδοντοτροχό). Και έχουμε:

$$\frac{762}{6} \times \frac{1}{40} = \frac{762}{240} = \frac{6 \times 127}{6 \times 40} = \frac{127}{40}.$$

Ο 127 τοποθετείται στον διαιρέτη και ο 40 στον κοχλία του τραπεζιού.

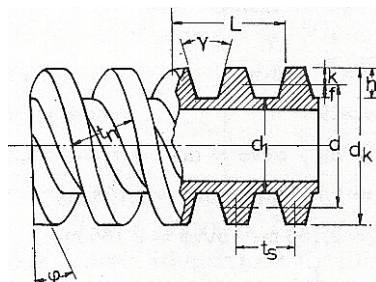
> Ατέρμων κοχλίας και τροχός (κορώνα) [σχήμα 2.124].



Σχήμα 2.124 Ατέρμονας κοχλίας – κορώνα.

Τον ατέρμονα κοχλία και τον τροχό του (κορώνα) τους χρησιμοποιούμε για να μεταδίδουμε κίνηση, σε περιπτώσεις που θέλουμε να επιτύχουμε μεγάλο υποβιβασμό ταχύτητας. Χρησιμεύουν σαν μειωτήρες ταχύτητας σε γερανούς, ανελκυστήρες, στον διαιρέτη της φρέζας κλπ. Και οι ατέρμονες κατασκευάζονται με μία αρχή, με δύο αρχές κ.ο.κ., όπως και οι κοχλίες.

Στον Πίνακα 2.21 δίνονται στοιχεία υπολογισμού του ατέρμονα, ενώ στο σχήμα 2.125 βλέπουμε την μορφή και τις διαστάσεις του.



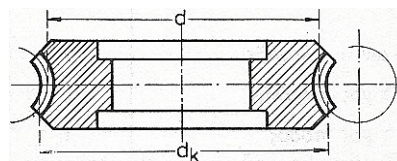
Σχήμα 2.125 Ατέρμονας κοχλίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.21

Στοιχεία ατέρμονα κοχλία.

Περιγραφή	Σύμβολα	Υπολογισμός
Άλμα έλικα ατέρμονα	L	
με μία άρχη		$L = t_s$
με δύο άρχες		$L = t_s \cdot 2$
με πολλές (N) άρχες		$L = t_s \cdot N$
Άρχική διάμετρος	d	$d = \frac{t}{\epsilon\phi\phi \cdot \pi} = d_k - 2m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$
Μεγάλη διάμετρος	d_k	$d_k = d + 2m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$
Διάμετρος πυρήνα	d_1	$d_1 = d - 2,33m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$
Γωνία έλικας	ϕ	$\epsilon\phi\phi = \frac{L}{d \cdot \pi}$
Γωνία πλευράς	γ	$\gamma = 29^\circ$
Ύψος κεφαλής	k	$k = m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi = m_n$
Ύψος ποδός	f	$f = 1,166 m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi = 1,166 m_n$
Ύψος συνολικό	h	$h = 2,166 m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi = 2,166 m_n$
Βήμα μετωπικό	t_s	$t_s = \frac{L}{N}$
Άριθμός άρχων	N	$N = \frac{L}{t_s}$
Μοντούλ μετωπικό	m_s	$m_s = \frac{t_s}{\pi}$
Μοντούλ κάθετο	m_n	$m_n = \frac{t_n}{\pi} = m_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$
Βήμα κάθετο	t_n	$t_n = m_n \cdot \pi = t_s \cdot \sigma\upsilon\nu\phi$

Στον Πίνακα 2.22 δίνονται στοιχεία υπολογισμού του τροχού, ενώ στο σχήμα 2.126 βλέπουμε την μορφή και τις διαστάσεις του.



Σχήμα 2.126 Τροχός ατέρμονα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.22
Στοιχεία τροχού ατέρμονα.

Περιγραφή	Σύμβ.	Υπολογισμός
Μοντούλ	m	$m = \frac{t}{\pi}$
Βήμα	t	$t = m \cdot \pi$
*Αριθμός δόντων	z	$z = \frac{d}{m}$
*Αρχική διάμετρος	d	$d = \frac{z \cdot t}{\pi} = z \cdot m$ δι' δόντας άνω τών 30
	d	$d = Z \cdot m \cdot 0,937 + 2 m$ δι' δόντας κάτω τών 30
*Εξωτερική διάμετρος	d _κ	$d_{κ} = d + 2 m$
*Υψος κεφαλής	k	$k = m$
*Υψος ποδός	f	$f = 1,166 m$
*Υψος δόντος	h	$h = 2,166 m$

Κατασκευή του ατέρμονα κοχλία.

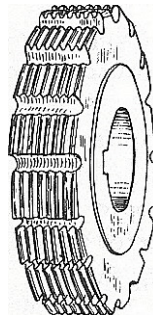
Οι ατέρμονες κατασκευάζονται στην φρεζομηχανή, αν διαθέτει ειδική κεφαλή Γιουνιβέρσαλ κοπής σπειρωμάτων (σχήμα 2.99 α).

Η κατασκευή του ατέρμονα στην φρεζομηχανή ακολουθεί τους κανόνες κοπής έλικας.

Κατασκευή τροχού ατέρμονα (κορώνα).

Ο τροχός του ατέρμονα κοχλία κατασκευάζεται ή σε ειδικές μηχανές κοπής οδοντοτροχών (γρاناζοκόπτες) ή σε φρεζομηχανές. Όπως και για τα άλλα είδη οδοντοτροχών, έτσι και εδώ θα περιγράψουμε πως κόβεται ο τροχός στην φρεζομηχανή.

Για τον σωστό τρόπο κατασκευής τροχού χρειάζεται μια ειδική κοχλιωτή φρέζα (χόμπ) (σχήμα 2.128), που έχει την μορφή του ατέρμονα, με τον οποίο θα συνεργασθεί ο τροχός, με την διάφορα ότι τα δόντια της είναι διακοπτόμενα, ώστε να κόβουν την κορώνα.



Σχήμα 2.128 Κοχλιωτή φρέζα (χόμπ).

Για να έχουμε καλή συνεργασία ατέρμονα και τροχού, πρέπει η διάμετρος του χόμπ να είναι ίση με την διάμετρο του ατέρμονα. Γι' αυτό πολλές φορές κατασκευάζουμε

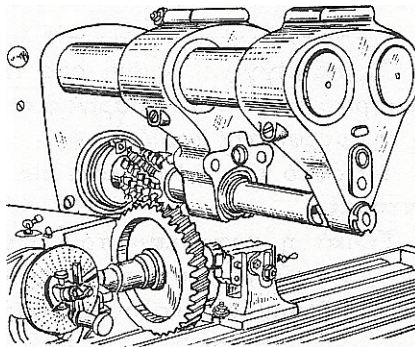
μόνοι μας την φρέζα (χόμπ) από έναν ατσάλινο ατέρμονα, στον οποίο κατά μήκος κόβουμε σχισμές, ώστε το σπείρωμά του να αποκτήσει κοπτικά δόντια.

Ύστερα τον σκληραίνουμε με βαφή, τον τροχίζουμε και τον χρησιμοποιούμε για φρέζα των δοντιών του αντιστοίχου τροχού.

Προτού όμως χρησιμοποιήσουμε το χόμπ, που κατασκευάσαμε για την κοπή των δοντιών, πρέπει να κάνουμε ένα ξεχόνδρισμα με κοινή φρέζα δοντιών, όπως κάνουμε, όταν κόβουμε τα δόντια των άλλων οδοντοτροχών. Επειδή τα δόντια του τροχού του ατέρμονα δεν είναι ίσα, άλλα έχουν κάποια κλίση, γι' αυτό κατά το ξεχόνδρισμα σφίγγουμε το κομμάτι στον διαιρέτη και γυρίζουμε την τράπεζα σε κλίση ίση με την γωνία της έλικας του ατέρμονα. Έτσι, όταν χρησιμοποιηθεί το χόμπ, θα έχει να εκτέλεση μόνο την αποπεράτωση των δοντιών.

Το χόμπ τοποθετείται στον εργαλειοφόρο άξονα. Ο τροχός τοποθετείται ελεύθερα στα κέντρα διαιρέτη και πόντας (σχήμα 2.129). Δηλαδή ο διαιρέτης με την πόντα του χρησιμοποιείται μόνο για να στηρίξει το κομμάτι και όχι για να διαιρεί.

Η περιστροφή του οδοντοτροχού, που θα κοπεί, δεν γίνεται με τον χειροστρόφαλο του διαιρέτη. Τα δόντια της φρέζας με την κλίση, που έχουν, παρασύρουν τον οδοντοτροχό και τον περιστρέφουν όσο χρειάζεται, για να κοπούν όλα τα δόντια του τροχού.



Σχήμα 2.129 Κοπή τροχού ατέρμονα.

Η κοπή δοντιών στη φρεζομηχανή, εκτός από την περιορισμένη ακρίβεια μορφής, απαιτεί χρήση διαιρέτη, απασχολεί το μηχάνημα και τον τεχνίτη επί πολύ χρόνο και είναι αντικοινωνική.

Έπειτα από τα προηγούμενα, φαίνεται ότι η κοπή οδοντώσεων στη φρεζομηχανή συμφέρει μόνο, όταν πρόκειται για πολύ μικρές ποσότητες ή σε ειδικές περιπτώσεις.

Όταν πρόκειται για σοβαρή παραγωγή με απαιτήσεις ακριβείας και λογικό κόστος, η κοπή δοντιών γίνεται στους γραναζοκόπτες.

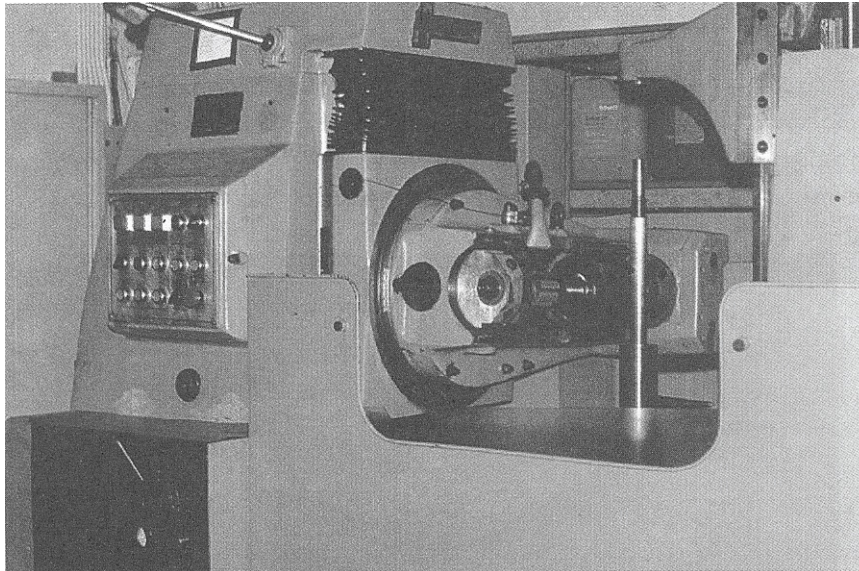
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΕΣ

Οι ειδικές φρεζομηχανές είναι ο γραναζοκόπτης, το φρεζοδράπανο και η φρεζοπλάνη.

3.1 ΓΡΑΝΑΖΟΚΟΠΤΕΣ

Ο γραναζοκόπτης είναι μία εργαλειομηχανή για κοπή οδοντώσεων (σχήμα 3.1). Το πλεονέκτημά της είναι ότι για κάθε μοντούλ ή διαμετρικό βήμα υπάρχει ένα μόνο κοπτικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κοπή διάφορων αριθμών δοντιών. Αντίθετα, για διαμόρφωση οδόντωσης σε φρεζομηχανή για κάθε μοντούλ χρησιμοποιείται μία δισκοφρέζα, η οποία λαμβάνεται από ένα σύνολο 8 ή 15 φρεζών. Κάθε φρέζα προσφέρεται για ένα περιορισμένο αριθμό δοντιών, με αποτέλεσμα μείωση της ακρίβειας κατανομής δοντιού.



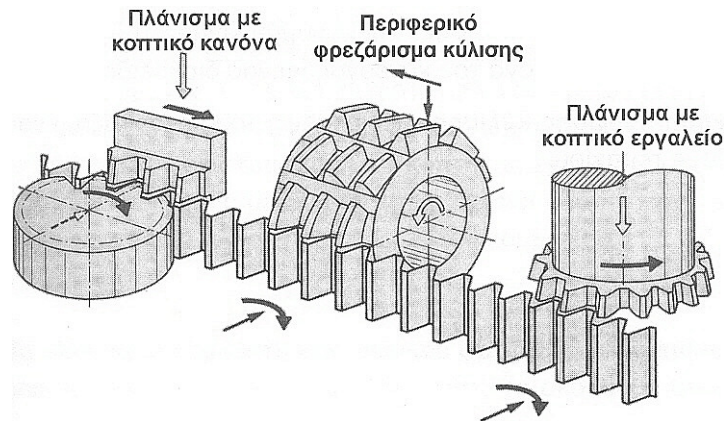
Σχήμα 3.1 Γραναζοκόπτης.

Η κοπή οδόντωσης σε γραναζοκόπτη πραγματοποιείται με τις εξής μεθόδους (σχήμα 3.2):

- Περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης (ή μέθοδος χόμπιγκ, hobbing). Το εργαλείο είναι περιστρεφόμενη κοχλιοειδής φρέζα (χόμπ).
- Πλάνισμα κύλισης (ή μέθοδος φέλλους, Fellows). Το κοπτικό εργαλείο παλινδρομεί και περιστρέφεται (κοπτικός οδοντοτροχός).
- Πλάνισμα με κοπτικό κανόνα (ή μέθοδος Μάγκ, Maag). Το κοπτικό εργαλείο παλινδρομεί και μετατοπίζεται.

Γενικά σημειώνεται ότι οι γραναζοκόπτες είναι ειδικευμένα μηχανήματα τα οποία εκτός των άλλων, απαιτούν πολλές ρυθμίσεις και πολλές μεταδόσεις κινήσεων ακόμη και με διαφορετική διαίρεση ανάλογα με τον αριθμό και την κλίση των δοντιών που θα

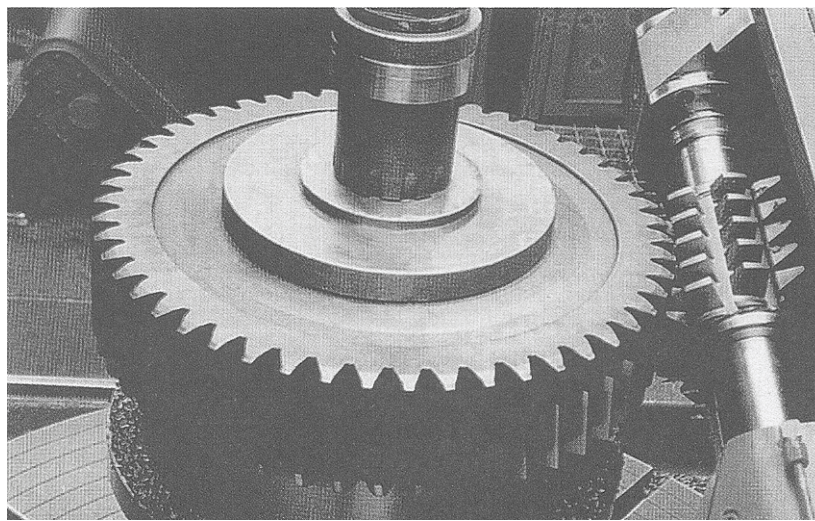
κοπούν. Γι' αυτό το λόγο είναι ανάγκη η χρησιμοποίησή τους να γίνεται από εκπαιδευμένο προσωπικό και σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.



Σχήμα 3.2 Κύριες κατεργασίες κοπής οδοντώσεων σε γριναζοκόπτη.

Περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης

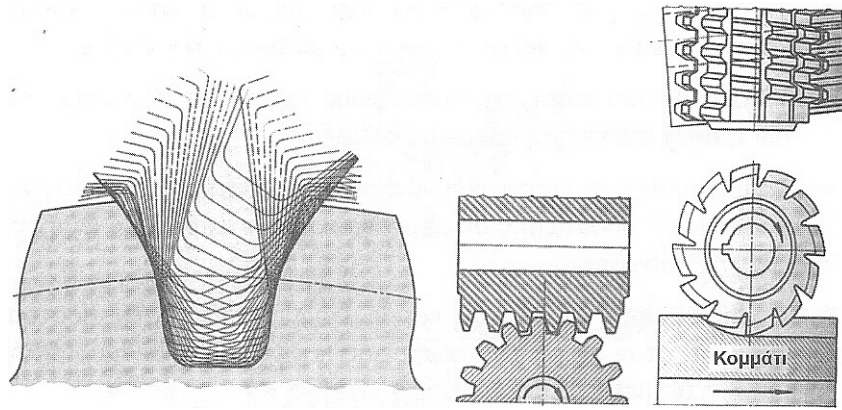
Το περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης χρησιμοποιείται για μορφοποίηση οδοντώσεων σε μετωπικούς κυρίως οδοντοτροχούς, με ευθύγραμμη ή λοξή εξωτερική οδόντωση (σχήμα 3.3), σε ατέρμονες κοχλίες και σε οδοντοτροχούς που συνεργάζονται μαζί τους (κορώνες), ακόμη και σε πολύσφηνα.



Σχήμα 3.3 Μορφοποίηση οδόντωσης κατά το περιφερικό φρεζάρισμα.

Η κινηματική του περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης έχει τρεις κινήσεις (σχήμα 3.4):

1. Πρωτεύουσα κίνηση. Περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου (ή κοχλιοειδής φρέζα ή χόμπ).
2. Κίνηση αξονικής πρόωσης. Ευθύγραμμη κίνηση του κοπτικού εργαλείου κατά τον άξονα του κατεργαζόμενου δισκοειδούς τεμαχίου.
3. Κίνηση πρόωσης κύλισης. Περιστροφή του κατεργαζόμενου δισκοειδούς τεμαχίου.



Σχήμα 3.4 Κινηματική του περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης.

Ο κοπήρας και το τεμάχιο περιστρέφονται με σταθερή πάντοτε σχέση μετάδοσης κατά τη διάρκεια της οδοντοκοπής, η οποία συνεχίζεται προς την αυτή κατεύθυνση περιστροφής μέχρι να συμπληρωθεί η πλήρης μορφοποίηση της οδόντωσης κατά το τιθέμενο εκάστοτε βάθος κοπής. Αν η οδοντοκοπή πρέπει να γίνει σε περισσότερα από ένα περάσματα του κοπήρα (πάσσα), τότε στο τέλος κάθε περιστροφής του τεμαχίου τίθεται το επιλεγόμενο κατά περίπτωση βάθος κοπής, με προσεγγιστική κίνηση του κομματιού προς τον κοπήρα (κίνηση ακτινικής πρόωσης).

Η περιστροφική ταχύτητα τόσο της κοχλιοειδούς φρέζας (n_1), όσο και του τεμαχίου (n_2) σχετίζονται μεταξύ τους σύμφωνα με τη σχέση:

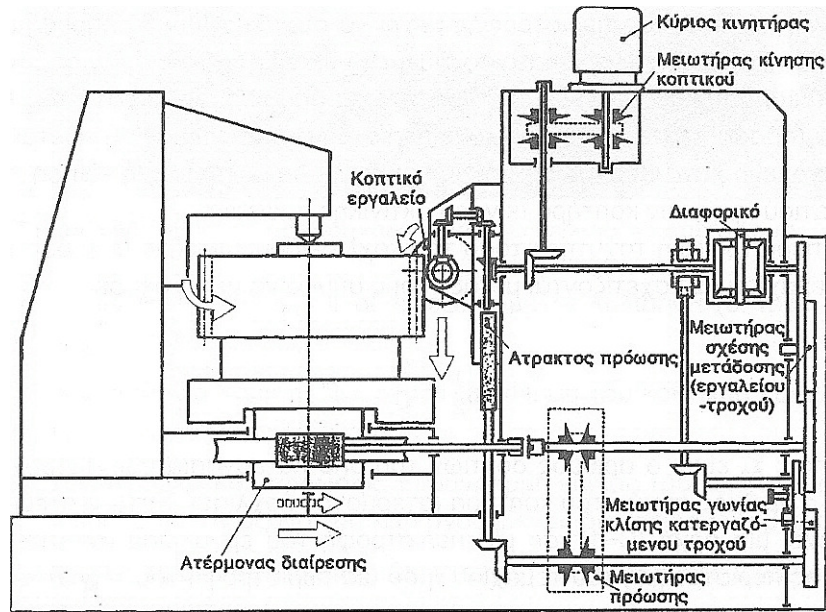
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{C}$$

Όπου: z_2 είναι ο αριθμός δοντιών του υπό κατεργασία οδοντοτροχού και C ο αριθμός αρχών του κοπήρα (ατέρμονας κοχλίας). Έστω ο ατέρμονας έχει μία αρχή ($C=1$) σε μία περιστροφή του εργαλείου αντιστοιχεί $1/z_2$ της περιστροφής του τεμαχίου ή σε μία περιστροφή του τεμαχίου το εργαλείο εκτελεί z_2 περιστροφές. Αν ο κοπήρας έχει δύο αρχές, δηλαδή $C=2$, για κοπή οδόντωσης με 50 δόντια θα πρέπει ο κοπήρας να εκτελεί 25 περιστροφές σε μία πλήρη περιστροφή του κομματιού.

Τα μέρη γραναζοκόπτη περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης

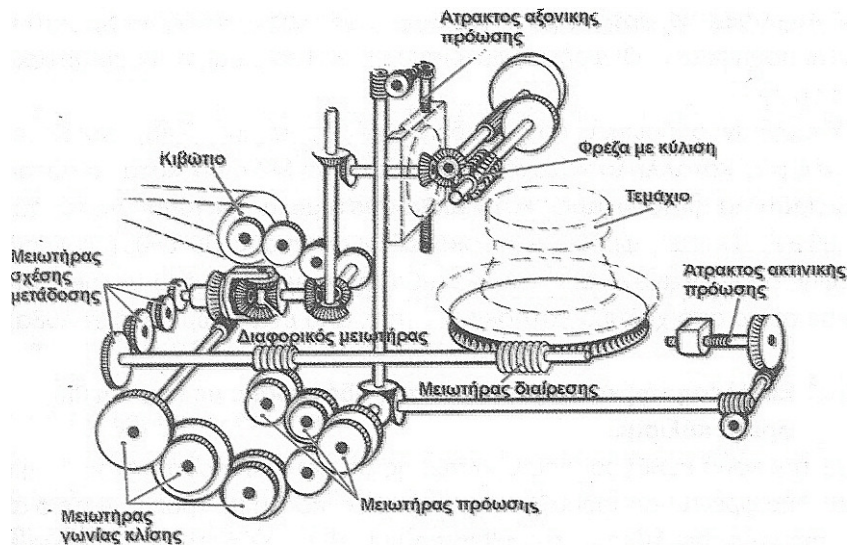
Ένας τυπικός γραναζοκόπτης αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη (σχήμα 3.5):

- Τη διάταξη μετάδοσης περιστροφικής ταχύτητας στον κοχλιοειδή κοπήρα μέσω της κύριας ατράκτου (πρωτεύουσα κίνηση).
- Τη διάταξη μετάδοσης περιστροφικής ταχύτητας στο κομμάτι μέσω τραπεζιού (κίνηση πρόωσης κυλίσεως).
- Το μηχανισμό της γραμμικής κίνησης του κοπήρα και του τεμαχίου για κοπή οδόντωσης σε μετωπικούς οδοντοτροχούς (κίνηση αξονικής πρόωσης).
- Μέσα ρύθμισης του βάθους κοπής μέσω ρύθμισης της απόστασης ανάμεσα στον άξονα του κομματιού και στον άξονα του κοπήρα (κίνηση ακτινικής πρόωσης).
- Στοιχεία για τη ρύθμιση της θέσης του κομματιού και του κοπήρα σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο, πλάτος και γωνία έλικα των οδοντοτροχών.



Σχήμα 3.5 Κύρια μέρη μετάδοσης κίνησης σε γριναζοκόπτη.

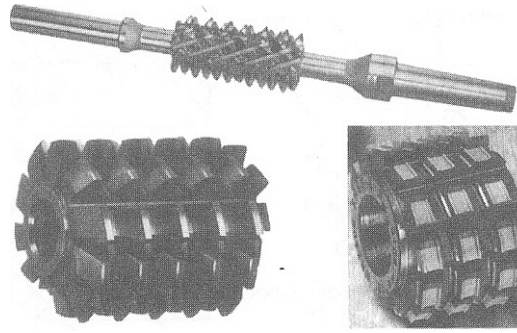
Οι αναφερόμενες πιο πάνω αναγκαίες κινήσεις των διάφορων μελών του γριναζοκόπτη υλοποιούνται με αντίστοιχες μεταδόσεις οδοντοτροχών και με σχετικούς μηχανισμούς (σχήμα 3.6).



Σχήμα 3.6 Μηχανισμοί μετάδοσης κίνησης σε γριναζοκόπτη.

Η κοχλιοειδής φρέζα (κοπτήρας χόμπ)

Η κοχλιοειδής φρέζα (σχήμα 3.7) είναι στην ουσία ένας ατέρμονας κοχλίας, ο οποίος φέρει στην περιφέρειά του δόντια και αυλάκια. Κάθε δόντι αποτελεί ένα τυπικό εργαλείο κοπής με τη γνωστή γεωμετρική του μορφή. Τα μεταξύ των δοντιών σχηματιζόμενα αυλάκια παίζουν τον ίδιο ακριβώς ρόλο, όπως τα αυλάκια των άλλων εργαλείων, δηλαδή συντελούν στην απομάκρυνση των αποβλήτων και στη διεύθυνση του υγρού κοπής.



Σχήμα 3.7 Κοχλιοειδείς φρέζες (χόμπ).

Οι κοχλιοειδείς φρέζες διακρίνονται σε φρέζες εκχόνδρισης και φρέζες αποπεράτωσης. Για την αύξηση του ρυθμού αφαίρεσης υλικού οι κοχλιοειδείς φρέζες εκχόνδρισης μπορούν να έχουν σπείρωμα με δύο αρχές. Κοχλιοειδείς φρέζες με τρεις αρχές δεν κατασκευάζονται, γιατί κρίνονται ασύμφορες. Οι φρέζες φινιρίσματος κατασκευάζονται με σπείρωμα μίας αρχής.

Υπάρχουν ολόσωμες κοχλιοειδείς φρέζες (σχήμα 3.7), κατασκευασμένες από κατάλληλο ταχυχάλυβα (ποιότητας M2 ή M7 κατά τα αμερικάνικα πρότυπα ή ισοδύναμης κατά άλλα συστήματα προτυποποίησης ταχυχάλυβων). Τέτοιες φρέζες κατασκευάζονται επίσης με ένθετες λεπίδες μορφής οδοντοκανόνα από ταχυχάλυβα (ή σπανιότερα από σκληρομέταλλο) σε σώμα από χάλυβα κατασκευών (π.χ. από ένα χρωμιούχο χάλυβα).

Οι κοχλιοειδείς φρέζες είναι τυποποιημένες κατά DIN 8002 και κατασκευάζονται τόσο για το μετρικό σύστημα με μοντούλ από $m = 0,5$ έως $m = \text{άνω και του } 20$, όσο και για το αγγλοσαξονικό σύστημα για διαμετρικό βήμα: $D_p = 1$ (μεγάλα δόντια) έως $D_p = 48$ (μικρά δόντια).

Στις ολόσωμες κοχλιοειδείς φρέζες η αρχή έγινε για μικρά μοντούλ $m = 1,2 \dots 2$ και ήδη κατασκευάζονται κοχλιοειδείς φρέζες ολόσωμες από σκληρομέταλλο για $m = 2,5 \dots 3,5$.

Εκτέλεση της κατεργασίας κοπής οδόντωσης με κοχλιοειδή φρέζα κύλισης

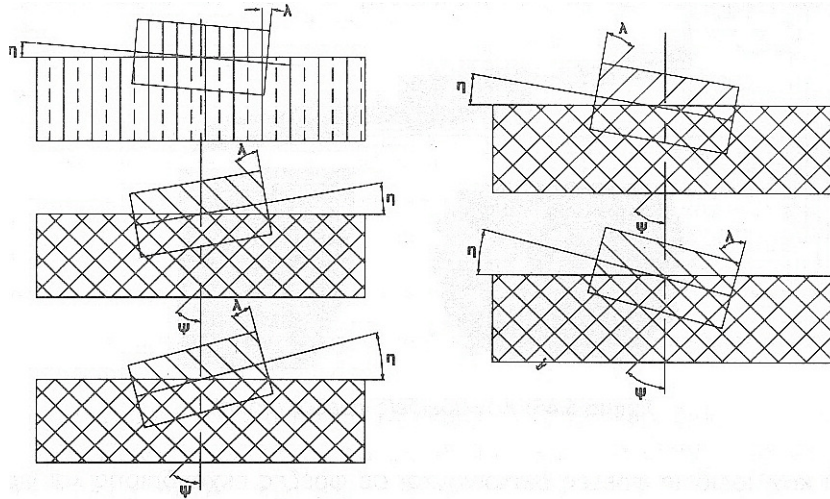
Κατά την κοπή ευθύγραμμης οδόντωσης σε μετωπικό οδοντοτροχό, η κοχλιοειδής φρέζα προσαρμόζεται στο γραναζοκόπτη με τρόπο, ώστε ο άξονάς της να σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία ίση με τη γωνία κλίσης (λ) του σπειρώματος του κοπτήρα. Αν πρόκειται για κατεργασία μετωπικού οδοντοτροχού, με λοξή οδόντωση, τότε ο άξονας του κοπτήρα τοποθετείται κατά τρόπο, ώστε να σχηματίζει ως προς το οριζόντιο επίπεδο γωνία $\eta = \Psi \pm \lambda$, όπου Ψ είναι η γωνία κλίσης της οδόντωσης που πρόκειται να μορφοποιηθεί (σχήμα 3.8). Στην περίπτωση της ίδιας κατεύθυνσης περιστροφής του κοπτήρα και του κομματιού, τότε στην παραπάνω σχέση τίθεται το (-), αν οι κατευθύνσεις των περιστροφικών κινήσεων είναι αντίθετες, χρησιμοποιείται το (+).

Η ακρίβεια κατεργασίας του οδοντοτροχού εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Την ακρίβεια κατεργασίας του δισκοειδούς τεμαχίου, που πρόκειται να μορφοποιηθεί σε οδοντοτροχό.
- Την ακρίβεια της εργαλειομηχανής και των διατάξεων συγκράτησης του κοπτήρα

και του κομματιού.

- Την ακρίβεια των διαστάσεων της κοχλιοειδούς φρέζας.
- Τη δεξιότητα και εμπειρία του τεχνίτη.

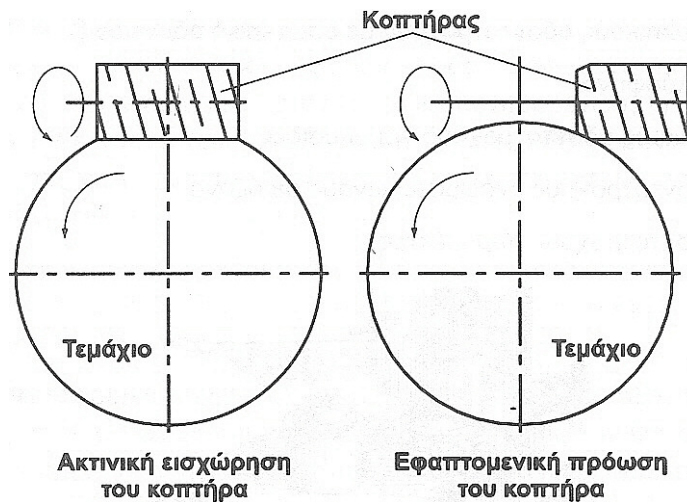


Σχήμα 3.8 Κλίσεις του κοπτήρα χόμπ.

Φρεζάρισμα κορώνας

Στο φρεζάρισμα κορώνας με περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης, ο άξονας της φρέζας τοποθετείται κάθετα στον άξονα περιστροφής του τεμαχίου. Χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι κοπής κορώνας (σχήμα 3.9):

1. Η ακτινική εισχώρηση του κοπτικού εργαλείου.
2. Με εφαπτομενική πρόωση του κοπτήρα ως προς το τεμάχιο.



Σχήμα 3.9 Μέθοδοι κοπής κορώνας.

Κατά τη μέθοδο με ακτινική εισχώρηση του κοπτήρα η κίνηση είναι συνεχής και σταματά, όταν έχει επιτευχθεί το επιθυμητό βάθος κοπής. Στη μέθοδο με εφαπτομενική πρόωση, η φρέζα από την αρχή της κατεργασίας τίθεται στο πλήρες βάθος κοπής, ακολούθως προσεγγίζει το κομμάτι και αρχίζει την κοπή, δηλαδή η απόσταση ανάμεσα στο κέντρο του κομματιού και στον άξονα της φρέζας παραμένει σταθερή. Για κλίση της έλικας στην κορώνα μικρότερη ή ίση των 8° ($\psi \leq 8^\circ$), δηλαδή ο

ατέρμονας έχει μικρό βήμα, εφαρμόζεται ακτινική εισχώρηση. Για $\psi > 8^\circ$, δηλαδή ο ατέρμονας έχει πολλές αρχές, εφαρμόζεται κίνηση με εφαπτομενική πρόωση.

Κατά το φρεζάρισμα κορώνας η ονομαστική διάμετρος και η γωνία έλικα της φρέζας δε σχετίζονται με τον υπό μορφοποίηση οδοντοτροχό ενώ στη σχεδίαση κοπτήρων για κοπή κορωνών αυτό δεν ισχύει. Ο κοπτήρας πρέπει να είναι απaráλλακτος με το συνεργαζόμενο με την κορώνα ατέρμονα κοχλία.

Οι κοπτήρες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κορωνών έχουν ευθείες πλευρές σε αξονική διατομή του κοπτήρα. Επίσης, χρησιμοποιούνται κοπτήρες με καμπύλες πλευρές.

α) Πλεονεκτήματα της μηχανής.

- 1) Σε σύγκριση με τους άλλους γριναζοκόπτες η κατασκευή της είναι απλή και ο χειρισμός της εύκολος.
- 2) Όλες οι κινήσεις είναι συνεχείς και ομαλές και δε σημειώνονται κρούσεις και θόρυβοι γιατί κυρίως δεν έχει μέρη με παλινδρομική κίνηση.
- 3) Η κοπή των δοντιών γίνεται ταυτόχρονα για όλα τα δόντια μαζί από την αρχή ως το τέλος.
- 4) Για κάθε μοντούλ χρειάζεται μόνο μια κοχλιωτή φρέζα ανεξάρτητα από τον αριθμό δοντιών που πρόκειται να κοπούν στο κομμάτι.

β) Μειονεκτήματα.

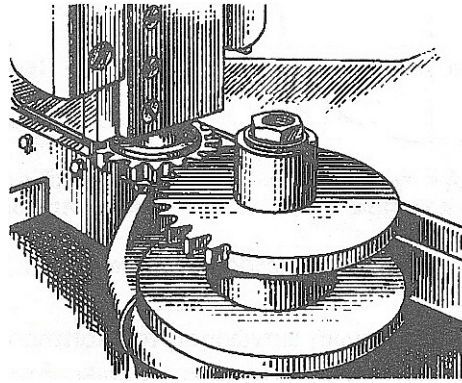
- 1) Απαιτείται μεγαλύτερη διαδρομή για να «μπει» και να «βγει» ο κοπτήρας σε όλο το αναγκαίο βάθος κοπής και μήκος του δοντιού. Γι' αυτό όταν πρόκειται για δυσκοειδή γρανάζια με στενό σχετικά πλάτος συμφέρει να κόβονται πολλά μαζί το ένα επάνω στο άλλο σαν να είναι ένα γρανάζι μεγάλου πάχους, δηλαδή με μεγάλο μήκος δοντιών.
- 2) Τα κοπτικά εργαλεία χομπ είναι ακριβότερα συγκριτικά με τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε άλλους γριναζοκόπτες.
- 3) Δεν μπορούν να κοπούν δόντια τροχού με εσωτερική οδόντωση.

Παρά τα μειονεκτήματά τους, οι γριναζοκόπτες με κοχλιωτή φρέζα χομπ χρησιμοποιούνται πολύ σε μικρομεσαίες μηχανουργικές επιχειρήσεις.

Πλάνισμα κύλισης με κοπτικό οδοντοτροχό

Με τη μέθοδο αυτή (σχήμα 3.10) μορφοποιούνται οδοντώσεις σε:

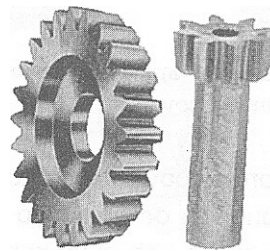
- μετωπικούς οδοντοτροχούς με ευθύγραμμο ή με λοξά δόντια,
- μετωπικούς οδοντοτροχούς με διπλή αντίθετη λοξή οδόντωση,
- μετωπικούς οδοντοτροχούς με εσωτερική οδόντωση,
- πολύσφηνα,
- ειδικούς οδοντοτροχούς για αλυσίδες,
- οδοντοτροχούς ενσωματωμένους σε άξονα, οδοντοτροχούς συμπλέκτες.



Σχήμα 3.10 Κοπή οδόντωσης με τη μέθοδο φέλλους (Fellows).

Η συγκεκριμένη μέθοδος κοπής οδόντωσης δε χρησιμοποιείται στην κατεργασία κωνικών οδοντοτροχών, όπως και κορωνών. Λόγω του σχετικού χαμηλού κόστους του κοπτήρα, το πλάνισμα κύλισης με οδοντοτροχό ως εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά και στην παραγωγή οδοντοτροχών σε μικρές παρτίδες.

Ο κοπτήρας (σχήμα 3.11) κατασκευάζεται από ταχυχάλυβα κατάλληλης ποιότητας. Έχει το ίδιο μέτρο οδόντωσης (μοντούλ) με εκείνο της προς μορφοποίηση οδόντωσης.



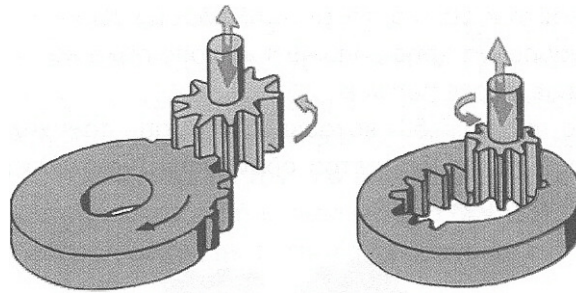
Σχήμα 3.11 Κοπτικοί τροχοί.

Οι κινήσεις της κοπής με τη μέθοδο του πλανίσματος κύλισης με περιστρεφόμενο κοπτικό οδοντοτροχό (σχήμα 3.12) είναι οι εξής:

- Παλινδρομική κίνηση. Ο κοπτήρας παλινδρομεί κατακόρυφα ή υπό κλίση (κοπή ευθύγραμμης ή λοξής οδόντωσης αντίστοιχα). Η προς τα κάτω κίνηση είναι η πρωτεύουσα κίνηση, ενώ η προς τα πάνω κίνηση είναι η νεκρή διαδρομή. Στην κοπή λοξής οδόντωσης, ο κοπτήρας έχει και αυτός πλάγια οδόντωση και εκτελεί παλινδρομική ελικοειδή κίνηση μαζί με το τεμάχιο.

- Περιστροφική κίνηση. Ο οδοντοτροχός περιστρέφεται συνεχώς και σε συγχρονισμένη κίνηση με το κομμάτι. Η κίνηση αυτή είναι η κίνηση πρόωσης κύλισης.

- Μεταφορική κίνηση. Ο άξονας του κοπτήρα ή ο άξονας του κομματιού μεταφέρεται προς το κομμάτι (ή προς τον κοπτήρα) προοδευτικά. Η κίνηση αυτή είναι η κίνηση ακτινικής πρόωσης. Η κίνηση αυτή συνεχίζεται, δηλαδή αποκόπτει μέταλλο στο μεσοδόντιο χώρο μέχρι να επιτευχθεί το ακριβές βάθος κοπής. Τότε, αυτόματα σταματά η κίνηση εισχώρησης, ενώ συνεχίζονται οι λοιπές δύο κινήσεις, μέχρι το τεμάχιο να εκτελέσει μία πλήρη περιστροφή, οπότε σταματά αυτόματα η κατεργασία.



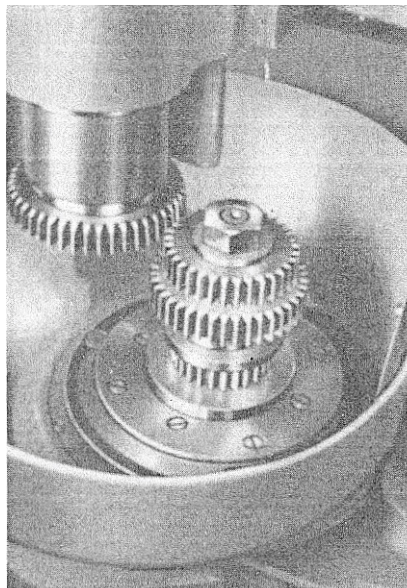
Σχήμα 3.12 Οι κινήσεις κατά την κοπή οδόντωσης με τη μέθοδο πλανίσματος κύλισης με κοπτικό εργαλείο.

Κατά τη μέθοδο αυτή κοπής οδόντωσης, όλα τα δόντια του οδοντοτροχού μορφοποιούνται ομοιόμορφα σε ορισμένο ύψος, ανάλογα με το ορισμένο βάθος κοπής. Η οδόντωση μπορεί να κοπεί πλήρως σε ένα ή περισσότερα πάσσα. Αυτό εξαρτάται από το μοντούλ, από το οποίο υπολογίζεται το βάθος κοπής.

α) Πλεονεκτήματα της μηχανής:

- Η μηχανή μπορεί να κόβει δόντια και με εσωτερική οδόντωση.
- Μπορεί να κόβει δόντια σε δίσκους ενσωματωμένους με άλλους δίσκους (διπλό ή τριπλό γρανάζι) πράγμα που δεν μπορεί να κάνει ο γραναζοκόπτης με χομπ [σχήμα 3.13].
- Μπορεί να κόβει δόντια μόνο σε ένα τμήμα της περιφέρειας του τροχού.
- Εύκολη αλλαγή κοπτικού τροχού.

Η δυνατότητα του γραναζοκόπτη αυτού να κόβει διπλά και τριπλά (δίδυμα και τρίδυμα) γρανάζια [σχήμα 3.13] είναι ουσιώδης, γιατί έχει πολύ μεγάλη εφαρμογή στα γρανάζια των κιβωτίων ταχυτήτων των αυτοκινήτων.



Σχήμα 3.13 Γραναζοκόπτης με κοπτικό τροχό – κοπή εξωτερικών οδοντώσεων.

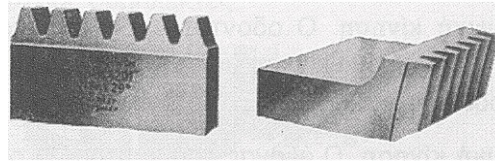
β) Μειονεκτήματα:

- Είναι αρκετά πολυσύνθετη κατασκευή για να πραγματοποιούνται και να ρυθμίζονται όλες οι κινήσεις που αναφέραμε.

- Σημειώνεται νεκρός χρόνος κατά τη διαδρομή του εργαλείου προς τα πάνω.
- Συγκεντρώνονται πολλών ειδών κινήσεις στο φορέα του κοπτικού τροχού.

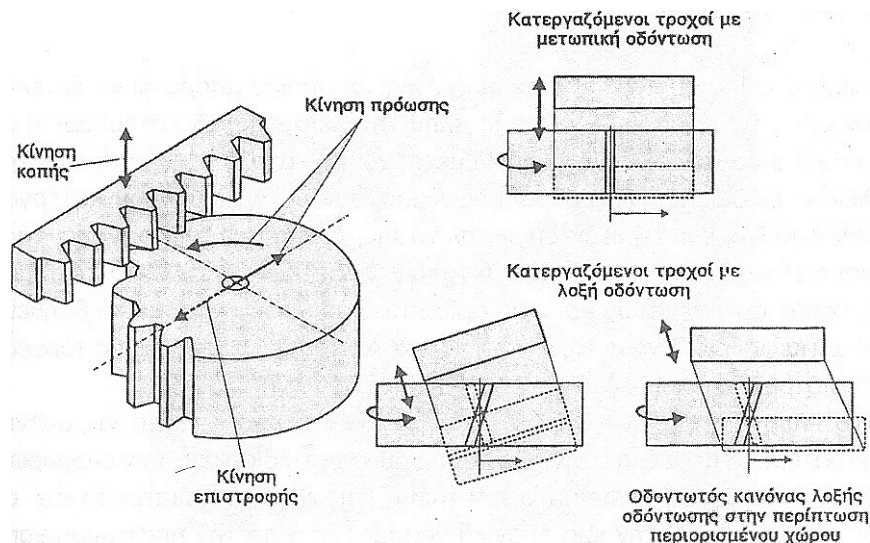
Πλάνισμα κύλισης με κοπτικό οδοντοκανόνα

Η κοπή οδόντωσης με τη μέθοδο πλάνισματος με κοπτικό οδοντοκανόνα χρησιμοποιείται για κατασκευή μετωπικών οδοντοτροχών μεγάλων διαμέτρων ή βημάτων. Το κοπτικό εργαλείο είναι ένας οδοντοκανόνας (κοπτικό χτένι) κατεργασμένος έτσι, ώστε να παρουσιάζει ευθύγραμμες κόψεις (σχήμα 3.14).



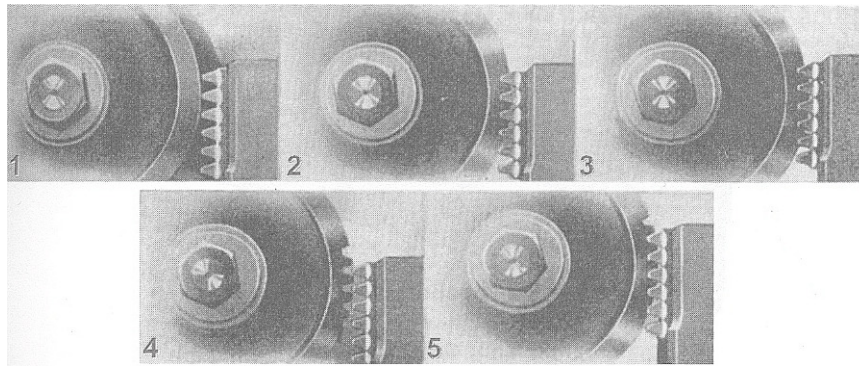
Σχήμα 3.14 Κοπτικά χτένια.

Στο σχήμα 3.15 παρουσιάζονται οι κινήσεις του οδοντοκανόνα και του τεμαχίου για τη μορφοποίηση της οδόντωσης.



Σχήμα 3.15 Πλάνισμα κύλισης με οδοντοτοκανόνα.

Κατά την κατεργασία μετωπικών οδοντοτροχών ο κοπτήρας παλινδρομεί παράλληλα προς τον άξονα του τεμαχίου και συγχρόνως το κατεργαζόμενο κομμάτι περιστρέφεται. Ο γραναζοκόπτης διαθέτει αυτόματο διαιρέτη, ώστε μετά από μετάθεση του κοπτήρα, κατά ένα βήμα, να αναστρέφεται η κίνηση του τεμαχίου με σύγχρονη προς τα πίσω κίνηση του κοπτήρα κατά ένα βήμα, οπότε αρχίζει πάλι η κύλιση κοπτήρα και τεμαχίου για συνέχιση της κοπής επομένων δοντιών και ούτω καθεξής. Τα στάδια κοπής οδόντωσης με οδοντοκανόνα φαίνονται στο σχήμα 3.16.



Σχήμα 3.16 Στάδια κοπής οδόντωσης με οδοντοκανόνα.

Μειονέκτημα για το γραναζοκόπτη αυτό, είναι ότι δεν μπορεί να κόψει εσωτερικές οδοντώσεις και ότι έχει κρουστικές δονήσεις από τις μάζες που παλινδρομούν.

Πλεονέκτημά του είναι ότι το κοπτικό χτένι είναι απλό στην κατασκευή, κοστίζει φθηνά και ακονίζεται (τροχίζεται) ευκολότερα σε σύγκριση με τα κοπτικά εργαλεία στους δύο προηγούμενους γραναζοκόπτες. Όταν το χτένι στομώσει κατά τη διάρκεια της κοπής, αλλάζει εύκολα χωρίς να επηρεασθεί η ποιότητα των δοντιών.

Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως σε γρανάζια μεγάλου και πολύ μεγάλου μεγέθους.

3.2 ΦΡΕΖΟΔΡΑΠΑΝΑ

Γενικά.

Είναι μηχανές πολύμορφες και πολυδύναμες που μπορούν να υποκαταστήσουν σε μεγάλο ποσοστό όλες τις άλλες εργαλειομηχανές κοπής με εξαίρεση τις λειαντικές. Επεξεργάζονται πολύ μεγάλου μεγέθους κομμάτια και κατά συνέπεια και πολύ μεγάλου βάρους, τα οποία δεν είναι δυνατόν να τα επεξεργασθούν συνηθισμένες εργαλειομηχανές.

Τέτοια μεγάλα μέρη μηχανών είναι: σώματα ατμοστροβίλων και υδροστροβίλων για θερμοηλεκτρικούς και υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, τα μπλοκ κυλίνδρων μεγάλων νηζελομηχανών πλοίων, μεγάλα κομμάτια για τους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας, κεφαλές και βάσεις για μεγάλες μηχανικές ή υδραυλικές πρέσες πίεσεως από 500 μέχρι και άνω των 3.000 τόνων, μεγάλα κομμάτια μηχανών χαρτοποιίας, κλωστοϋφαντουργίας κλπ.

Φυσικά, από τα παραπάνω γίνεται ευνόητο ότι, όπου υπάρχει φρεζοδράπανο, πρέπει από επάνω να υπάρχει και γερανογέφυρα με την κατάλληλη ανυψωτική δύναμη για τη μεταφορά των κομματιών προς και από τα φρεζοδράπανα.

Σε ένα φρεζοδράπανο μπορούν να γίνουν:

- Εργασίες τόνου, ιδίως η διάνοιξη οπών με μεγάλες διαμέτρους. Δηλαδή στο ίδιο μεγάλο κομμάτι ανοίγονται και επεξεργάζονται οπές με μικρές και μεγάλες διαμέτρους που βρίσκονται σε διάφορες θέσεις και διάφορες αποστάσεις μεταξύ τους και μάλιστα με μεγάλη ακρίβεια.
- Εργασίες φρεζομηχανής γενικά σε διάφορες θέσεις και διάφορες αποστάσεις στο ίδιο κομμάτι.
- Εργασίες πλάνης, κατεργασία π.χ. επιπέδων επιφανειών με κατάλληλες φρέζες.
- Εργασίες τρυπανιού, δηλαδή διάνοιξη οπών, κατά κανόνα οριζοντίων, μικρών και

μεγάλων σε διάφορες θέσεις του κομματιού.

- Διάνοιξη σπειρωμάτων, ιδίως μεγάλων διαμέτρων με σταθερό το κομμάτι και κινούμενο (περιστροφή και βηματική πρόωση) το κοπτικό εργαλείο.
- Διάφορες άλλες κατεργασίες κοπής.

Σε αντίθεση με τους τόννους, τα κομμάτια στο φρεζοδράπανο είναι σταθερά δεμένα στο τραπέζι, που κάνει μόνο οριζόντιες κινήσεις, ενώ η κύρια κίνηση κοπής γίνεται πάντα από το κοπτικό εργαλείο.

Γι' αυτό, οι παραπάνω κατεργασίες στις διάφορες θέσεις του κομματιού γίνονται κατά κανόνα όλες με ένα μόνο δέσιμο του κομματιού στο τραπέζι.

Κατασκευαστικές μορφές φρεζοδραπάνων.

Τα φρεζοδράπανα, ανάλογα με την κατασκευαστική τους διαμόρφωση, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

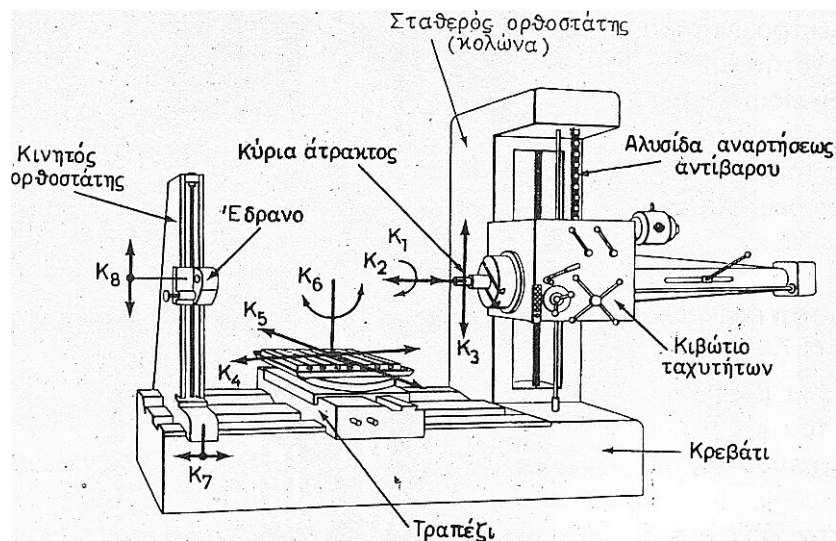
- Τα φρεζοδράπανα με ενσωματωμένο κρεβάτι.
- Φρεζοδράπανα με χωριστό κρεβάτι και ειδικά φρεζοδράπανα, όπως είναι το φρεζοδράπανο με κλινόμενη άτρακτο, σε πολλές κατασκευαστικές παραλλαγές.

α) Φρεζοδράπανα με ενσωματωμένο κρεβάτι (σχήμα 3.17 και 3.18).

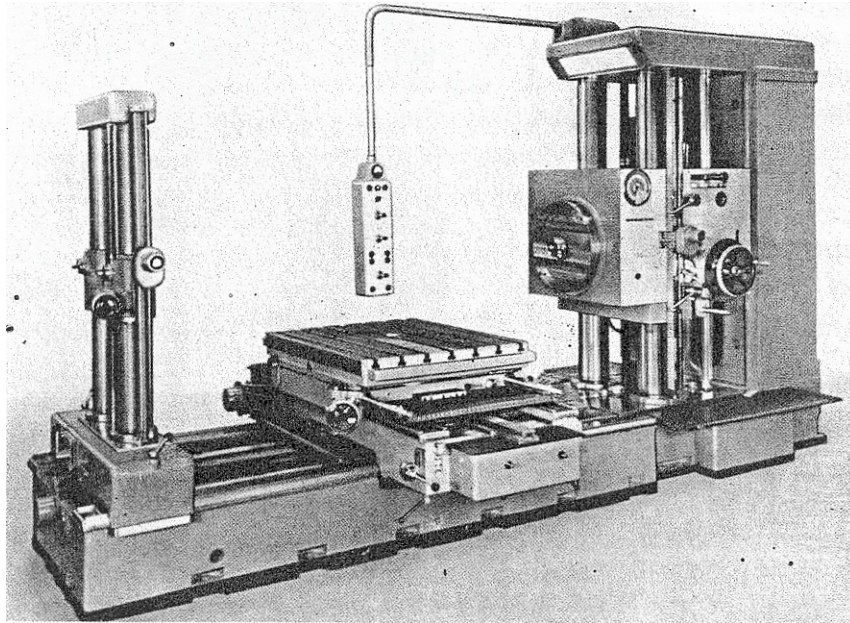
Αποτελεί την τυπική μορφή του φρεζοδράπανου που είναι και η περισσότερο διαδεδομένη για τη μέση και βαριά μηχανουργία, γιατί οι άλλες δύο μορφές χρησιμοποιούνται για τα πολύ μεγάλα και πολύ βαριά κομμάτια.

Το κιβώτιο ταχυτήτων και η κύρια άτρακτος είναι ενσωματωμένα πάνω στον ορθοστάτη, ο οποίος είναι σταθερός στο ένα άκρο του κρεβατιού (δεξιά ή αριστερά).

Επάνω στο κρεβάτι υπάρχει το συγκρότημα του τραπεζιού. Στο απέναντι άκρο του σταθερού ορθοστάτη βρίσκεται μικρός κινητός ορθοστάτης με έδρανο (κουζινέτο), για την υποστήριξη της κύριας άτρακτος όταν αυτή προεκτείνεται σε όλο το μήκος του τραπεζιού.



Σχήμα 3.17 Τυπικό φρεζοδράπανο με ενσωματωμένο κρεβάτι και κινητήριο μηχανισμό στο πλευρό του σταθερού ορθοστάτη.



Σχήμα 3.18 Φρεζοδράπανο με ενσωματωμένο κρεβάτι και κινητήριο μηχανισμό κεντρικά στο μέσο της κολώνας.

Σ' ένα τυπικότερο φρεζοδράπανο (σχήμα 3.17 και 3.18) έχουμε τις εξής κινήσεις.

K_1 = περιστροφική κίνηση της κύριας ατράκτου ή του βασικού κινητήριου πλατώ.

K_2 = οριζόντια κίνηση της κύριας ατράκτου (κίνηση προώσεως).

K_3 = κατακόρυφη κίνηση ολόκληρου του κινητήριου μηχανισμού.

K_4 = κατά μήκος κίνηση του τραπεζιού.

K_5 = εγκάρσια κίνηση του τραπεζιού.

K_6 = περιστροφή του τραπεζιού.

K_7 = οριζόντια μετατόπιση του ορθοστάτη.

K_8 = κατακόρυφη κίνηση του βοηθητικού εδράνου.

Από το κατακόρυφο μέτωπο του κινητήριου μηχανισμού, όπως φαίνεται σε όλα σχεδόν τα σχήματα και τις εικόνες φρεζοδραπάνων που ακολουθούν βγαίνει ένα ισχυρό πλατώ και από το διάτρητο κέντρο του πλατώ ο μεγάλος εργαλειοφόρος άξονας. Το πλατώ αυτό, ανεξάρτητα από την κίνηση της κύριας ατράκτου, γίνεται όταν χρειάζεται και κινητήριο.

Το βάρος του κιβωτίου ταχυτήτων και της ατράκτου ισοσταθμίζεται με τη βοήθεια αντίβαρου που αναρτάται με αλυσίδα στο κοίλο σώμα του ορθοστάτη.

Η κίνηση λαμβάνεται από ηλεκτροκινητήρα που βρίσκεται πάνω στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Όλες οι κινήσεις μεταφοράς που είδαμε παραπάνω είναι και αργές και γρήγορες. Με την κατάλληλη ρύθμισή τους πραγματοποιούνται σαν αργές για προώσεις και κοπή και σαν γρήγορες για μετατοπίσεις στην αρχική ή νέα θέση χωρίς κοπή.

β) Φρεζοδράπανα με χωριστό κρεβάτι και ειδικά φρεζοδράπανα (σχήμα 3.19, 3.20 και 3.21).

Ο ορθοστάτης βρίσκεται σε ένα βοηθητικό κρεβάτι και κινείται κατά μήκος του κρεβατιού αυτού, δηλαδή κάθετα προς την κατεύθυνση της κύριας ατράκτου.

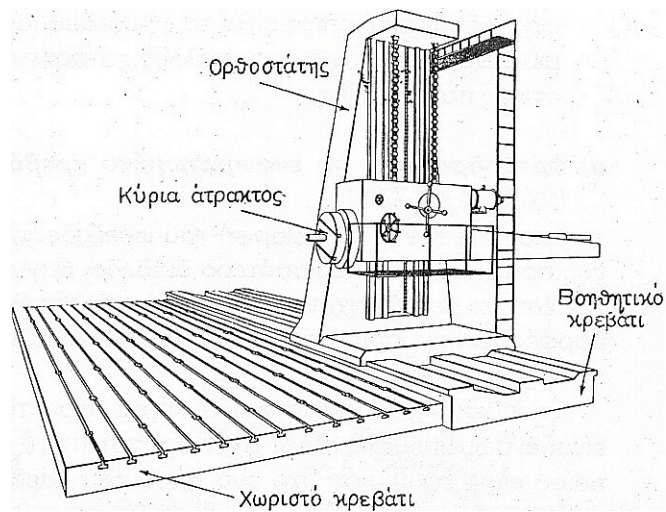
Το κομμάτι δένεται πάνω στο ξεχωριστό κρεβάτι. Συχνά πάνω σ' αυτό

τοποθετείται τραπέζι που μπορεί να κινείται και να περιστρέφεται. Στην περίπτωση αυτή φυσικά η όλη εργαλειομηχανή γίνεται πολύ πιο ευέλικτη αλλά και πιο ακριβή.

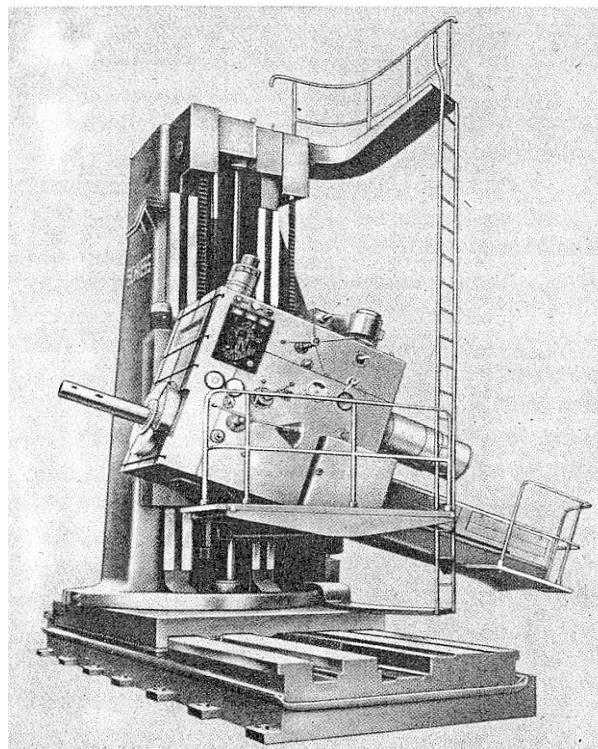
Τα φρεζοδράπανα με χωριστό κρεβάτι χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία πολύ μεγάλων και ειδικής μορφής κομματιών της βαριάς μηχανουργίας, που έχουν περιγραφεί προηγούμενα.

Οι μετακινήσεις και περιστροφές όλων των κινητών τμημάτων των φρεζοδραπάνων που αναφέρθηκαν, γίνονται, κατά τρόπο που είναι δυνατόν να μετριοούνται και να διαβάζονται πάνω σε αριθμημένες κλίμακες και μάλιστα με ακρίβεια.

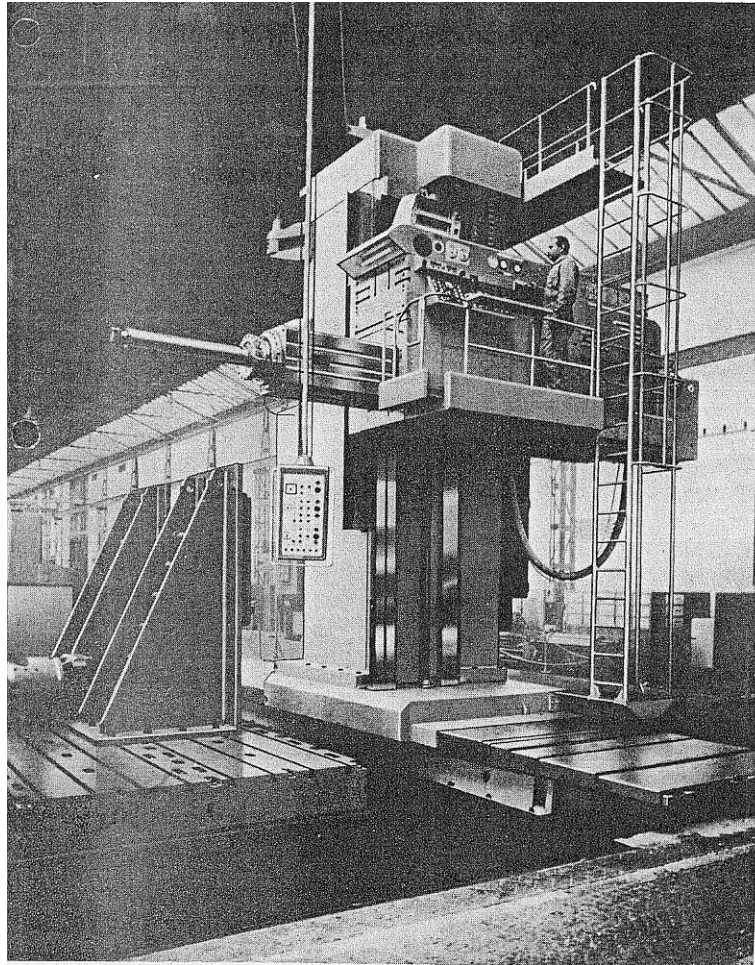
Εικόνες με παραλλαγές στη γενική διαμόρφωση μεγάλων φρεζοδραπάνων με χωριστό κρεβάτι δίδονται στα σχήματα 3.20 και 3.21.



Σχήμα 3.19 Φρεζοδράπανο με χωριστό κρεβάτι.



Σχήμα 3.20 Φρεζοδράπανο με κλινόμενη άτρακτο.



Σχήμα 3.21 Κατεργασία σε φρεζοδράπανο με ξεχωριστό κρεβάτι.

Είδη κατεργασιών που γίνονται στα φρεζοδράπανα.

Οι πολλές δυνατότητες κινήσεων και οι συνδυασμοί των κινήσεων αυτών, κάνουν το φρεζοδράπανο μια μηχανή με εξαιρετικά πολλές δυνατότητες για ποικιλίες κατεργασιών. Στο φρεζοδράπανο έχουμε κατά κανόνα τις εξής ανεξάρτητες κινήσεις ή συνδυασμούς κινήσεων:

α) Κινήσεις περιστροφής

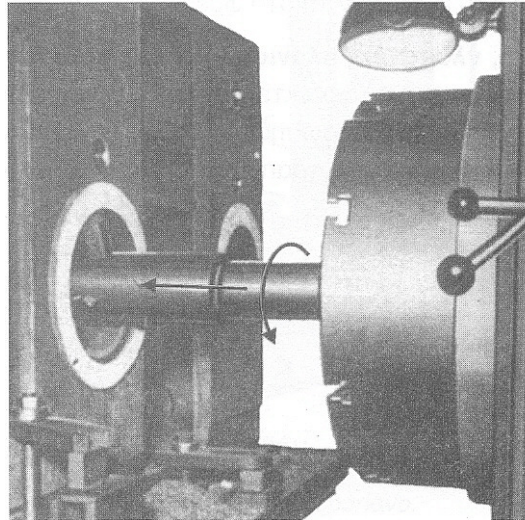
- Κύρια άτρακτος μόνη.
- Πλατώ μόνο του.
- Άτρακτος και πλατώ μαζί και με τις ίδιες στροφές.
- Άτρακτος και πλατώ μαζί με διαφορετικές στροφές.
- Τραπέζι.

β) Αργές κινήσεις για πρόωση:

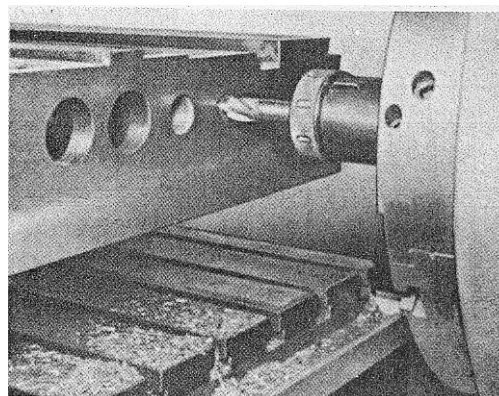
- Κύρια άτρακτος κατά την έννοια του άξονά της.
- Τραπέζι κατά μήκος.
- Τραπέζι εγκάρσια.
- Τραπέζι (συχνά) περιστροφικά.
- Κιβώτιο μηχανισμού μαζί με πλατώ και κύρια άτρακτο κατακόρυφα προς τα πάνω και κάτω.
- Κίνηση πρόωσης κατά την ακτίνα ή αξονικά από κοπτικό εργαλείο με ιδιοσυσκευή

επάνω στο πλατώ (σχήμα 3.30 και 3.40).

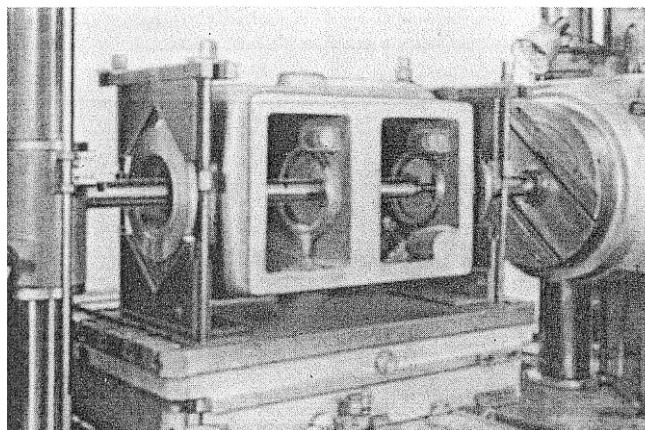
Οι παραπάνω κινήσεις, σε συνδυασμό μεταξύ τους ή και με τη βοήθεια ιδιοσυσκευών, δίνουν τη δυνατότητα πολλών διαφορετικών κατεργασιών που μπορούν να γίνουν ακόμη και ταυτόχρονα σε διαφορετικές θέσεις του κατεργαζόμενου κομματιού. Σχετικά παραδείγματα δίδουν τα σχήματα 3.22, 3.23, 3.24, 3.25 και οι σύντομες επεξηγήσεις που ακολουθούν.



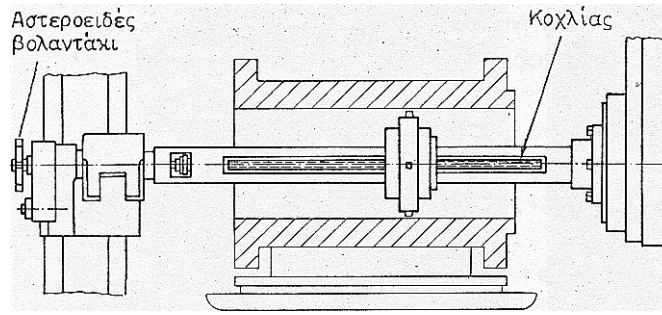
Σχήμα 3.22 Διάνοιξη μεγάλων οπών με τórνευση από την άτρακτο.



Σχήμα 3.23 Διεύρυνση οπών με φρεζάρισμα.

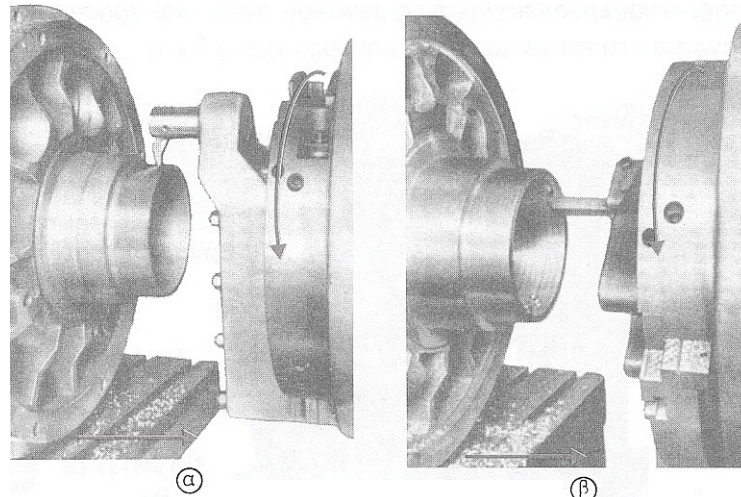


Σχήμα 3.24 Διάνοιξη – τórνευση τριών ομοαξονικών οπών από επιμηκισμένη άτρακτο με στήριξη και σε έδρανο του κινητού ορθοστάτη.

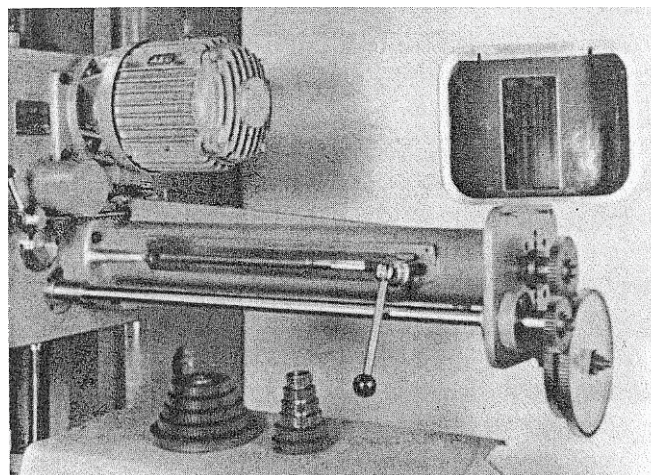


Σχήμα 3.25 Τόρνευση κυλίνδρου εσωτερικά με χρήση και του κινητού εδράνου. Το αστεροειδές βολαντάκι περιστρέφει τον κοχλία της διάτρητης ατράκτου για την ομοιόμορφη πρόωση.

Στο φρεζοδράπανο μπορεί να γίνεται κοπή εξωτερικού και εσωτερικού σπειρώματος. Για το σκοπό αυτό όμως πρέπει να υπάρχει και να χρησιμοποιηθεί ο μηχανισμός μεταδόσεων που θα δώσει τον κατάλληλο βηματισμό στην κύρια άτρακτο ή το τραπέζι για μετρικά ή αγγλικά σπειρώματα (σχήμα 3.26 και 3.27).



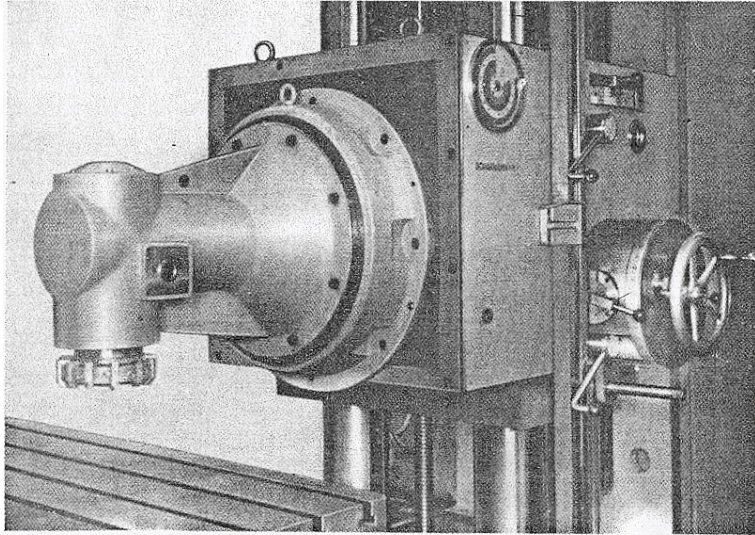
Σχήμα 3.26 Κοπή σπειρώματος στο φρεζοδράπανο. α) Εξωτερικό σπείρωμα. β) Εσωτερικό σπείρωμα.



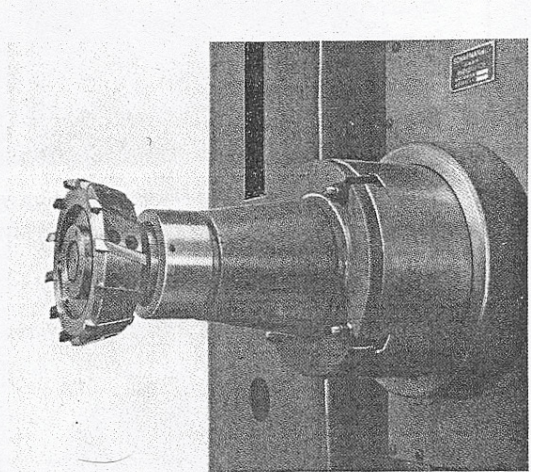
Σχήμα 3.27 Διάταξη μεταδόσεων για το αναγκαίο βήμα για κοπή σπειρώματος σε φρεζοδράπανο.

Ένα πολύ μεγάλο μέρος των κατεργασιών που γίνονται στο φρεζοδράπανο είναι το φρεζάρισμα.

Τα σχήματα 3.28 και 3.29 δείχνουν τον εξοπλισμό και την εκτέλεση των εργασιών αυτών. Λόγω των μεγάλων επιφανειών που φρεζάρονται, ως κοπτικά εργαλεία χρησιμοποιούνται κατά το πλείστον μαχαιροφόρες κεφαλές.

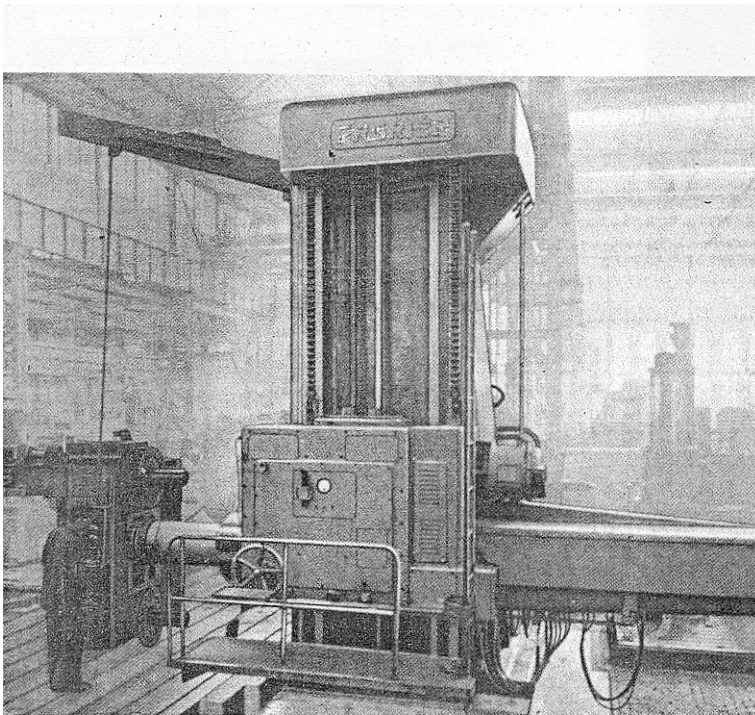


Με προβοσκίδα για κατακόρυφη άτρακτο.

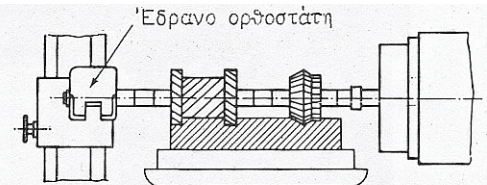


Σε ενισχυμένο έδρανο της οριζόντιας ατράκτου.

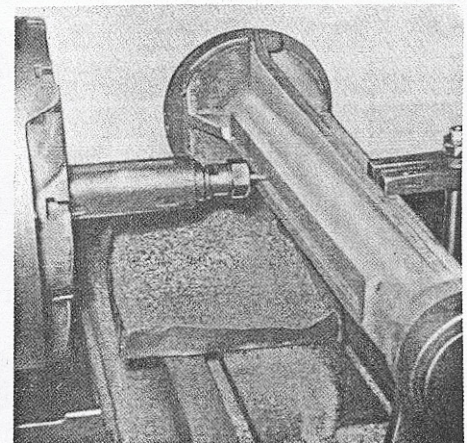
Σχήμα 3.28 Μαχαιροφόρα κεφαλή σε φρεζοδράπανο.



Με μαχαιροφόρα



Με σετ από φρεζοδίσκους

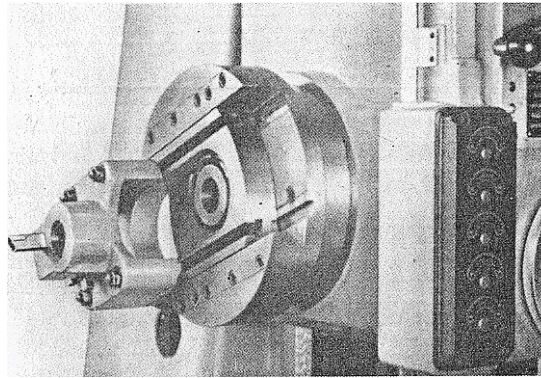


Με κονδύλι

Σχήμα 3.29 Εργασίες φρεζαρίσματος στο φρεζοδράπανο.

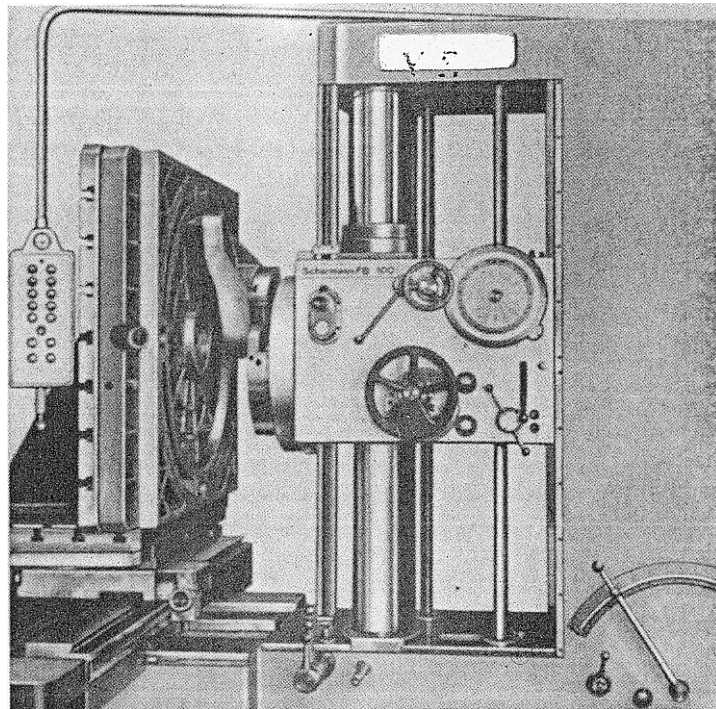
Εκτός από τα παραπάνω είδη κατεργασιών, το κινητήριο πλατώ είναι τις περισσότερες φορές εφοδιασμένο με γλισιέρες, επάνω στις οποίες γλιστράει ακτινικά (εγκάρσια, κάθετα προς την άτρακτο) ένας εργαλειοδέτης που παίρνει αυτόματα

κίνηση προώσεως από τον εσωτερικό μηχανισμό του πλατώ (σχήμα 3.30).

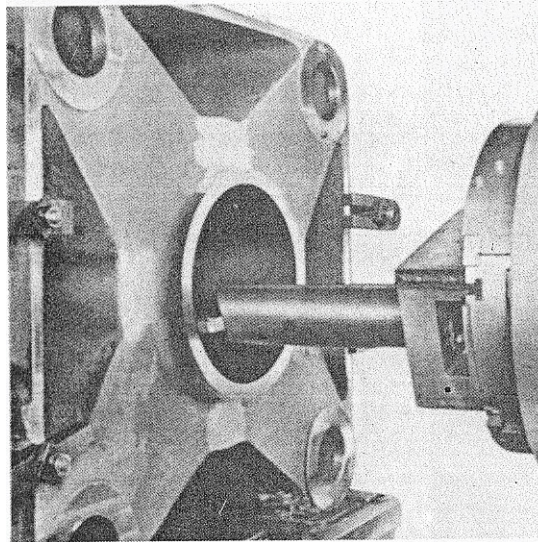


Σχήμα 3.30 Εργαλειοδέτης επάνω στις γλισιέρες του πλατώ για αυτόματη ακτινική κίνηση προώσεως.

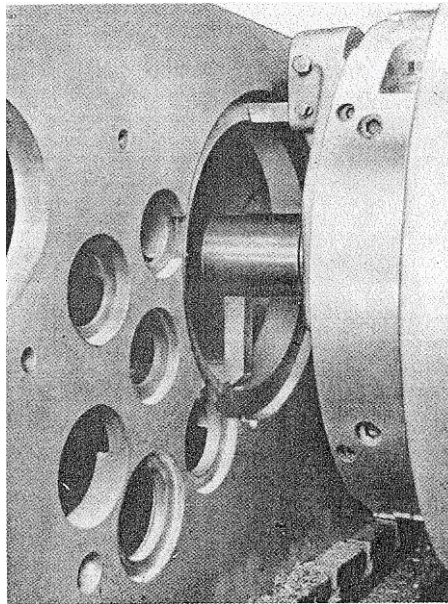
Με τον παραπάνω εξοπλισμό, δηλαδή με εγκάρσια πρόωση του κοπτικού εργαλείου από το πλατώ, μπορεί και γίνεται μια σειρά ακόμη κατεργασιών που φαίνονται στα σχήματα 3.31, 3.32 και 3.33.



Σχήμα 3.31 Τορνευτές προσώπου στην κάτω μεγάλη επιφάνεια ενός τραπεζιού με ακτινική πρόωση του εργαλειοδέτη από το μηχανισμό του πλατώ.



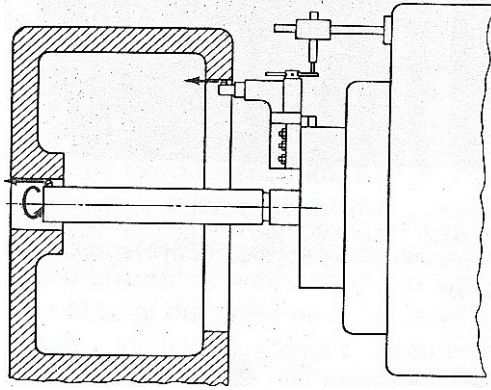
Σχήμα 3.32 Τόρνευση προσώπου με ακτινική κίνηση από το πλατώ και τόρνευση οπής με πρόωση από το τραπέζι.



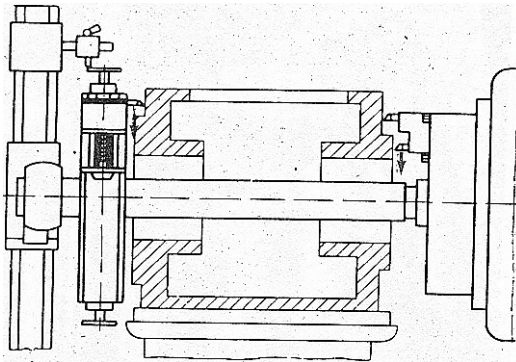
Σχήμα 3.33 Ταυτόχρονη τόρνευση οπής και προσώπου με διαφορετικές στροφές στην άτρακτο και στο πλατώ. Η κατά μήκος πρόωση γίνεται μόνο από την άτρακτο. Η ακτινική (εγκάρσια) πρόωση γίνεται στον εργαλειοδέτη από τον εσωτερικό μηχανισμό του πλατώ.

Επίσης, με τη βοήθεια ιδιοσυσκευών που δίνουν πρόωση στον εργαλειοδέτη γίνεται ακόμη μια μεγάλη ποικιλία κατεργασιών ή και συνδυασμοί για δύο ταυτόχρονα κατεργασίες (σχήματα 3.34 έως 3.37).

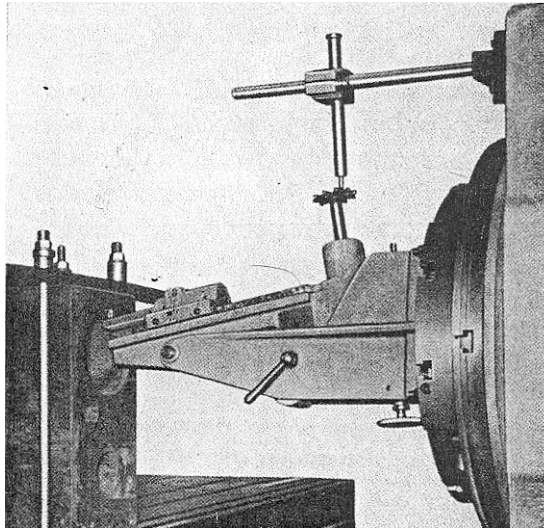
Στην ανάγκη το φρεζοδράπανο μπορεί και «μετατρέπεται» σε τόρνο, όπως φαίνεται στα σχήματα 3.38 και 3.39.



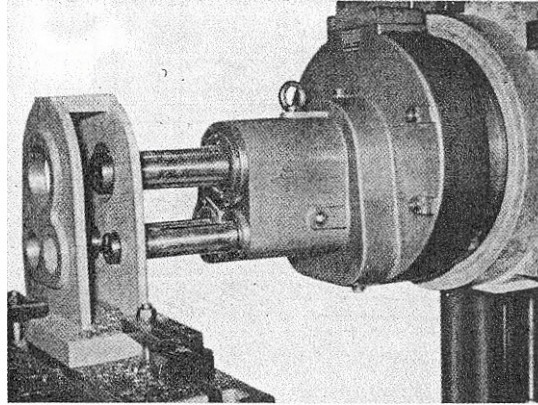
Σχήμα 3.34 Ταυτόχρονη τόνρευση δύο οπών με πολύ διαφορετική διάμετρο. Πρόωση για τη μικρή οπή από την άτρακτο. Πρόωση για τη μεγάλη οπή από την ιδιοσυσκευή του εργαλειοδέτη με το αστεροειδές βολαντάκι και τον προκρουστήρα.



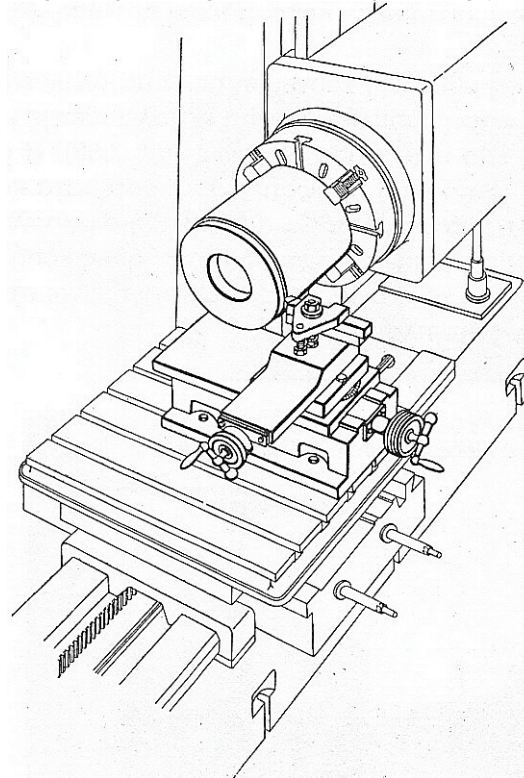
Σχήμα 3.35 Ταυτόχρονη τόνρευση δύο προσώπων. Η μια πρόωση από το πλατώ και η άλλη από ιδιοσυσκευή πρόωσης με αστεροειδές βολαντάκι.



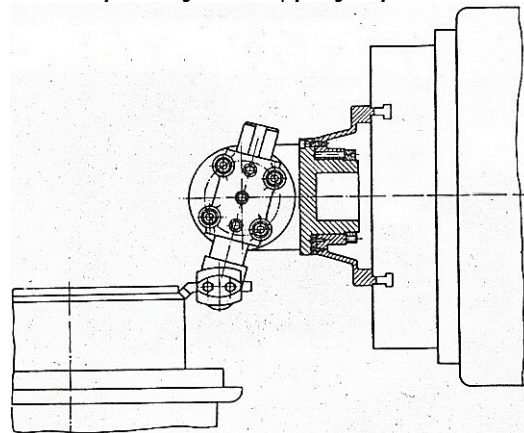
Σχήμα 3.36 Τόνρευση κωνικής οπής με ιδιοσυσκευή για κωνική πρόωση τοποθετημένη επάνω στο πλατώ.



Σχήμα 3.37 Ταυτόχρονη κατεργασία με πολυάτρακτη (3 άξονες) συσκευή που παίρνει κίνηση από την κύρια άτρακτο. Η πρόωση γίνεται από το τραπέζι.



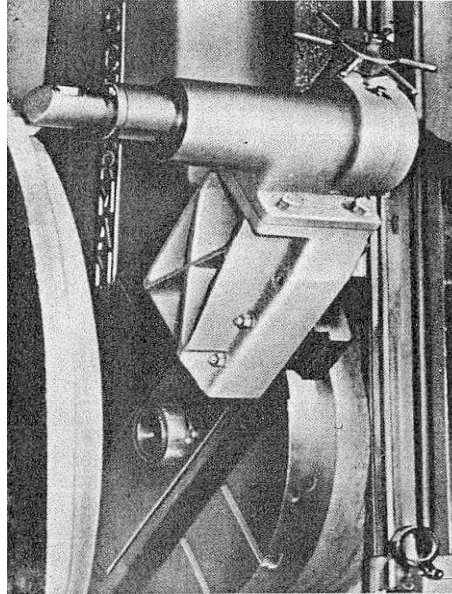
Σχήμα 3.38 Τυπική κατά μήκος τόννευση με τη βοήθεια ενός εργαλειοφορείου επάνω στο τραπέζι του φρεζοδράπανου.



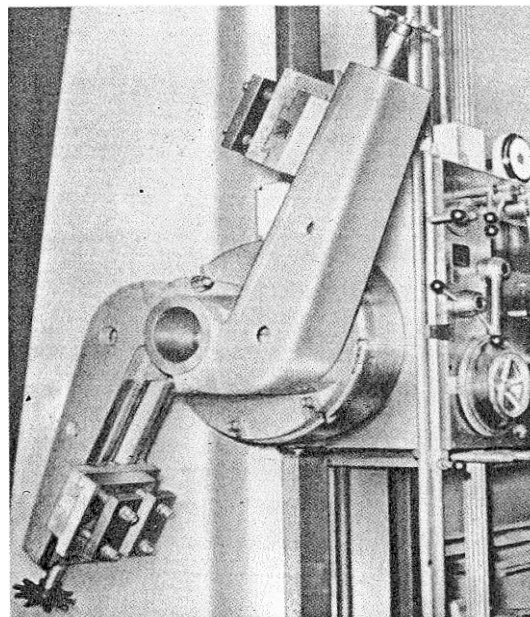
Σχήμα 3.39 Εργασία που θα γινόταν σε κάθετο τόρνο (καρουσέλ) με το κομμάτι επάνω στο τραπέζι του φρεζοδραπάνου και ταχεία περιστροφική κίνηση. Ο εργαλειοδέτης στερεώνεται στο ακίνητο πλατώ. Κατακόρυφη πρόωση από το συγκρότημα του κιβωτίου ταχυτήτων.

Όταν το φρεζοδράπανο είναι με χωριστό κρεβάτι και δεν υπάρχει τραπέζι για κατά μήκος πρόωση (σχήμα 3.19 και 3.21), μερικές ανάγκες τορνεύσεως αντιμετωπίζονται από εργαλειοδέτη με δική του αυτόματη κατά μήκος πρόωση (σχήμα 3.40).

Για τη μετωπική τόνρευση πολύ μεγάλων επιφανειών χρησιμοποιείται ένας εργαλειοδέτης με έναν ή δύο ισχυρούς βραχίονες (σχήμα 3.41). Η ακτινική (εγκάρσια) πρόωση γίνεται αυτόματα κατά την περιστροφή με τα αστεροειδή σφοντυλάκια. Η κατά μήκος πρόωση (για το βάθος κοπής) γίνεται από το τραπέζι. Η όλη συσκευή είναι στερεωμένη στο πλατώ.



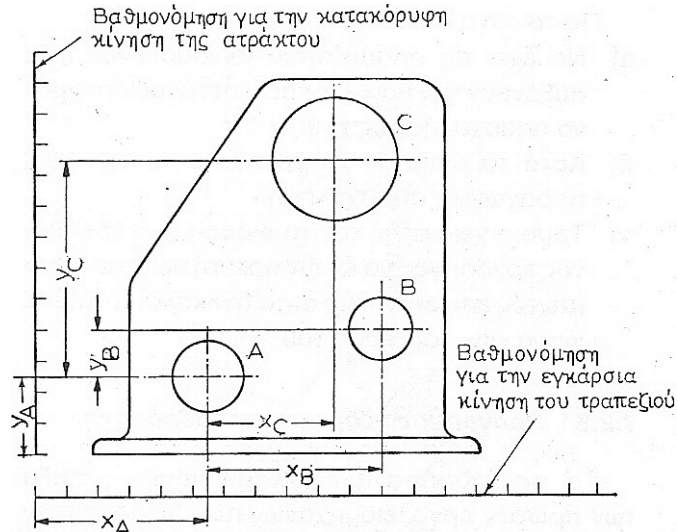
Σχήμα 3.40 Κατά μήκος τόνρευση με αξονική αυτόματη πρόωση από τον ειδικό εργαλειοδέτη στερεωμένο επάνω στο πλατώ.



Σχήμα 3.41 Εργαλειοδέτης για μετωπική τόνρευση μεγάλων επιφανειών.

Κατεργασία με μετατοπίσεις σε συντεταγμένες.

Μια σημαντική ευκολία στο φρεζοδράπανο είναι ότι ορισμένες κατεργασίες, όπως π.χ. η διάνοιξη οπών στις δύο απέναντι πλευρές ενός κιβωτίου, μπορεί να γίνει με οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις, αντίστοιχα, του τραπεζιού (μαζί με το κομμάτι) και της ατράκτου (με το κοπτικό εργαλείο) σε συντεταγμένες (σχήμα 3.42).



Σχήμα 3.42 Διάτρηση οπών με μετατόπιση του κοπτικού εργαλείου με ορθογώνιες συντεταγμένες.

Για το σκοπό αυτό ο φορέας του τραπεζιού, το κρεβάτι και ο ορθοστάτης έχουν βαθμονομημένες κλίμακες ακριβείας, αντίστοιχα για την εγκάρσια και κατά μήκος κίνηση του τραπεζιού και για την κατακόρυφη μετατόπιση της ατράκτου. Η ανάγνωση στις κλίμακες γίνεται κατά κανόνα με το οπτικό σύστημα με φωτισμό και μεγεθυντικό φακό, και η ακρίβεια για τη μετατόπιση και ανάγνωση μπορεί να φθάσει από $\pm 0,1$ mm μέχρι και $\pm 0,01$ mm. Με τη μέθοδο αυτή, αντί να χρησιμοποιηθούν ιδιοσυσκευές και μεγάλου μήκους εργαλειοφόροι άξονες, περαστοί στις οπές των δύο απέναντι πλευρών, μπορεί να χρησιμοποιηθούν μικρού μήκους άξονες - πρόβολοι για να торνευθούν όλες οι οπές της μιας πλευράς. Κατόπιν το κομμάτι μαζί με το τραπέζι, όπου είναι δεμένο, στρέφεται κατά 180° και μετατοπίζεται οριζόντια καταλλήλως (και καθ' ύψος) για να γίνει η κατεργασία και των οπών της δεύτερης απέναντι πλευράς.

Η πράξη έδειξε ότι η εργασία με συντεταγμένες και χρήση μικρών εργαλειοφόρων αξόνων, που εργάζονται ως πρόβολοι στο άκρο της κύριας ατράκτου, εξοικονομεί χρόνο που κοστίζει πάντα πολύ σ' ένα φρεζοδράπανο και αποδίδει μεγαλύτερη ακρίβεια διαστάσεων. Εξάλλου είναι φανερό ότι έτσι, δηλαδή χωρίς το μακρύ περαστό άξονα, η εποπτεία της κοπής και η μέτρηση των διαμέτρων των οπών, που τώρα δεν τις διαπερνά κανένας άξονας, είναι ευκολότερη.

Το προσωπικό τεχνιτών στο φρεζοδράπανο.

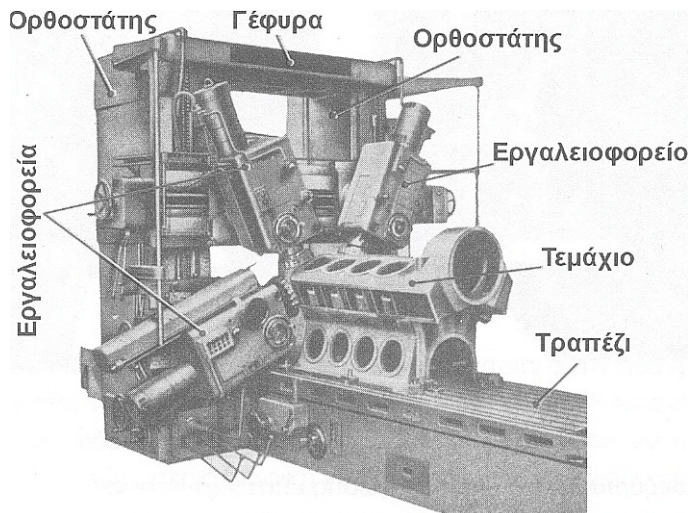
Μετά από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι το φρεζοδράπανο είναι πολύ αξιόλογο μηχάνημα με πολλές δυνατότητες αλλά και πολύ μεγάλο κόστος. Κατά συνέπεια, επιβαρύνει τη δουλειά που κάνει καθώς και την επιχείρηση με πολλά γενικά έξοδα.

Για το λόγο αυτό πρέπει:

- α) Να έχει τις απαραίτητες ιδιοσυσκευές που αυξάνουν την ποικιλία και ελαττώνουν το χρόνο απασχολήσεώς του.
- β) Κατά το δυνατόν να βρίσκεται συνεχώς σε παραγωγική απασχόληση.
- γ) Τόσο ο χειριστής τεχνίτης όσο και ο υπεύθυνος εργοδηγός να έχουν αρκετή πείρα και προ παντός επινοητικότητα για την καλύτερη κάθε φορά εκμετάλλευσή του.

3.3 ΦΡΕΖΟΠΛΑΝΕΣ

Οι φρεζοπλάνες είναι εργαλειομηχανές, που συνδυάζουν την πλάνη, γιατί έχουν μακρύ κινητό τραπέζι, και τη φρέζα, γιατί πάνω από το τραπέζι υπάρχουν φορεία με φρεζοκεφαλές με τους κοπτήρες τους. Είναι μηχανήματα μεγάλου μεγέθους με μεγάλο φυσικά κόστος αγοράς, αλλά έχουν πολύ μεγάλη απόδοση (σχήμα 3.43).



Σχήμα 3.43 Φρεζοπλάνη.

Τα βασικά μέρη μιας φρεζοπλάνης είναι τα εξής:

- 1) Ένα μακρύ τραπέζι που βρίσκεται πάνω στο σταθερό σώμα της μηχανής.
- 2) Ένας ή συνηθέστερα δύο ορθοστάτες.
- 3) Ο ζυγός ή γέφυρα που συνδέει τους δύο ορθοστάτες.

Οι ορθοστάτες και η γέφυρα φέρουν ολόκληρα συγκροτήματα κιβωτίων ταχυτήτων με άτρακτο, επάνω στην οποία συγκρατούνται τα κοπτικά εργαλεία που τις περισσότερες φορές είναι μαχαιροφόρες κεφαλές.

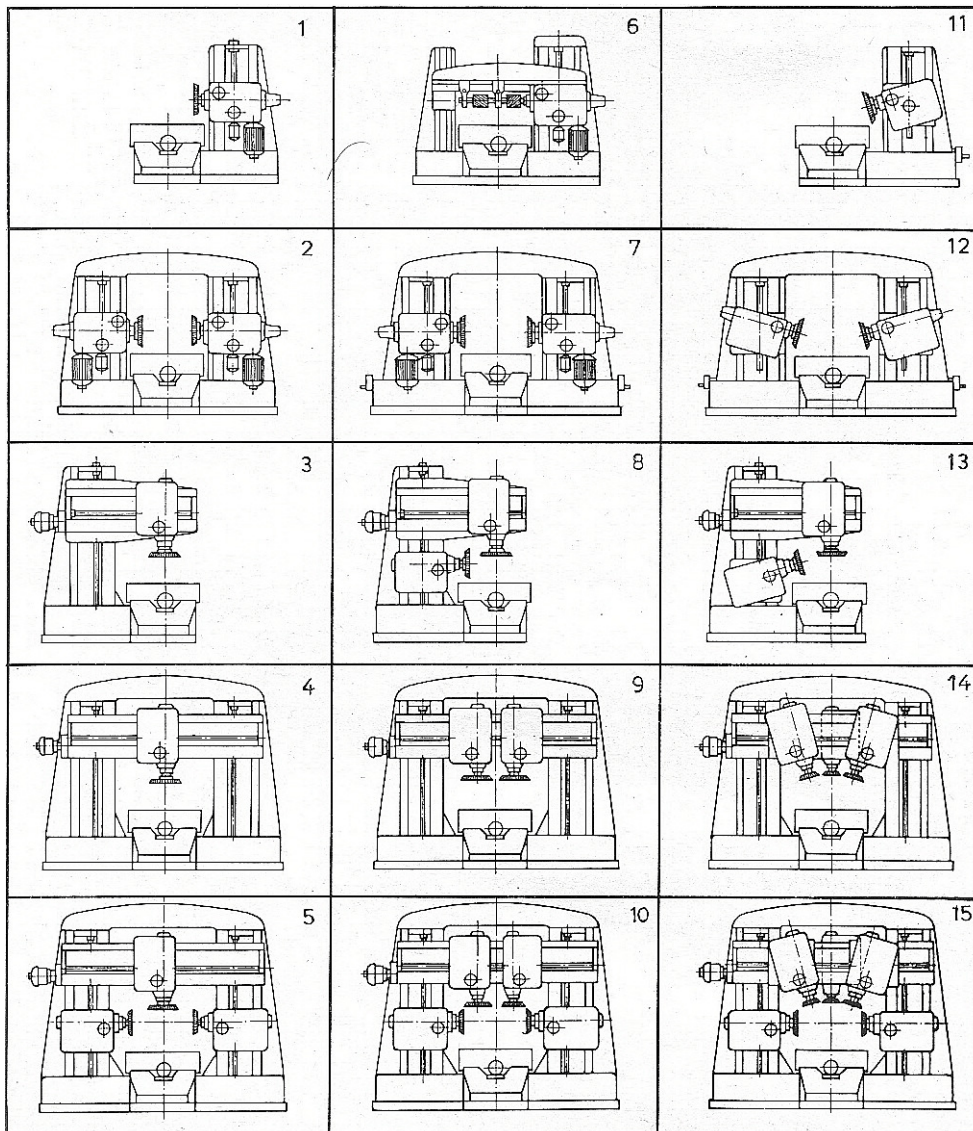
Φυσικά η κίνηση του τραπεζιού γίνεται με πολύ μικρή ταχύτητα γιατί είναι κίνηση προώσεως.

Προορίζονται για μεγάλη παραγωγή κομματιών με μεγάλο μήκος ή και κομματιών με μικρό μήκος τα οποία όμως πρέπει να δένονται στη σειρά το ένα πίσω από το άλλο επάνω στο τραπέζι της μηχανής και να φρεζάζονται όλα μαζί.

Τέλος οι φρεζοπλάνες μπορούν να χρησιμοποιούν μέχρι και πέντε κοπτικά εργαλεία ταυτόχρονα, π.χ. 5 μαχαιροφόρες κεφαλές.

Μια επιπλέον ευκολία στην εκμετάλλευσή τους είναι το ότι μπορούν οι κεφαλές, εκτός από οριζόντια και κατακόρυφα, να εργάζονται με διάφορες κλίσεις. Στο σχήμα 3.44 φαίνονται όλες οι δυνατές μορφές που μπορεί να έχει μια φρεζοπλάνη σε

συνδυασμό με το πλήθος των φρεζοκεφαλών (από μια μέχρι πέντε) και τη δυνατότητα χρησιμοποίησής τους.



Σχήμα 3.44 Οι δυνατές βασικές μορφές με τις οποίες κατασκευάζονται οι φρεζοπλάνες.

Για τις παραλλαγές στις φρεζοπλάνες του σχήματος 3.44 δίδονται οι παρακάτω εξηγήσεις για την περίπτωση 15 που καλύπτουν εν όλω ή εν μέρει όλες τις άλλες περιπτώσεις 1 ... 14.

- Έχουν ως επί το πλείστον δύο ορθοστάτες.
 - Οι ορθοστάτες στο άνω μέρος συνδέονται σταθερά με οριζόντια στιβαρή δοκό και έτσι δημιουργείται ένας άκαμπτος πυλώνας.
 - Ο ζυγός ή γέφυρα κινείται κατακόρυφα πάνω σε γλισιέρες που έχουν οι ορθοστάτες και σταθεροποιείται στην επιθυμητή θέση.
- Επάνω στο ζυγό υπάρχουν δύο ή τρία αυτοτελή και ανεξάρτητα εργαλειοφορεία που μπορεί να μετατοπίζονται οριζόντια κατά μήκος του ζυγού.
- Σε κάθε ορθοστάτη υπάρχει και ένα εργαλειοφορείο που μπορεί να μετατοπίζεται κατακόρυφα.
 - Όλα τα εργαλειοφορεία μπορεί να παίρνουν κλίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΛΑΝΗ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η πλάνη είναι εργαλειομηχανή κοπής με την οποία γίνεται κατεργασία για τη δημιουργία επίπεδων και πρισματικών επιφανειών. Η κατεργασία αυτή λέγεται πλάνισμα.

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.

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 μια φρεζομηχανή] και από το άλλο στο χαμηλό της ρυθμό αφαιρέσεως υλικού, που αποτελεί βασικό μειονέκτημα για αποδοτική εργασία σε μεγάλες παρτίδες κομματιών.

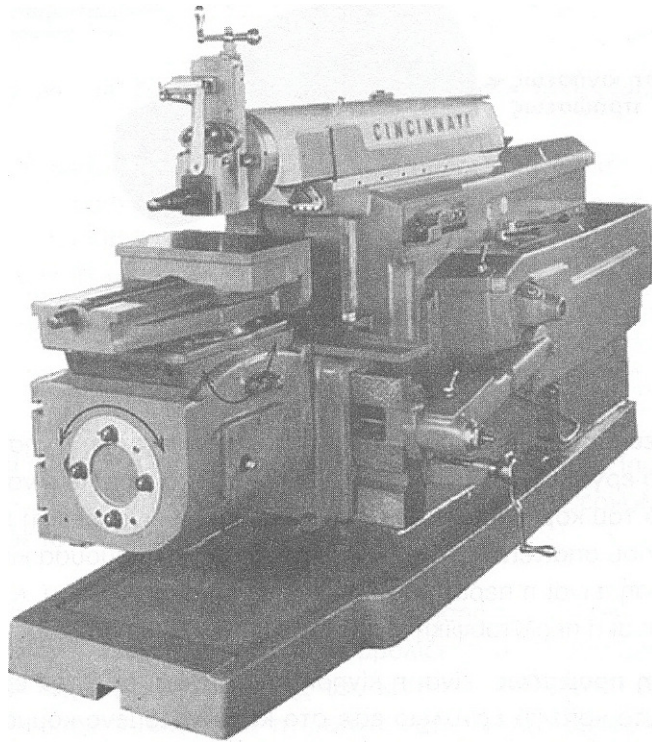
Με το πλάνισμα κατεργαζόμαστε κομμάτια χαλύβδινα (η σκληρότητά τους μπορεί να φθάσει και μέχρι τα 400 Brinell περίπου), χυτοσιδηρά, από μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα, όπως και κομμάτια από ορισμένα πλαστικά.

Ανάλογα με τον τρόπο κινήσεώς τους, οι πλάνες διακρίνονται σε:

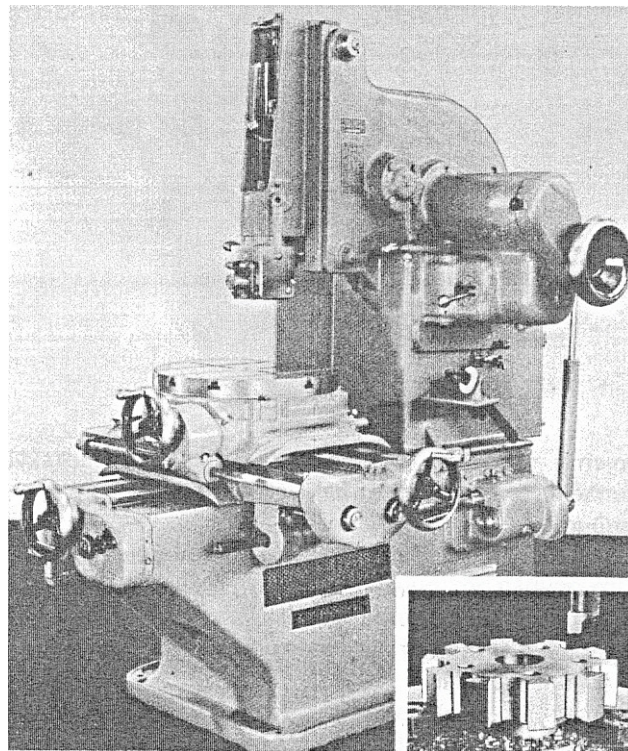
- Μηχανικές και
- υδραυλικές.

Ανάλογα με το είδος της εργασίας που κάνουν, το μέγεθος και την κατασκευαστική διαμόρφωσή τους, διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

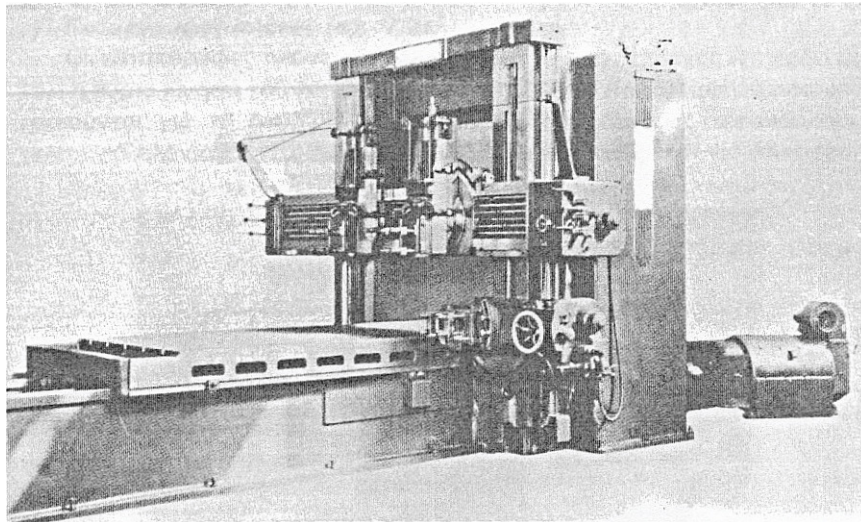
- Βραχείες πλάνες (ή ταχυπλάνες) οριζόντιες ή κατακόρυφες σχήμα 4.1,4.2.
- Τραπεζοπλάνες ή γεφυροπλάνες (με δύο ορθοστάτες και γέφυρα ή με έναν ορθοστάτη και πρόβολο σχήμα 4.3,4.4.



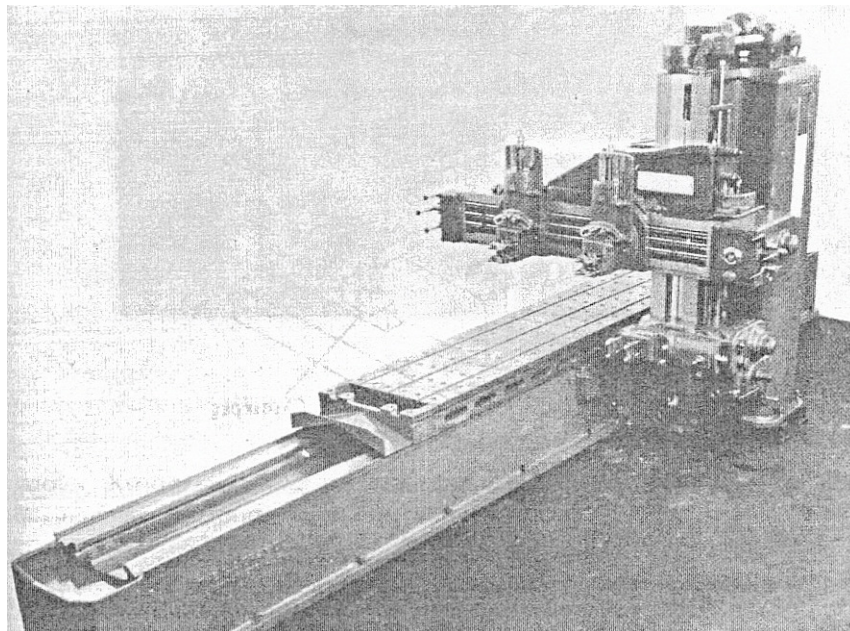
Σχήμα 4.1 Οριζόντια βραχεία πλάνη.



Σχήμα 4.2 Κατακόρυφη βραχεία πλάνη.



Σχήμα 4.3 Τραπεζοπλάνη με δυο ορθοστάτες και γέφυρα.



Σχήμα 4.4 Τραπεζοπλάνη με ένα ορθοστάτη και πρόβολο (ανοιχτής πλευράς).

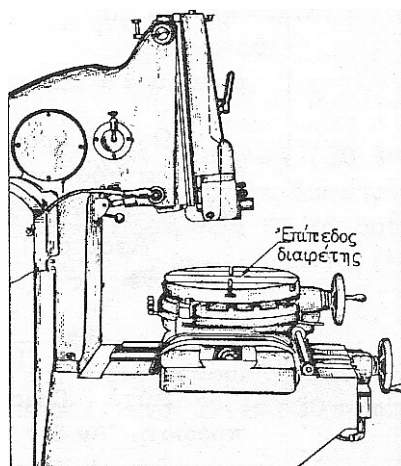
Η πλάνη, που συναντούμε περισσότερο στα συνήθη μηχανουργεία, είναι η οριζόντια βραχεία με κινούμενο εργαλείο.

Σε μεγάλα εργοστάσια χρησιμοποιούνται οι πλάνες, στις οποίες παλινδρομεί το κομμάτι, όπως οι τραπεζοπλάνες ή γεφυροπλάνες, που είναι μηχανήματα βαριά και χρησιμοποιούνται για πλανίσματα μεγάλου μήκους.

Τις οριζόντιες βραχείες πλάνες τις χρησιμοποιούμε κυρίως, για να πλανίζουμε οριζόντιες, κατακόρυφες και κεκλιμένες επιφάνειες, καθώς επίσης και σφηνοδρόμους, χελιδονοουρές, αυλάκια σχήματος Τ(ταυ) κ.λ.π.

Τις κατακόρυφες βραχείες πλάνες τις χρησιμοποιούμε για να κάνουμε σφηνοδρόμους σε τρύπες γραναζιών και τροχαλιών, εσωτερικά πολύσφηνα, πλάνισμα τρυπών διαφόρων σχημάτων κ.λ.π.

Όταν θέλουμε να διαιρέσουμε τα κομμάτια σε ίσα μέρη, όπως τα πολύσφηνα που προαναφέραμε, μας βοηθάει πολύ ο λεγόμενος επίπεδος διαιρέτης (σχήμα 4.5). Για τον διαιρέτη γενικά έχουμε αναφερθεί στην παράγραφο 2.6.

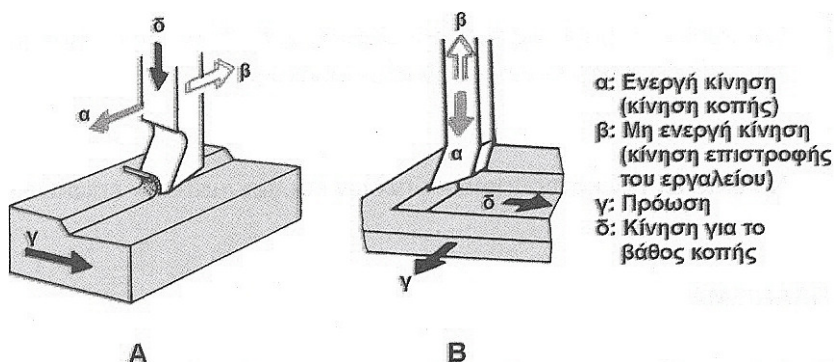


Σχήμα 4.5 Κατακόρυφη βραχεία πλάνη με επίπεδο διαίρετη.

Ανάλογα με το είδος της πλάνης διακρίνουμε το πλάνισμα σε πλάνισμα σε βραχεία πλάνη (ή ταχυπλάνη) και σε πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη (ή γεφυροπλάνη). Το πλάνισμα σε βραχεία πλάνη πάλι εκτελείται τόσο σε οριζόντια βραχεία πλάνη όσο και σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη.

Πλάνισμα σε βραχεία πλάνη (σχήμα 4.6).

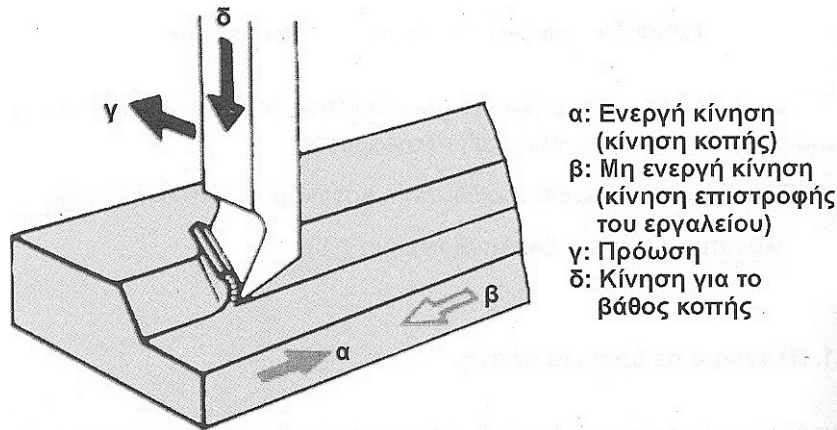
Το κοπτικό εργαλείο εκτελεί ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση (μπροστά-πίσω). Η κίνησή του προς τα εμπρός είναι η ενεργός κίνηση κοπής, ενώ με τη κίνησή του προς τα πίσω δεν αφαιρεί υλικό, αλλά επιστρέφει στην αρχική του θέση. Οι δύο αυτές κινήσεις του κοπτικού εργαλείου αποτελούν και τον κύκλο εργασίας. Η πρόωση του τεμαχίου είναι κάθετη στην κατεύθυνση του κοπτικού εργαλείου και διακοπτόμενη (ένα βήμα για κάθε κύκλο εργασίας), όχι συνεχής όπως, π.χ., στην τόννευση.



Σχήμα 4.6 Κινηματική του πλάνισματος σε βραχεία οριζόντια πλάνη (Α), σε βραχεία κατακόρυφη πλάνη (Β).

Στην κατακόρυφη βραχεία πλάνη, το κοπτικό εργαλείο εκτελεί παλινδρομική κίνηση επάνω-κάτω. Η ενεργός κίνηση κοπής, που αφαιρείται υλικό από το τεμάχιο, είναι η κίνηση προς τα κάτω. Η διακοπτόμενη κίνηση πρόωσης του τεμαχίου είναι, όπως και στην οριζόντια βραχεία πλάνη, στο οριζόντιο επίπεδο.

Πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη (σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7 Κινηματική του πλανίσματος σε τραπεζοπλάνη.

Η βασική διαφορά του πλανίσματος σε τραπεζοπλάνη με το πλάνισμα σε βραχεία πλάνη είναι ότι η κύρια παλινδρομική κίνηση κοπής δίδεται από το κατεργαζόμενο τεμάχιο, δηλ. από την τράπεζα της πλάνης και όχι από το κοπτικό εργαλείο, όπως συμβαίνει στη βραχεία πλάνη. Η πρόωση του κοπτικού εργαλείου είναι διακοπτόμενη (ένα βήμα για κάθε κύκλο εργασίας) και κάθετη στην κίνηση του τεμαχίου (μπροστά-πίσω). Η προς τα πίσω κίνηση του τεμαχίου είναι η ενεργός κίνηση κοπής, που αφαιρείται υλικό από το τεμάχιο.

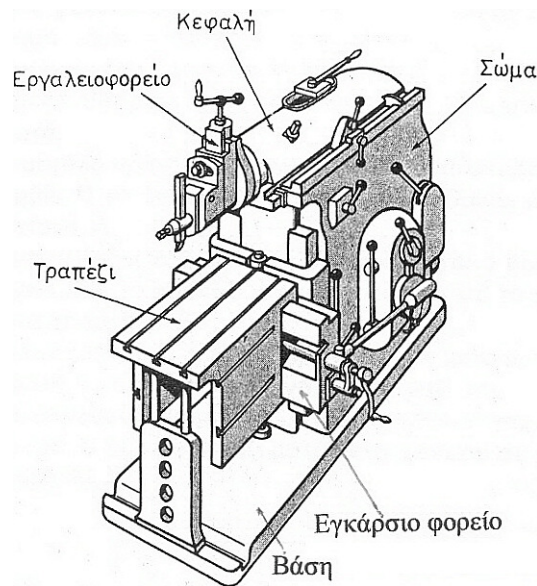
4.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΛΑΝΗΣ

Οριζόντια βραχεία πλάνη (ταχυπλάνη).

Προορίζεται για πλάνισμα μικρών κομματιών και είναι μια σχετικά απλή εργαλειομηχανή, είναι η πλέον συνηθισμένη πλάνη που υπάρχει στα μηχανουργεία.

Στην οριζόντια βραχεία πλάνη μορφοποιούμε οριζόντιες, κατακόρυφες και υπό κλίση επιφάνειες ή συνδυασμούς τέτοιων επιφανειών (κομμάτια πρισματικής μορφής,) 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.

Τα βασικά της μέρη φαίνονται στο σχήμα 4.8.



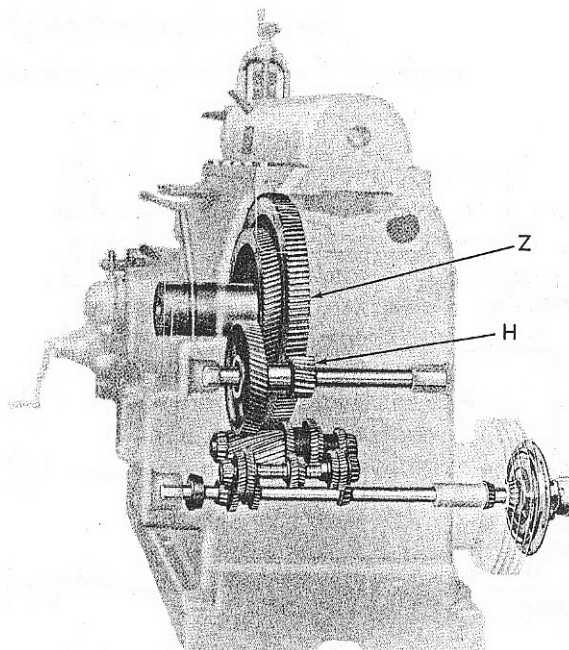
Σχήμα 4.8 Οριζόντια βραχεία πλάνη.

α) Το σώμα (σχήμα 4.9).

Το σώμα της πλάνης κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο. Μέσα σ' αυτό τοποθετείται ο μηχανισμός ταχυτήτων της κύριας κινήσεως και το σύστημα της μετατροπής της σε ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση, καθώς και ο μηχανισμός των προώσεων.

Στο σώμα υπάρχει επίσης ένας συμπλέκτης τριβής, τοποθετημένος στον πρώτο άξονα, ο οποίος παίρνει κίνηση από τον ηλεκτροκινητήρα και τη δίνει στο κιβώτιο ταχυτήτων. Χρησιμεύει για να θέτει σε κίνηση ή να σταματά την πλάνη. Ο συμπλέκτης αυτός είναι διπλός, ώστε να κάνει χρέη και φρένου της πλάνης χωρίς να σταματήσει ο ηλεκτροκινητήρας.

Στο κάτω μέρος του σώματος υπάρχει βάση με τρύπες, για τους κοχλίες αγκυρώσεως.



Σχήμα 4.9 Μηχανισμός κινήσεως οριζόντιας ταχυπλάνης.

β) Ο μηχανισμός ταχυτήτων και προώσεων.

Βρίσκεται τοποθετημένος μέσα στο σώμα της πλάνης, οι ταχυπλάνες έχουν 6-8 ταχύτητες.

Με κατάλληλους συνδυασμούς των μεταδόσεων των οδοντοτροχών ο τελικός κινητήριος τροχός Η (σχήμα 4.9) μπορεί και παίρνει από τις λιγότερες μέχρι τις περισσότερες στροφές στο λεπτό. Με αυτόν, αλλά και με τη βοήθεια του μηχανισμού μετατροπής της κινήσεως σε ευθύγραμμη, επιτυγχάνονται βραδύτερες ή ταχύτερες παλινδρομικές κινήσεις της κεφαλής.

Ο αριθμός παλινδρομήσεων στις μηχανικές ταχυπλάνες κυμαίνεται από 10 μέχρι 120 στο λεπτό. Οι παλινδρομήσεις αυτές κλιμακώνονται σε 6 ή 8 βαθμίδες ταχυτήτων, όπως π.χ. 20 - 28 - 40 - 56 - 80 - 112.

γ) Κεφαλή.

Στο εμπρόσθιο μέρος της φέρει το εργαλειοφορείο. Ολισθαίνει παλινδρομικά μέσα σε οδηγούς-γλισιέρες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του σώματος της πλάνης (σχήμα 4.8).

δ) Μηχανισμός μετατροπής της κινήσεως (μηχανισμός ταλαντωτή).

Ο μηχανισμός αυτός (σχήμα 4.10) αποτελείται:

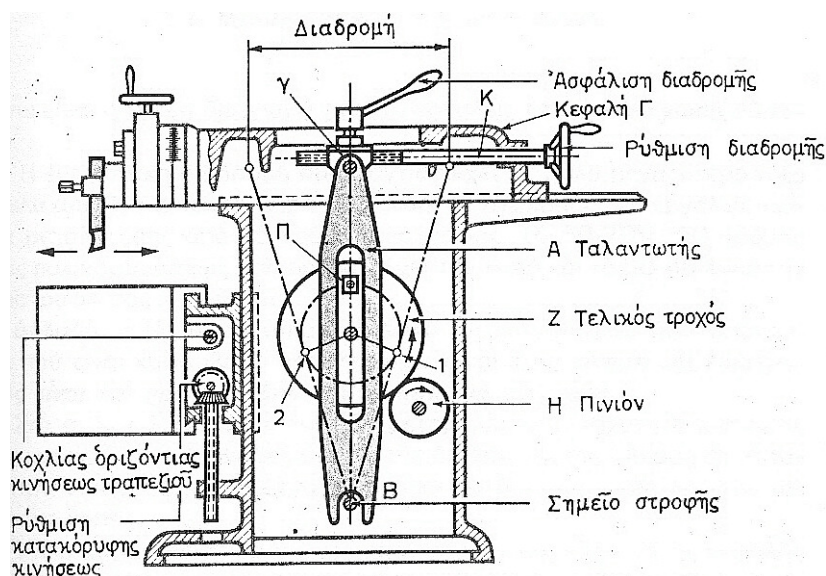
α) Από το βραχίονα (ταλαντωτή) Α. Ο ταλαντωτής στο κάτω άκρο του στηρίζεται ελεύθερα στο σταθερό σημείο Β, ενώ στο επάνω συνδέεται αρθρωτά.

β) Από το μεγάλο γρανάζι Ζ. Πάνω σ' αυτό είναι στερεωμένο το ορθογωνικό κομβίο Π το οποίο σαν «πλινθίο» ολισθαίνει μέσα στη σχισμή του βραχίονα Α.

Όταν περιστρέφεται το γρανάζι Ζ, ταλαντεύεται ο βραχίονας Α, επειδή ταυτόχρονα με το γρανάζι Ζ περιστρέφεται και το κομβίο Π που αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του.

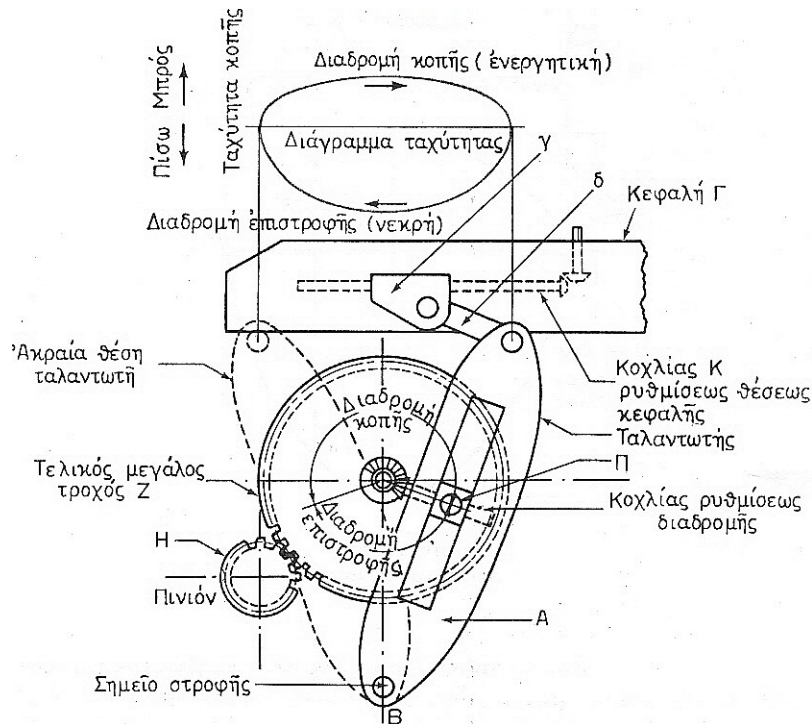
Με την ταλάντωσή του όμως ο βραχίονας Α μεταδίδει την κίνησή του στην κεφαλή Γ, αφού είναι συνδεδεμένος μαζί της.

Έτσι η περιστροφική κίνηση, που από το κιβώτιο ταχυτήτων καταλήγει στο γρανάζι Ζ, με το γρανάζι αυτό μετατρέπεται σε παλινδρομική κίνηση της κεφαλής Γ.



Σχήμα 4.10 Μηχανισμός ταλαντωτή.

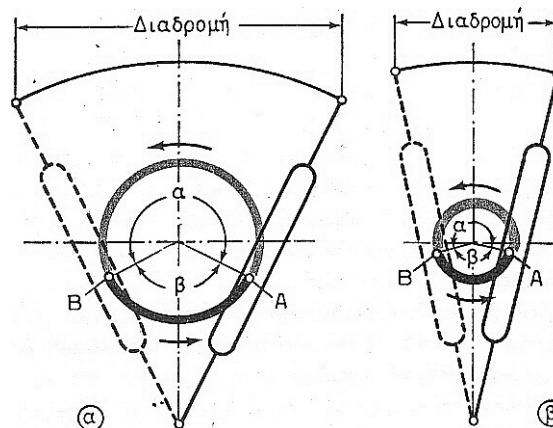
Στο σχήμα 4.11 φαίνεται μια παραλλαγή του μηχανισμού του ταλαντωτή στον οποίο ο βραχίονας A αρθρώνεται στο κάτω σημείο περιστροφής B (αντί να ολισθαίνει) και συνδέεται αρθρωτά με την κεφαλή Γ με ένα συνδετικό κομμάτι «δ».



Σχήμα 4.11 Μηχανισμός του ταλαντωτή.

Ρύθμιση της διαδρομής της κεφαλής.

Όπως φαίνεται και από το σχήμα 4.11, όσο περισσότερο απέχει το κομβίο Π από το κέντρο O του τροχού Z, τόσο μεγαλύτερη γίνεται η διαδρομή της κεφαλής Γ και επομένως και η διαδρομή του εργαλείου κοπής. Αντίθετα, όσο το κομβίο πλησιάζει προς το κέντρο, τόσο μικραίνει η διαδρομή κοπής (σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.12 α) Μεγάλη διαδρομή. β) Μικρή διαδρομή.

Το κομβίο Π μετατοπίζεται με τη βοήθεια κοχλίας K που κινείται με μηχανισμό από την έξω πλευρά της πλάνης.

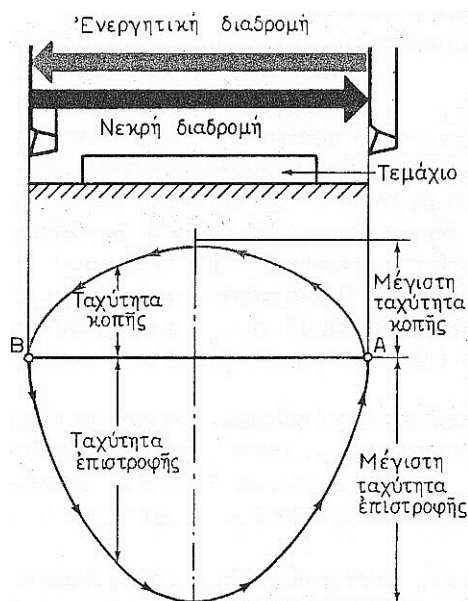
Στο σχήμα 4.10 τα βέλη δείχνουν τη φορά περιστροφής του γραναζιού Z και του κομβίου Π.

Όταν το κομβίο φύγει από τη θέση 1 και φθάσει στη θέση 2, η κεφαλή Γ προχωρεί προς τα εμπρός, όταν στη συνέχεια γυρίσει από τη θέση 2 στη θέση 1, η κεφαλή επιστρέφει. Η προς τα εμπρός κίνηση της κεφαλής επάνω στην οποία στερεώνεται το εργαλείο, είναι η ενεργητική διαδρομή, γιατί τότε μόνο κόβει το εργαλείο. Η κίνηση προς τα πίσω είναι η νεκρή διαδρομή γιατί το εργαλείο επιστρέφει χωρίς να κόβει.

Η ενεργητική διαδρομή όμως αντιστοιχεί σε πολύ μεγαλύτερο τόξο κύκλου από ό,τι η νεκρή. Άρα και ο χρόνος της κοπής του εργαλείου είναι μεγαλύτερος από το χρόνο επιστροφής. Το 60-70% του χρόνου μιας παλινδρομήσεως προσφέρεται για την κοπή και το 30-40% για την επιστροφή του εργαλείου.

Δηλαδή το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του μηχανισμού του ταλαντωτή, που είναι και σοβαρό πλεονέκτημα, είναι ότι η κίνηση της επιστροφής είναι πιο γρήγορη από την κίνηση για την κοπή.

Στο σχήμα 4.13 φαίνεται πως μεταβάλλεται η ταχύτητα κινήσεως της κεφαλής στις διάφορες θέσεις της διαδρομής της. Ακόμη ότι η ταχύτητα επιστροφής του εργαλείου είναι πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα κοπής.



Σχήμα 4.13 Διάγραμμα ταχύτητας.

Άλλο χαρακτηριστικό σημείο κατά την κίνηση της κινητής κεφαλής της ταχυπλάνης είναι ότι μπορεί και μεταβάλλεται η θέση μιας ορισμένης διαδρομής (σχήμα 4.10), δηλαδή ένα ορισμένο μήκος διαδρομής π.χ. 150 mm μπορεί να ρυθμιστεί και να γίνει στην αρχή του τραπεζιού, κοντά στο σώμα της πλάνης ή στο άκρο του τραπεζιού. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μετατόπιση του συνδετικού κομματιού γ κατά μήκος της κεφαλής, με τον κοχλία Κ (σχήμα 4.11).

Έτσι λέμε ότι η διαδρομή στην πλάνη μεταβάλλεται κατά θέση και μέγεθος.

ε) Τραπέζι ταχυπλάνης. Μηχανισμός κινήσεώς του.

Το τραπέζι της πλάνης έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου. Σ' αυτό στερεώνεται το κομμάτι που θα πλανισθεί.

Στην επάνω επιφάνεια και στα δύο πλευρά του έχει τυποποιημένα λούκια για να

περνούν οι ειδικοί κοχλίες για τη συγκράτηση των κομματιών ή της μέγγενης.

Το τραπέζι στερεώνεται στο σώμα της πλάνης μέσω ενός ενδιάμεσου φορέα κατά τρόπο που να μπορεί να μετακινείται οριζόντια και κατακόρυφα. Η μετακίνηση γίνεται με τη βοήθεια δύο συστημάτων γλισσιερών που έχει ο ενδιάμεσος φορέας.

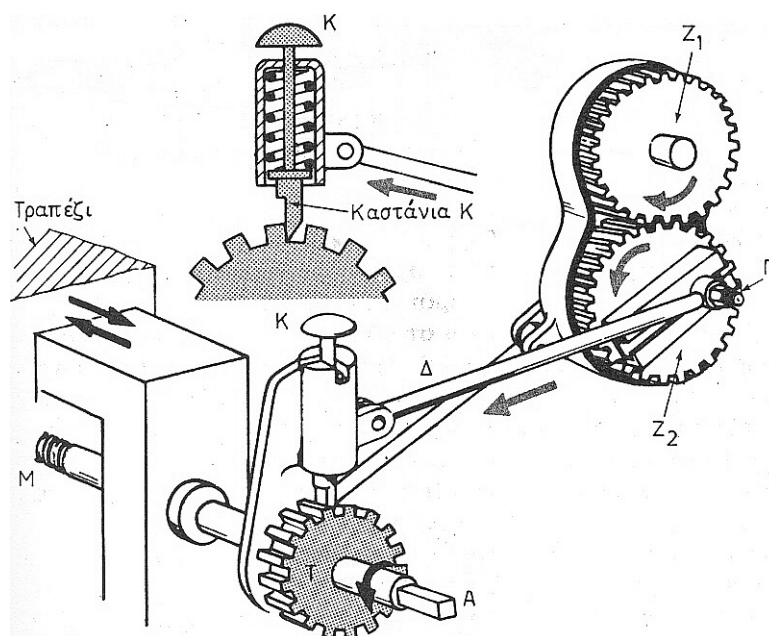
Με την κατακόρυφη κίνηση του τραπεζιού μπορεί το κομμάτι να πλησιάζει ή να απομακρύνεται από το εργαλείο.

Με την οριζόντια κίνηση επιτυγχάνεται είτε γρήγορη αλλαγή θέσεως του κομματιού είτε βηματική μετατόπιση του, δηλαδή οριζόντια πρόωση.

Υπενθυμίζεται ότι στο πλάνισμα, πρόωση είναι η κάθετη προς την κίνηση του εργαλείου βηματική μετατόπιση του κομματιού σε κάθε πλήρη παλινδρόμηση του εργαλείου.

Η πρόωση γίνεται άλλοτε μηχανικά (αυτόματα) και άλλοτε χειροκίνητα.

Στο σχήμα 4.14 φαίνεται ένα απλό είδος μηχανισμού για αυτόματη πρόωση.



Σχήμα 4.14 Μηχανισμός προώσεων τραπεζιού.

Η κίνηση μεταδίδεται από τα γρανάζια Z_1 και Z_2 . Στον τροχό Z_2 και μέσα σε μια γλίσiera του μετατοπίζεται και στερεώνεται σε διάφορες θέσεις ο πείρος π , που ενεργεί ως κομβίο στροφάλου του διωστήρα Δ . Η απομάκρυνση του πείρου από το κέντρο του τροχού Z_2 μεγαλώνει τη διαδρομή του άλλου άκρου του διωστήρα. Η περιστροφική κίνηση του τροχού Z_2 μετατρέπεται σε παλινδρομική με τη βοήθεια του διωστήρα Δ που συνδέεται με την καστάνια K . Όταν η καστάνια βρίσκεται σε εμπλοκή με τον τροχό T , τότε εφόσον δέχεται ώθηση από το διωστήρα Δ , αναγκάζει τον τροχό T να στραφεί κατά ορισμένο τόξο. Αυτή όμως η μικρή στροφή του τροχού προκαλεί αντίστοιχη μετάθεση του τραπεζιού με το οποίο συνδέεται. Έτσι κάθε στροφή του γραναζιού Z_2 προκαλεί και μια βηματική μετατόπιση του τραπεζιού.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.14 η καστάνια από το ένα μέρος είναι πλαγιοκομμένη. Έτσι μόνο κατά τη μια φορά γαντζώνει τον τροχό T , ενώ κατά την άλλη εξαιτίας της κλίσεώς της σηκώνεται.

Στο σχήμα 4.14 ο τροχός T στρέφεται αριστερόστροφα. Για να γυρίσει

δεξιόστροφα και να αλλάξει η διεύθυνση της προώσεως, ανασηκώνεται και στρέφεται η καστάνια K κατά 180° .

Η αυξομείωση της προώσεως επιτυγχάνεται όπως αναφέραμε με την αυξομείωση της αποστάσεως του πείρου π , που συνδέει το διωστήρα Δ με τον τροχό Z_2 από το κέντρο του γραναζιού Z_2 .

Έτσι σε κάθε διαδρομή πλανίσματος και κατά τη στιγμή της επιστροφής του μαχαιριού, με τον παραπάνω μηχανισμό, ο κοχλίας M προώσεως του τραπεζιού γυρίζει λίγο ή πολύ και μεταθέτει το κομμάτι.

Η πρόωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται από 0,1 ως και 6 mm ανά παλινδρόμηση ανάλογα με την περίπτωση. Το βάθος κοπής, που είναι το βάθος εισχωρήσεως του εργαλείου, κυμαίνεται από 0,1 ως 5 mm ή και περισσότερο.

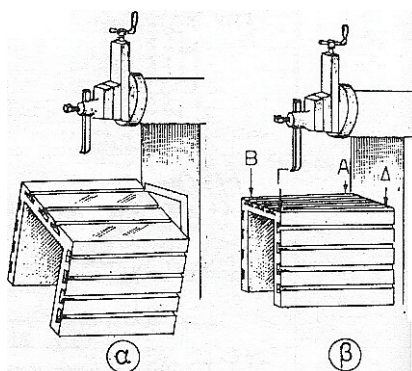
Για να μετατραπεί η κίνηση του τραπεζιού σε χειροκίνητη, αναστέλλεται η λειτουργία της καστανίας K, οπότε σταματά η μηχανική κίνηση του τραπεζιού και κινείται το τραπέζι με περιστροφή του χειροστροφάλου, που εφαρμόζεται στο άκρο A του κοχλίας M, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.14.

Εκτός από το σύστημα αυτό της αυτόματης προώσεως, που σχετικά θεωρείται πολύ παλιό, υπάρχουν και άλλα πιο βελτιωμένα συστήματα με μηχανισμούς που ρυθμίζονται εύκολα και δείχνουν ταυτόχρονα και το μέγεθος της προώσεως που διαλέγεται.

Ανάλογα με τη φορά περιστροφής του χειροστροφάλου το τραπέζι θα μετακινείται προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση.

Υπάρχουν πλάνες, που το τραπέζι τους είναι πάντα οριζόντιο. Υπάρχουν άλλες, στις οποίες το τραπέζι μπορεί να πάρει ορισμένη κλίση και λέγονται πλάνες γενικής χρήσεως (universal). Με τραπέζι γιουνιβέρσαλ μπορούμε εύκολα να κάνουμε πλάνισμα με κλίση. Έπειτα όμως από κάθε χρησιμοποίηση του τραπεζιού υπό κλίση πρέπει να το οριζοντιώνουμε με προσοχή. Η οριζοντίωσή του γίνεται με διάφορους τρόπους.

Στο σχήμα 4.15 βλέπουμε ένα τέτοιο τραπέζι, που χρησιμοποιήθηκε υπό κλίση και που ακολούθως έλαβε την σωστή οριζόντια θέση.



Σχήμα 4.15 Οριζοντίωση τραπεζιού πλάνης.

Για να οριζοντιώσουμε το τραπέζι της πλάνης, δένομε στον εργαλειοδέτη μια βέργα ή ένα εργαλείο χωρίς μύτη και φέρνουμε το τραπέζι, ώστε να ακουμπήσει η άκρη της βέργας σε 4 σημεία (A, B, Γ, Δ) της επιφάνειας του τραπεζιού, χωρίς να ανεβοκατεβάσουμε ούτε το εργαλειοφορείο ούτε το τραπέζι. Αν αυτή η βέργα

ακουμπά το ίδιο και στα 4 σημεία, τότε σημαίνει ότι το τραπέζι έχει οριζοντιωθεί σωστά. Για να το εξακριβώσουμε αυτό χρησιμοποιούμε ένα κομμάτι λεπτό χαρτί ή ένα φύλλερ, που το τοποθετούμε ανάμεσα στο τραπέζι και στην βέργα και βλέπουμε αν περνούν, αγγίζοντας μόλις τις επιφάνειες της πλάκας και της βέργας και στα τέσσερα σημεία, οπότε το τραπέζι έχει πράγματι οριζοντιωθεί σωστά.

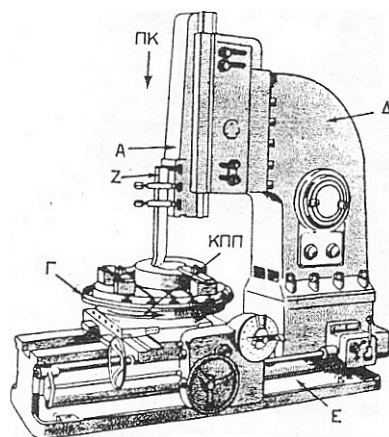
Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι τα 4 σημεία, που θα διαλέξουμε, πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατόν μακρύτερα το ένα από το άλλο. Συνήθως παίρνουμε 4 σημεία κοντά στις 4 γωνίες του τραπεζιού (ένα σε κάθε γωνία).

Ακόμη πιο σωστή οριζοντίωση γίνεται με το μετρητικό ρολόι οπότε αντί για βέργα δένουμε στον εργαλειοδέτη ένα κατάλληλο στέλεχος και στην άκρη του δένουμε το μετρητικό ρολόι. Όταν ο δείκτης του ρολογιού και στα 4 σημεία έλέγχου δείχνει την ίδια ένδειξη, τότε το τραπέζι είναι οριζοντιωμένο.

Κατακόρυφη βραχεία πλάνη.

Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη διαφέρει από την οριζόντια κυρίως ως προς το ότι η κύρια κίνηση του κοπτικού εργαλείου είναι κατακόρυφη. Κατασκευάζεται για διαδρομή αρκετά μικρότερη από ό,τι οι οριζόντια. Η χρήση της είναι περιορισμένη.

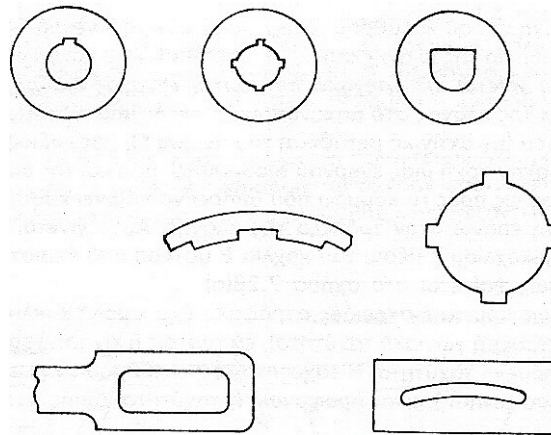
Στο σχήμα 4.16 εικονίζεται μια κατακόρυφη βραχεία πλάνη μαζί με την ονοματολογία των κυριότερων μερών της.



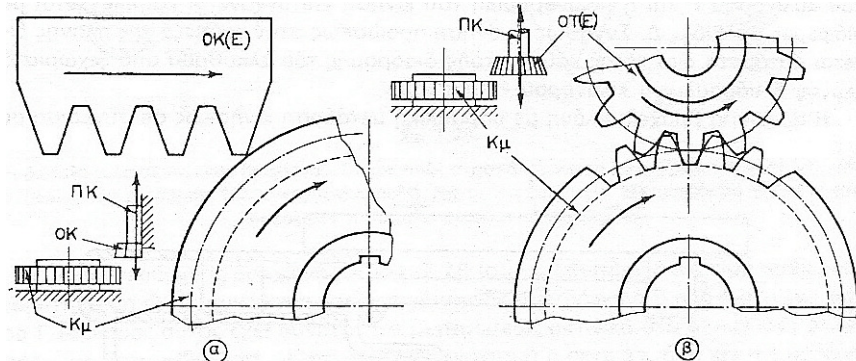
Σχήμα 4.16 Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη. Α κεφαλή, Β κυκλική περιστρεφόμενη τράπεζα, Δ κορμός, Ε βάση, Ζ εργαλειοδέτης, ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠΠ κίνηση περιφερειακής προώσεως.

Οι βασικές εργασίες που εκτελούμε στην κατακόρυφη βραχεία πλάνη αναφέρονται κυρίως σε μορφοποίηση αυλακιών σε διάφορα σχήματα, πολυσφηνών, 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 (σχήμα 4.17). Επί πλέον μπορούμε να κατεργασθούμε και επιφάνειες που δεν είναι προσπελάσιμες με άλλες κατάλληλες κατεργασίες, όπως και εργασίες σε τυφλές τρύπες. Εδώ δεν θα πρέπει να παραλείψουμε και την κοπή οδοντώσεων ίσιων (ή και ελικοειδών) σε μεγάλο αριθμό απaráλλακτων κομματιών που βασίζεται στην αρχή λειτουργίας της κατακόρυφης βραχείας πλάνης, δηλαδή στην κατακόρυφη

παλινδρόμηση του κοπτικού εργαλείου. Στην κοπή όμως οδοντώσεων με τη μέθοδο αυτή το εργαλείο που μπορεί να είναι οδοντοτροχός ή οδοντωτός κανόνας με κατάλληλα σχηματισμένα κοπτικά δόντια, εκτός από την παλινδρομική κίνησή του, αντίστοιχα περιστρέφεται [σχήμα 4.18 (α)] ή προωθείται [σχήμα 4.18 (β)], ενώ το κομμάτι περιστρέφεται και αυτό ωσάν εργαλείο και κομμάτι να έχουν τα δόντια τους σε έμπλεξη. Ακόμη το εργαλείο παλινδρομεί οριζόντια, όσο χρειάζεται, ώστε να μπορεί ελεύθερα να επιστρέφει προς τα επάνω. Περισσότερες όμως πληροφορίες για τη μέθοδο αυτή κοπής οδοντώσεων και για τη συναφή εργαλειομηχανή (γρاناζοκόπτη) έχουμε δώσει στο οικείο κεφάλαιο για την κοπή οδοντώσεων. Εν τούτοις η εργασία αυτή μπορεί να γίνει και σε κατακόρυφη βραχεία πλάνη εφοδιασμένη με κατάλληλο μηχανισμό που προσαρμόζεται στην άκρη της κεφαλής.



Σχήμα 4.17 Μερικά παραδείγματα εργασιών που κάνουμε στην κατακόρυφη βραχεία πλάνη.



Σχήμα 4.18 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].

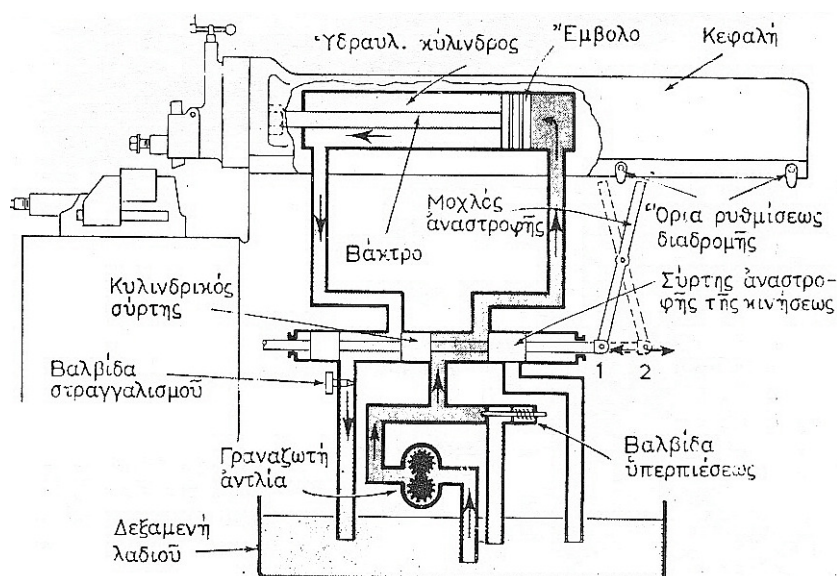
Η τράπεζα της κατακόρυφης βραχείας πλάνης είναι κυκλική και περιστρεφόμενη. Έχει δυνατότητα μηχανικής κινήσεως προώσεως (διακοπτόμενης και εδώ) διαμήκους και εγκάρσιας στο οριζόντιο επίπεδο. Ακόμα η περιστρεφόμενη αυτή τράπεζα μπορεί να δώσει και μηχανική περιφερειακή πρόωση [σχήμα 4.16] (μέσω ενός ζεύγους ατέρμονα κοχλία - οδοντοτροχού) με την έννοια ότι η τράπεζα περιστρέφεται κατά

μια καθορισμένη μικρή γωνία στο τέλος κάθε νεκρής διαδρομής (προς τα άνω) της κεφαλής.

Η παλινδρομική κίνηση δίνεται στη κεφαλή τόσο με μηχανισμό στροφάλου (είναι ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται ευρύτερα) όσο και με ζεύγος ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα ή με υδραυλική μετάδοση.

Υδραυλική ταχυπλάνη.

Η υδραυλική ταχυπλάνη (σχήμα 4.19) έχει διαδοθεί πάρα πολύ εξαιτίας αρκετών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει σε σύγκριση με τη μηχανική. Οι υδραυλικοί μηχανισμοί της είναι πολύ βελτιωμένοι, παρέχουν ασφάλεια λειτουργίας, έχουν μικρό κόστος και βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο.



Σχήμα 4.19 Κατασκευή και λειτουργία υδραυλικής πλάνης.

Σύντομη περιγραφή υδραυλικής ταχυπλάνης.

Μέσα στην κεφαλή ή κάτω από αυτήν, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.19, υπάρχει ένας υδραυλικός κύλινδρος, στερεωμένος στο σώμα της πλάνης, με διπλή ενέργεια. Το βάκτρο είναι σταθερά προσαρμοσμένο στην κεφαλή. Ο κύλινδρος τροφοδοτείται με λάδι από μία γραναζωτή (ή και εμβολοφόρα) ελαιοαντλία. Ο κυλινδρικός σύρτης τροφοδοτεί με λάδι τότε από δεξιά (κίνηση κοπής), οπότε το λάδι της άλλης πλευράς του κυλίνδρου επιστρέφει, και τότε από αριστερά (επιστροφή της κεφαλής), οπότε το λάδι της μετωπικής επιφάνειας του εμβόλου επιστρέφει από τη δεξιά πλευρά προς τη δεξαμενή.

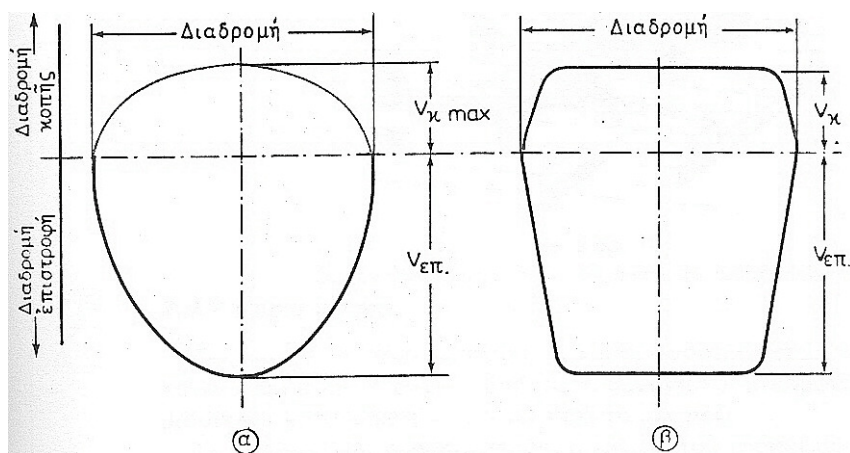
Η εναλλαγή της ροής προκαλείται από την κίνηση του σύρτη. Δύο ρυθμιζόμενα όρια διαδρομής (stop) επάνω στην κεφαλή μετακινούν το μοχλό αναστροφής ο οποίος από το κάτω άκρο του μετατοπίζει το σύρτη από τη θέση 1 (κίνηση εμπρός) στη θέση 2 (κίνηση πίσω).

Είναι φανερό ότι τα δύο αυτά όρια ρυθμίζουν τη θέση και το μέγεθος της διαδρομής.

Βέβαια στην πραγματικότητα τα υδραυλικά κυκλώματα της πλάνης είναι αρκετά

πιο πολύπλοκα και χρειάζονται ειδικευμένο και πεπειραμένο προσωπικό για την αντιμετώπιση τυχόν βλάβης που μπορεί να παρουσιάσουν.

Η ταχύτητα κοπής, δηλαδή η ταχύτητα μετακινήσεως της κεφαλής κατά τη διαδρομή κοπής, είναι σταθερή, σε αντίθεση με την μηχανική πλάνη που παρουσιάζει σημαντική μεταβολή (σχήμα 4.20). Επίσης και η ταχύτητα επιστροφής είναι σταθερή και μεγαλύτερη από την ταχύτητα κοπής.



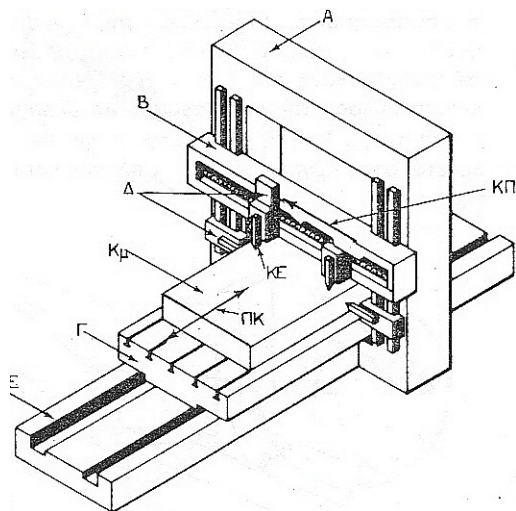
Σχήμα 4.20 Ταχύτητα κοπής. α) Μηχανικής ταχυπλάνης. β) Υδραυλικής πλάνης.

Η μεταβολή της ταχύτητας γίνεται εύκολα με τη μεταβολή της παροχής του λαδιού προς τον κύλινδρο.

Οι υδραυλικές πλάνες κινητής κεφαλής κατασκευάζονται σήμερα για ωφέλιμη διαδρομή μέχρι 1 m.

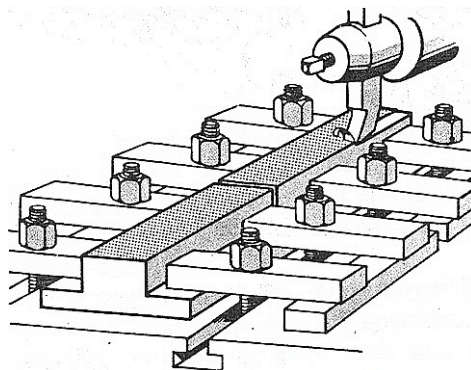
Τραπεζοπλάνη (ή γεφυροπλάνη) σχήμα 4.21.

Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για το πλάνισμα οριζόντιων επιφανειών με μεγάλο μήκος που μπορεί να φθάσει τα 20 m και να τα υπερβεί ακόμα. Τυπικά κομμάτια που τα πλανίζουμε σε μεγάλο μήκος είναι χυτοσιδηρά σώματα εργαλειομηχανών.

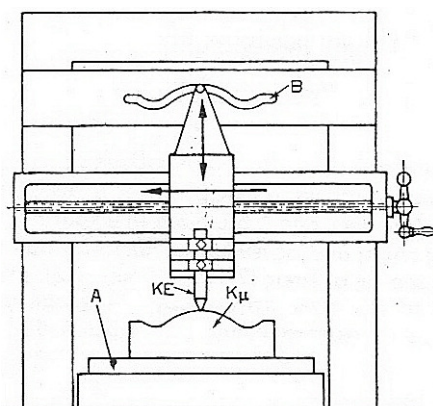


Σχήμα 4.21 Τραπεζοπλάνη, τα κύρια μέρη και οι κύριες κινήσεις της: Α πλαισιωτός κορμός, Β εγκάρσιο φορείο, Γ τράπεζα, Δ εργαλειοφόρες κεφαλές, Ε βάση. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση προώσεως, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

Σε τραπεζοπλάνη πλανίζουμε επίσης και μικρότερα κομμάτια προσδένοντάς τα το ένα κοντά στο άλλο στην τράπεζα της πλάνης και να βγαίνει έτσι μια μεγάλη και ομοιόμορφη παραγωγή (σχήμα 4.22), επί πλέον μορφοποιούμε ίσια αυλάκια μεγάλου μήκους, όπως και καμπύλες επιφάνειες με σύστημα αντιγραφής (σχήμα 4.23) ή και κατ' άλλο τρόπο. Ενδεικτικά αναφέρουμε την κοπή ελικοειδών αυλακιών σε μεγάλο μήκους κύλιστρα με σύγχρονη περιστροφή του κυλίστρου καθώς αυτό προχωρεί κατά την ενεργό διαδρομή της τράπεζας της πλάνης προς το σταθερό κοπτικό εργαλείο.



Σχήμα 4.22 Δέσιμο ομοίων κομματιών σε σειρά σε τραπεζοπλάνη.



Σχήμα 4.23 Πλάνισμα καμπύλης επιφάνειας με σύστημα αντιγραφής σε τραπεζοπλάνη. (Α τράπεζα, Β καλίμπρα, Κμ κομμάτι, ΚΕ κοπτικό εργαλείο).

Οι τραπεζοπλάνες είναι βαριές και μεγάλου μεγέθους εργαλειομηχανές και τις μεταχειριζόμαστε για πλάνισμα εκχονδρίσεως και αποπερατώσεως. Τις συναντούμε με ένα ή με δύο ορθοστάτες (είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος τραπεζοπλάνης) και είναι εφοδιασμένες με μια ή και με δυο εργαλειοφόρες κεφαλές Δ (σχήμα 4.21) στο εγκάρσιο εργαλειοφορείο Β. Επίσης επιπρόσθετα εργαλεία, ιδιαίτερα για πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών μπορούν να προσδεθούν σε δυο εργαλειοφόρες κεφαλές που προσαρμόζονται ανά μια σε κάθε ορθοστάτη (για τραπεζοπλάνη βέβαια με δυο ορθοστάτες).

Κατά το πλάνισμα στην τραπεζοπλάνη η πρωτεύουσα κίνηση (παλινδρομική), όπως γνωρίζουμε, εκτελείται από την τράπεζα, ενώ η κίνηση προώσεως και οι άλλες αναγκαίες ρυθμιστικές κινήσεις γίνονται από το εγκάρσιο εργαλειοφορείο, τις εργαλειοφόρες κεφαλές και τους εργαλειοδέτες. Έτσι, οι κινήσεις που απαιτούνται για τη ρύθμιση του βάθους κοπής στο πλάνισμα οριζοντίων επιφανειών γίνονται με

κατακόρυφη μετακίνηση του εγκαρσίου εργαλειοφορείου Β και του εργαλειοδέτη της αντίστοιχης κεφαλής, ενώ η κίνηση προώσεως επιτυγχάνεται με διακοπτόμενη μετακίνηση της αντίστοιχης εργαλειοφόρου κεφαλής κατά μήκος του εγκαρσίου εργαλειοφορείου. Στο πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών το βάθος κοπής τίθεται με οριζόντια μετακίνηση του εργαλειοδέτη της αντίστοιχης εργαλειοφόρου κεφαλής που προσαρμόζεται στον ορθοστάτη, ενώ η κίνηση προώσεως πραγματοποιείται με κατακόρυφη διακοπτόμενη μετατόπιση της αντίστοιχης εργαλειοφόρου κεφαλής.

Υπάρχουν και τραπεζοπλάνες με δύο τράπεζες που είτε εργάζονται ξεχωριστά η μία από την άλλη (στη μία επί παραδείγματι μπορούν να γίνονται οι εργασίες προσδέσεως του κομματιού, ενώ συγχρόνως η άλλη να εργάζεται κανονικά) είτε και οι δύο μαζί στο πλάνισμα πολύ μεγάλων κομματιών.

Οι τραπεζοπλάνες μπορούν να είναι εφοδιασμένες και με ειδικές εργαλειοφόρες κεφαλές για φρεζάρισμα ή για λείανση, οι οποίες και φέρουν το μηχανισμό για την περιστροφή της φρέζας 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. Ο οδοντωτός κανόνας προσαρμόζεται στην τράπεζα και η κίνηση μεταδίδεται από τον ηλεκτροκινητήρα μέσω ενδιάμεσων οδοντοτροχών. Η παλινδρόμηση της τράπεζας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια καταλλήλου συστήματος ελέγχου. Άλλος τρόπος μετάδοσης κινήσεως στην τράπεζα, που εφαρμόζεται σε νεώτερες τραπεζοπλάνες, είναι με το ζεύγος ατέρμονα κοχλία - οδοντωτού κανόνα που παρέχει πιο ήσυχη και πιο ομαλή κίνηση. Τέλος στις τραπεζοπλάνες χρησιμοποιείται η υδραυλική μετάδοση κινήσεως (υδραυλικές τραπεζοπλάνες) με υδραυλικό κύλινδρο και βάκτρο, με την οποία επιτυγχάνεται ομαλή χωρίς κραδασμούς κίνηση της τράπεζας και ευκολίες ρυθμίσεως και ελέγχου.

Τα στοιχεία που διαγράφονται σε μια πλάνη.

A. Στη βραχεία πλάνη (οριζόντια και κατακόρυφη).

Βασικό προδιαγραφόμενο μέγεθος εδώ είναι η μέγιστη ωφέλιμη διαδρομή της κεφαλής σε χιλιοστάμετρα (mm) ή ίντσες ("). Είναι αυτονόητο ότι η μέγιστη διαδρομή της κεφαλής 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 n' της κεφαλής (σε παλινδρομήσεις ανά min), η μέγιστη εγκάρσια (και διαμήκης για τις κατακόρυφες βραχείες πλάνες) διαδρομή της τράπεζας, οι διαστάσεις της τράπεζας (μήκος σε mm × πλάτος σε mm η διάμετρος σε mm για τις κατακόρυφες πλάνες), η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στην τράπεζα και στην κατώτερη επιφάνεια της κεφαλής, ο αριθμός και το εύρος προώσεων της τράπεζας, η ονομαστική ισχύς της πλάνης και το συνολικό της καθαρό βάρος.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι μία βραχεία πλάνη (οριζόντια ή κατακόρυφη) με μέσο μέγεθος έχει μέγιστη ωφέλιμη διαδρομή από 500 mm μέχρι 600 mm.

B. Στην τραπεζοπλάνη.

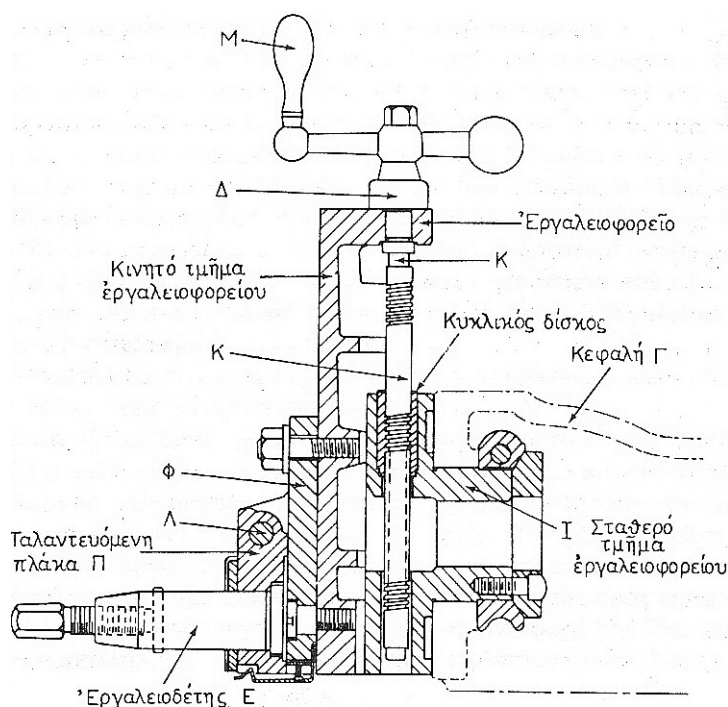
Στην πλάνη αυτή ως βασικό στοιχείο που προδιαγράφεται είναι οι μέγιστες διαστάσεις (μήκος σε mm × πλάτος σε mm × ύψος σε mm) του κομματιού που θα μπορεί να πλανισθεί σε αυτή. Ως δευτερεύοντα χαρακτηριστικά της που προδιαγράφονται μπορούν να αναφερθούν τα εξής: ο αριθμός και η περιοχή μεταβολής της ταχύτητας της τράπεζας της πλάνης, ο αριθμός και το εύρος προώσεων (εγκαρσίων και κατακορύφων), ο αριθμός των εργαλειοφόρων κεφαλών, το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος κομματιού, η ονομαστική ισχύς της πλάνης και το συνολικό της καθαρό βάρος.

Σε μία μέσου μεγέθους τραπεζοπλάνη με δύο ορθοστάτες οι μέγιστες προδιαγραφόμενες διαστάσεις κομματιού μπορούν να είναι 8000 mm (8m) × 3200 mm (3,2m) × 3000 mm (3 m).

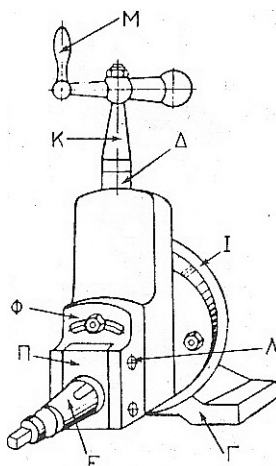
Πρόσδεση κοπτικών εργαλείων πλανίσματος.

Το εργαλείο πλανίσματος (σταθερό στο πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη ή μετακινούμενο στο πλάνισμα σε βραχεία πλάνη) προσδένεται με ασφάλεια σε εργαλειοδέτη. Ο εργαλειοδέτης στο πλάνισμα ανήκει, όπως είδαμε, στο συγκρότημα του εργαλειοφορείου.

Το εργαλειοφορείο είναι βιδωμένο πάνω στην κεφαλή και αποτελείται από δύο κύρια τμήματα: το σταθερό και το κινητό (σχήμα 4.24). Το σταθερό τμήμα I, στο μέρος που συνδέεται με την κεφαλή, έχει έναν κυκλικό δίσκο εδράσεως με υποδιαιρέσεις σε μοίρες, για να μπορεί ολόκληρο το εργαλειοφορείο να σταθεροποιείται σε διάφορες κλίσεις προκειμένου να πλανήσει επιφάνειες που έχουν ορισμένη κλίση προς την κατακόρυφο (σχήμα 4.25).



Σχήμα 4.24 Κατακόρυφη τομή εργαλειοφορείου.



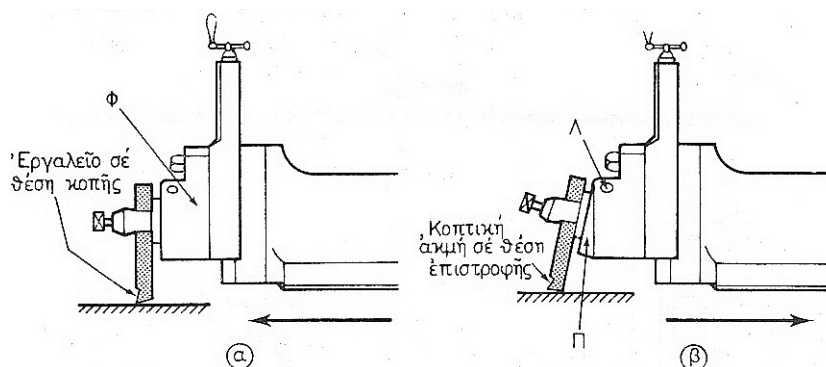
Σχήμα 4.25 Γενική διάταξη εργαλειοφορείου.

Τα δύο τμήματα του εργαλειοφορείου έχουν γλισιέρες σε μορφή χελιδονοουράς. Το κινητό (ολισθιτήρας), μαζί φυσικά με το εργαλείο κοπής ανεβοκατεβαίνει με τη βοήθεια του μεταφορικού κοχλία Κ που το χειρίζεται κανείς με το χειρομοχλό Μ (σχήμα 4.24) ή μηχανικά. Η άντυγα Δ μας δείχνει πόσο μετακινείται κάθε φορά προς τα κάτω ή προς τα πάνω το κοπτικό εργαλείο.

Στο κινητό τμήμα βρίσκεται και η φωλιά Φ της πλάκας Π, που φέρει τον εργαλειοδέτη Ε με το κοπτικό εργαλείο (σχήμα 4.25).

Ο φορέας Φ της πλάκας Π μπορεί να στρέφεται και να σταθεροποιείται με κάποια κλίση προς τα δεξιά ή αριστερά.

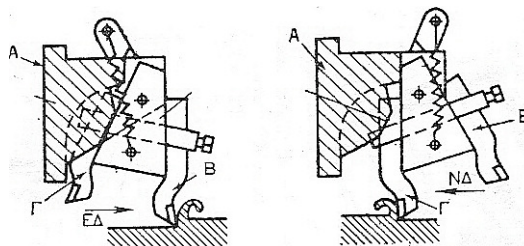
Η πλάκα Π μπορεί και κάνει μικρή περιστροφή προς τα επάνω, γύρω από τον πείρο Λ με τέτοιο τρόπο, ώστε όταν η κεφαλή κινείται προς τα εμπρός, η πλάκα να κάθετα στην υποδοχή της και έτσι να δημιουργείται σταθερή στήριξη του εργαλείου (σχήμα 4.26). Όταν η κεφαλή επιστρέφει η πλάκα σηκώνεται λίγο. Με τον τρόπο αυτό το εργαλείο κοπής κατά την επιστροφή γλιστρά απαλά πάνω από το κομμάτι, χωρίς να τρίβεται η μύτη του δυνατά και να φθείρεται, ενώ ταυτόχρονα δεν αφήνει σημάδια πάνω στο κομμάτι. Στις τραπεζοπλάνες ιδιαίτερα, 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.



Σχήμα 4.26 α) Εργαλείο σε θέση κοπής. β) Κοπτική ακμή σε θέση επιστροφής.

Όταν δε χρειάζεται να σηκώνεται, η πλάκα ασφαρίζεται με έναν πείρο για να εμποδίζεται η ταλάντευσή της.

Για μεγαλύτερη απόδοση του πλάνισματος χρησιμοποιούνται και εργαλειοδέτες διπλής ενέργειας, όπως είναι αυτός που εικονίζεται στο σχήμα 4.27. Ο εργαλειοδέτης αυτός Α στον οποίο προσδένονται δυο κοπτικά εργαλεία Β και Γ, μπορεί να πάρει δυο θέσεις έτσι, ώστε στην ενεργό διαδρομή να κόβει το ένα εργαλείο (το Β) και στη νεκρή διαδρομή το άλλο (το Γ). Έτσι είναι δυνατή αύξηση στο ρυθμό αφαιρέσεως υλικού κατά σημαντικό ποσοστό.



Σχήμα 4.27 Εργαλειοδέτης διπλής ενέργειας. (Α εργαλειοδέτης, Β, Γ κοπτικά εργαλεία, ΕΔ ενεργός διαδρομή, ΝΔ νεκρή διαδρομή).

Ο εργαλειοδέτης Ε μπορεί να περιστρέφεται μέσα στην πλάκα ώστε, ανάλογα με τις ανάγκες, να μπορεί να δένεται το εργαλείο είτε κατακόρυφα είτε με κάποια κλίση, ανεξάρτητα από την κλίση του φορέα Φ και από την κλίση του όλου εργαλειοφορείου πάνω στην κεφαλή της πλάνης.

Κλίσεις φορέα πλάκας, εργαλείου και εργαλειοφορείου.

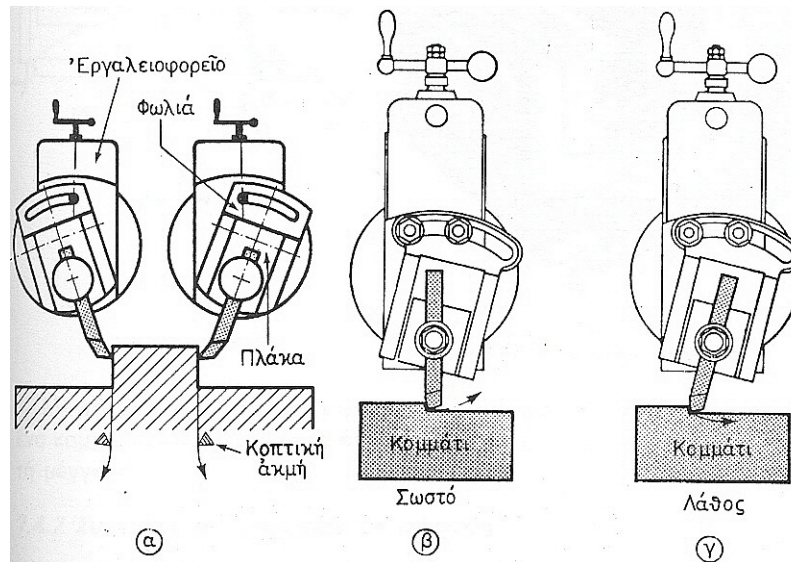
α) Κατά το πλάνισμα κατακόρυφων επιφανειών, η γλίσiera του εργαλειοφορείου μένει κατακόρυφη (το μοιρογνωμόνιο στο μηδέν).

Για να πλανισθεί μια δεξιά κατακόρυφη επιφάνεια [σχήμα 4.28(α)], στρέφεται η φωλιά (ή φορέας) της πλάκας προς τα δεξιά, ενώ το εργαλείο κρατιέται σχεδόν κατακόρυφο. Έτσι η ταλαντευόμενη πλάκα κατά τη διαδρομή επιστροφής, περιστρέφεται γύρω από έναν άξονα (του πείρου Λ) κεκλιμένο, και για το λόγο αυτό όσο το εργαλείο ανασηκώνεται τόσο απομακρύνεται από την κατακόρυφη επιφάνεια που πλάνιζει. Έτσι αποφεύγεται η τριβή και η φθορά της αιχμής του εργαλείου, καθώς και το σημάδεμα της επιφάνειας.

Κατά το πλάνισμα αριστερής κατακόρυφης επιφάνειας, πρέπει η φωλιά να κλίνει προς τα αριστερά [σχήμα 4.28(α)].

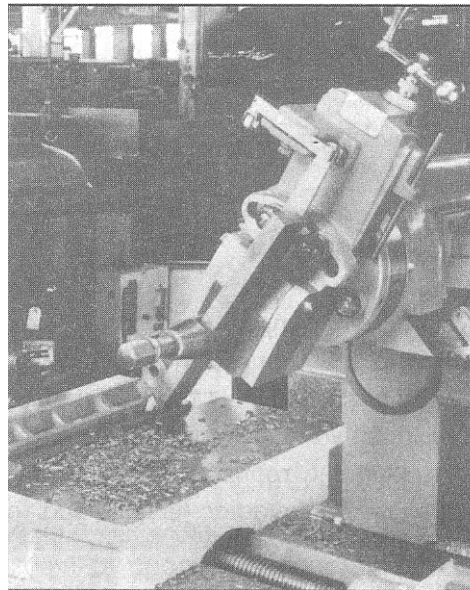
β) Κατά το οριζόντιο πλάνισμα το εργαλείο στερεώνεται κατακόρυφα και όχι λοξά, όπως στο σχήμα 4.28(β), γιατί ακόμη και από τρέμουλο η ελαστική παραμόρφωσή του υπάρχει κίνδυνος να σφηνωθεί (βουτήξει) με επικίνδυνες συνέπειες [σχήμα 4.28(γ)]. Πλεονέκτημα είναι και στο οριζόντιο πλάνισμα να δίνεται μια κλίση και στη φωλιά της πλάκας.

γ) Κατά το πλάνισμα επιφάνειας με κάποια κλίση ως προς την κατακόρυφο πρέπει η πρόωση του εργαλείου να γίνεται με την ίδια κλίση, δηλαδή παράλληλα με την επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή όλα τα μέρη του εργαλειοφορείου στερεώνονται υπό κλίση. Δηλαδή:

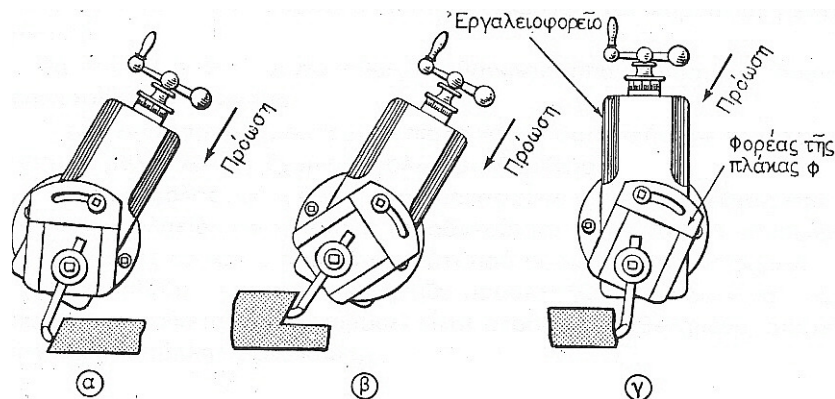


Σχήμα 4.28 Κλίση της φωλιάς της πλάκας κατά το οριζόντιο και κατακόρυφο πλάνισμα.

- Ολόκληρο το εργαλειοφορείο με τη βοήθεια του μοιρογνωμονίου του στρέφεται στη γωνία που καθορίζει η κλίση της επιφάνειας (σχήμα 4.29).
- Η φωλιά της πλάκας και ο εργαλειοδέτης με το εργαλείο στερεώνονται σε κατάλληλη κλίση, ανάλογα με την περίπτωση, δηλαδή αν η επιφάνεια βρίσκεται δεξιά ή αριστερά [σχήμα 4.30(α),(β),(γ)].



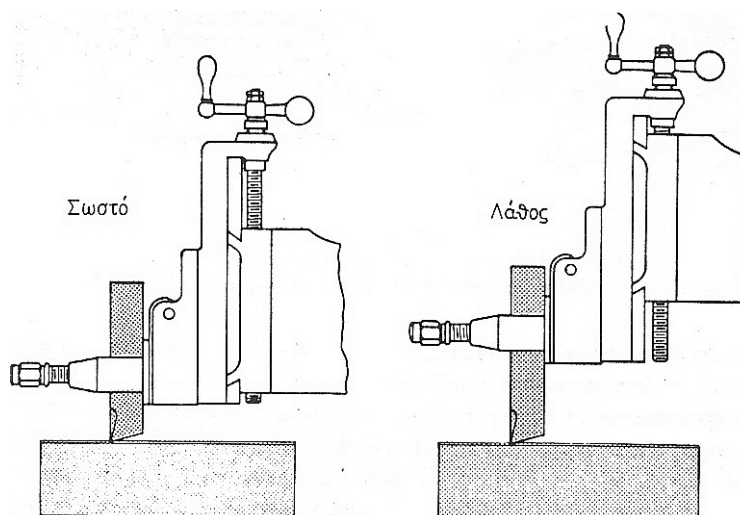
Σχήμα 4.29 Δυνατότητα περιστροφής του εργαλειοφορείου που φαίνεται το πλάνισμα ενός ολισθητήρα.



Σχήμα 4.30 Κλίση της φωλιάς της πλάκας κατά το πλάνισμα γυρτών επιφανειών.

Προεξοχή του εργαλείου (σχήμα 4.31).

Το εργαλείο πρέπει να εξέχει από το κάτω μέρος της πλάκας κατά ένα μήκος λογικό και αναγκαίο για την ασφάλεια της εργασίας, ώστε κατά τη διάρκεια της διαδρομής κοπής να μην «τρέμει» από ελαστικότητα και προκαλεί ανωμαλίες και για την αποφυγή σπασίματος.



Σχήμα 4.31 Προεξοχή του εργαλείου κάτω από την πλάκα.

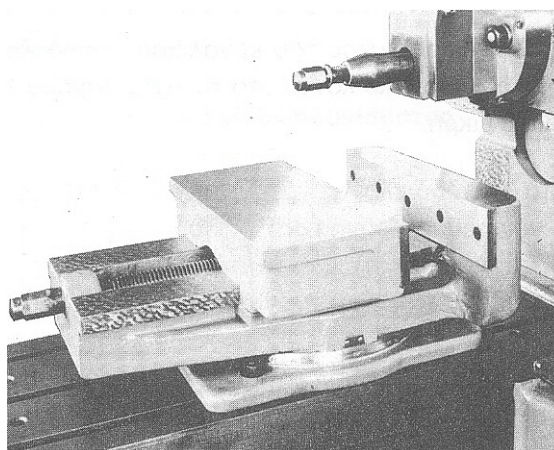
Πρόσδεση κατεργαζόμενων τεμαχίων στην πλάνη.

Επάνω στο τραπέζι και στην οριζόντια και στην κατακόρυφη επιφάνεια υπάρχουν αυλάκια σχήματος ταυ (σχήμα 4.15).

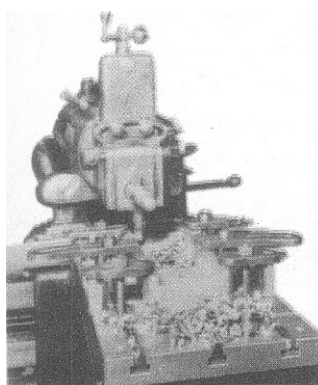
Μέσα σ' αυτά τα αυλάκια περνούμε τα κεφάλια από τις βίδες, με τις οποίες στερεώνουμε τα κομμάτια. Η στερέωση των κομματιών γίνεται με διάφορους τρόπους, που θα περιγράψουμε πάρα κάτω.

Στα μικρά τεμάχια, εφόσον το επιτρέπει η μορφή τους, η συγκράτηση γίνεται συνήθως μόνο στην μέγγενη της εργαλειομηχανής (σχήμα 4.30).

Τα μεγάλα τεμάχια προσδέονται οπωσδήποτε απευθείας στην τράπεζα της πλάνης (σχήμα 4.33).



Σχήμα 4.32 Μέγγενη πλάνης.



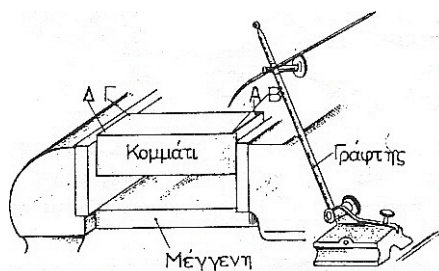
Σχήμα 4.33 Πρόσδεση τεμαχίου απευθείας στην τράπεζα της πλάνης (με σφιγκτήρες μορφής T).

Στερέωση με μέγγενη εργαλειομηχανής

Η μέγγενη (σχήμα 4.33), επάνω στην οποία κατά το γνωστό τρόπο δένεται το κομμάτι, στερεώνεται με βίδες επάνω στο τραπέζι. Συνήθως οι μέγγενες εργαλειομηχανών φέρουν μοιρογνωμόνιο, για να τις γυρίζουμε, όταν χρειασθεί, υπό διάφορες γωνίες. Έτσι μπορούμε να κατεργασθούμε ένα κομμάτι υπό διάφορες γωνίες, χωρίς να το λύσουμε από την μέγγενη.

Τις πιο πολλές φορές, όταν δένουμε ένα κομμάτι στην πλάνη, πρέπει να το κεντράρουμε, δηλαδή να το φέρουμε παράλληλα ή κάθετα προς το τραπέζι. Το κεντράρισμα γίνεται με τον ίδιο τρόπο, που χρησιμοποιήσαμε για να οριζοντιώσουμε το τραπέζι. Μπορούμε όμως για το κεντράρισμα να χρησιμοποιήσουμε και τον γράφτη (σχήμα 4.34) ως εξής: Τοποθετούμε τον γράφτη στο τραπέζι της πλάνης και φέρουμε την βελόνη να ακουμπήσει επάνω στην επιφάνεια του κομματιού στο σημείο Α. Ύστερα αλλάζουμε την θέση του γράφτη επάνω στο τραπέζι έτσι, ώστε η βελόνη του να μεταφερθεί και στα άλλα σημεία Β, Γ, Δ και βλέπουμε αν η βελόνη ακουμπά και εκεί όπως στο Α. Αν δεν ακουμπά, τότε διορθώνουμε την θέση του κομματιού, ώστε να το κεντράρουμε.

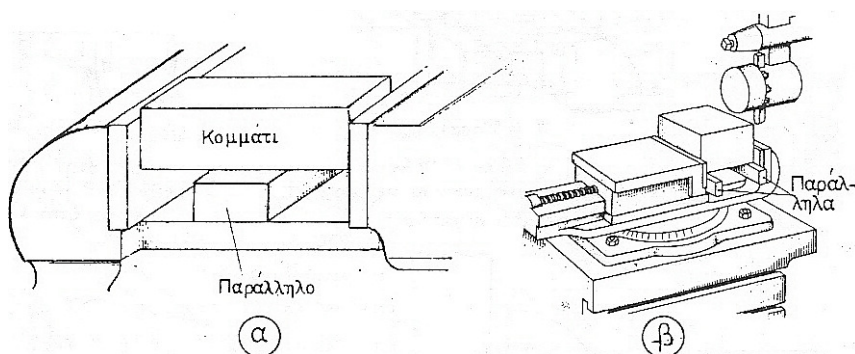
Εδώ πρέπει να σημειώσουμε πάλι ότι τα σημεία, που θα διαλέξουμε, πρέπει να απέχουν όσο το δυνατόν περισσότερο το ένα από το άλλο. Συνήθως λαμβάνουμε, όπως στο σχήμα, τέσσερα σημεία κοντά στις τέσσερις γωνίες του κομματιού, εφ' όσον είναι ορθογωνικό.



Σχήμα 4.34 Κεντράρισμα κομματιού με γράφτη.

Εδώ επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μετρητικό ρολόι, το οποίο ελέγχει το κεντράρισμά μας με μεγαλύτερη ακρίβεια.

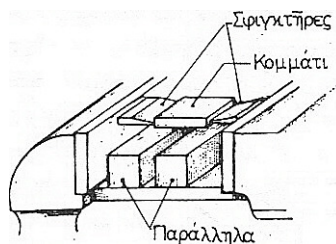
Ένας άλλος εύκολος τρόπος κεντραρίσματος είναι να χρησιμοποιήσουμε τα λεγόμενα παράλληλα. Αυτά είναι κομμάτια ορθογώνια. Το καθένα έχει και το δικό του πάχος και είναι σωστά παράλληλα κατεργασμένα. Τα τοποθετούμε ανάμεσα στα μαγούλα της μέγγενης και κάτω από τα κομμάτια, που θέλουμε να κεντράρουμε, όπως βλέπουμε στο σχήμα 4.35. Από την επαφή των παραλλήλων και του κομματιού φαίνεται αν το κομμάτι είναι τοποθετημένο στραβά, οπότε το κεντράρουμε.



Σχήμα 4.35 Κεντράρισμα κομματιού με παράλληλα: (α) Με ένα παράλληλο. (β) Με δύο παράλληλα.

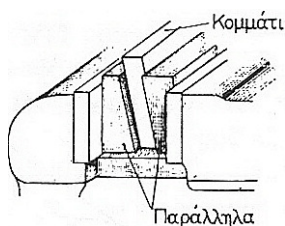
Αν το κομμάτι, που θέλουμε να σφίξουμε στην μέγγενη, δεν έχει αρκετό πάχος, τότε το δένουμε με την βοήθεια σφιγκτήρων, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.36.

Τα σημεία μάλιστα, στα οποία σφίγγουν το κομμάτι οι σφιγκτήρες, είναι χαμηλότερα από τα σημεία, στα οποία σφίγγει η μέγγενη τους σφιγκτήρες, ώστε το κομμάτι να πιέζεται προς τα κάτω.



Σχήμα 4.36 Συγκράτηση κομματιού σε μέγγενη με σφιγκτήρες.

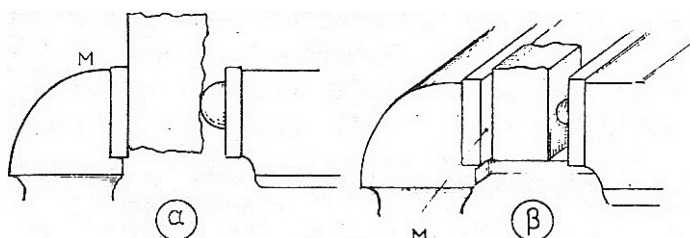
Στο σχήμα 4.37 χρησιμοποιούμε παράλληλα υπό κλίση, για να συγκρατούμε και να πλανίζουμε κομμάτια με κλίση.



Σχήμα 4.37 Συγκράτηση κομματιού με παράλληλα υπό κλίση.

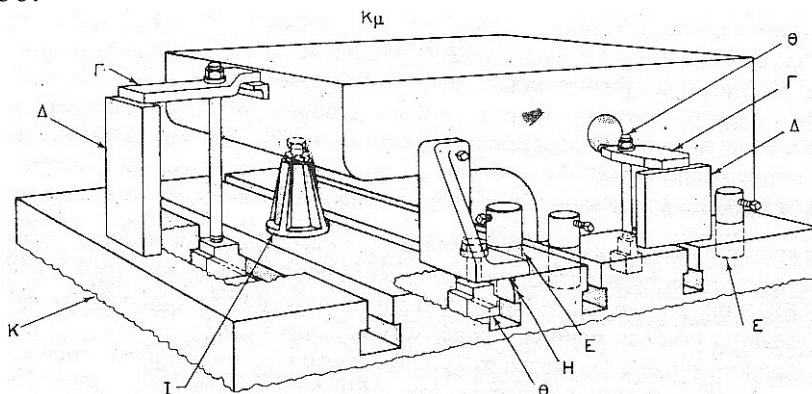
Πολλές φορές θα χρειασθεί να στερεώσουμε κομμάτια, που έχουν διαμορφωθεί στο καμίνι ή στο χυτήριο και που οι επιφάνειές τους είναι ανώμαλες. Αυτή η εργασία μπορεί να γίνει ως εξής:

Αφού πλανήσουμε την μία επιφάνεια [σχήμα 4.38 (α)], την φέρνουμε να ακουμπήσει στο σταθερό μάγουλο της μέγγενης (Μ). Στο κινητό μάγουλο, μεταξύ της ανώμαλης επιφάνειας των κομματιών και της επιφάνειας του μάγουλου, βάζουμε ένα κομμάτι ημικυκλικής διατομής και σφίγγουμε την μέγγενη. Έτσι το κομμάτι θα αναγκασθεί να πατήσει στο μάγουλο από την κατεργασμένη πλευρά, χωρίς να επηρεαστεί από το κινητό μάγουλο. Έπειτα γυρίζουμε το κομμάτι, όπως φαίνεται στο σχήμα, και τέλος το δένουμε με παράλληλα [σχήμα 4.35 (β)].



Σχήμα 4.38 Συγκράτηση κομματιού με ανώμαλη επιφάνεια.

Πάρα πολλές φορές, για λόγους ευκολίας και γιατί ίσως δεν μας εξυπηρετεί η μέγγενη, επειδή είναι μικρή, και όταν πρόκειται να κατεργαστούμε μεγάλα κομμάτια, θα χρειασθεί να δέσουμε τα κομμάτια, που θέλουμε να πλανήσουμε, απ' ευθείας στο τραπέζι. Στο σχήμα 4.39 βλέπουμε χαρακτηριστικά την συγκράτηση ενός κομματιού κατευθείαν στο τραπέζι της πλάνης καθώς και την ονοματολογία των μέσων συγκράτησης του.

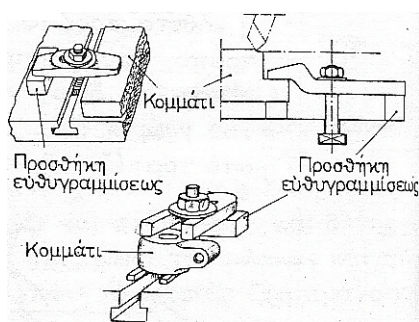


Σχήμα 4.39 Πρόσδεση κομματιού στην τράπεζα της πλάνης. [Γ φουρκέτα, Δ προσθήκη ευθυγραμμίσεως, Ε τερματικό οδηγητικό στήριγμα, Η γωνιακός βραχίονας (μπρακέττο), Θ βλήτρο μορφής Τ, Ι κοχλιωτός ανυψωτήρας (γρύλλος), Κ τράπεζα Κμ κομμάτι

Όπως είπαμε πιο επάνω, στο τραπέζι υπάρχουν αυλάκια σχήματος ταυ, στα οποία περνούν τα κεφάλια από τις βίδες, με τις οποίες σφίγγουμε την μέγγενη ή τα κομμάτια. Τα κεφάλια αυτά είναι διαφόρων ειδών. Τρία είδη από αυτές τις βίδες είδαμε στο σχήμα 2.39.

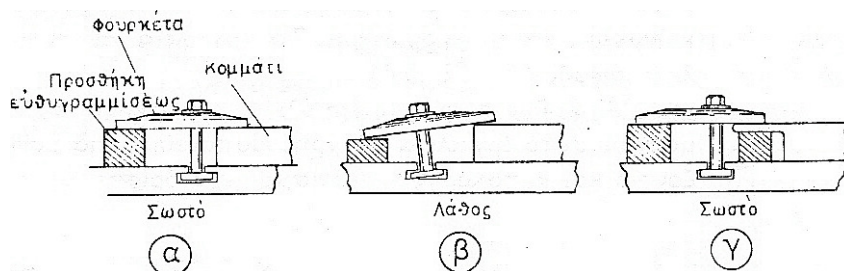
Η συγκράτηση των κομματιών απ' ευθείας στο τραπέζι γίνεται με ειδικούς σφιγκτήρες, γνωστούς με το όνομα «φουρκέτες». Όπως είδαμε στο σχήμα 2.40 οι φουρκέτες έχουν διάφορα σχήματα, ανάλογα με την περίπτωση που προβλέπεται ότι θα εξυπηρετήσουν.

Στο σχήμα 4.40 βλέπουμε πως χρησιμοποιούμε τις φουρκέτες για να σφίξουμε ένα κομμάτι. Το κομμάτι το τοποθετούμε πρώτα κάτω από την φουρκέτα και μετά το σφίγγουμε. Αλλά, όπως βλέπουμε και στο σχήμα 4.41, κάτω από την άλλη άκρη της φουρκέτας τοποθετείται και ένα άλλο κομμάτι ακόμη.



Σχήμα 4.40 Τρόπος συγκρατήσεως κομματιών με φουρκέτες.

Το κομμάτι αυτό (προσθήκη ευθυγραμμίσεως) πρέπει να έχει το ίδιο ύψος με το κομμάτι που κατεργαζόμαστε και βοηθάει στο να σφιχθεί καλά το κομμάτι, που θα πλανήσουμε. Επειδή, όταν τοποθετούμε το πρόσθετο αυτό κομμάτι, ευθυγραμμίζουμε την φουρκέτα, γι' αυτό το κομμάτι αυτό λέγεται προσθήκη ευθυγραμμίσεως.

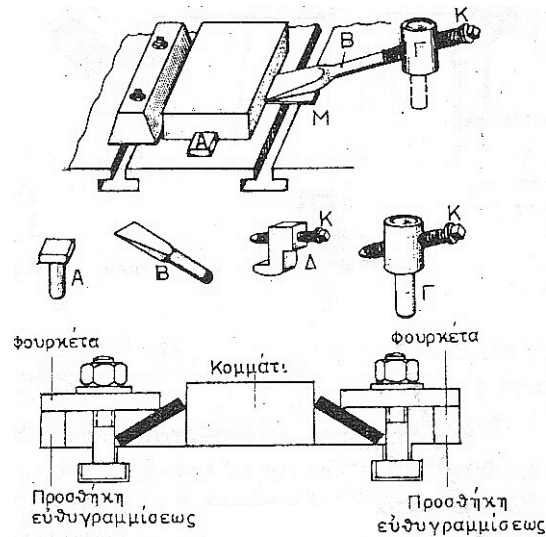


Σχήμα 4.41 Ευθυγράμμιση φουρκετών.

Αν η προσθήκη δεν είναι στο ίδιο ύψος με το κομμάτι, τότε η φουρκέτα δεν ευθυγραμμίζεται και σφίγγει μόνο μία γωνία του κομματιού [σχήμα 4.41 (β)]. Στο σχήμα 4.41 (γ) εξ αιτίας της μορφής του κομματιού χρησιμοποιείται και μια δεύτερη προσθήκη.

Σε πολλές όμως περιπτώσεις το κομμάτι, που θέλουμε να πλανίσουμε, δεν μπορούμε να το στερεώσουμε στο τραπέζι με φουρκέτες. Στο σχήμα 4.42 έχουμε μία τέτοια περίπτωση.

Βλέπουμε σ' αυτό π.χ. πως δένουμε μία πλάκα, που πρέπει να πλανισθεί σε όλη την επιφάνειά της και που επομένως, δεν μπορεί να σφιχθεί με φουρκέτες.

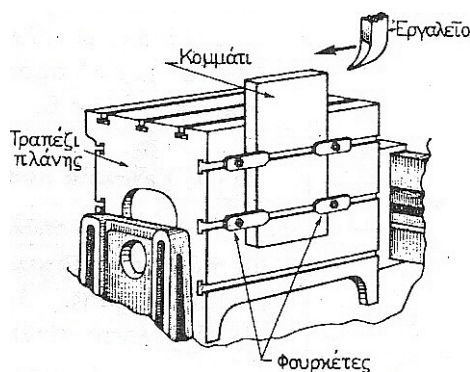


Σχήμα 4.42 Συγκράτηση κομματιών.

Το δέσιμό της σ' αυτή την περίπτωση μοιάζει με το δέσιμο που δείχνει το σχήμα 4.36, γιατί πρόκειται για την ίδια περίπτωση, με την διαφορά ότι εδώ (σχήμα 4.42) το σφίξιμο το κάνουμε με τους σφιγκτήρες Γ ή Δ και όχι με την μέγγενη. Οι σφιγκτήρες Γ και Α τοποθετούνται στις τρύπες, που έχουν πολλά τραπέζια πλανών, ο δε σφιγκτήρας Δ τοποθετείται στο αυλάκι ταν του τραπεζιού. Ο κοχλίας Κ πιέζει τον σφιγκτήρα Β και αυτός κρατεί και πιέζει προς τα κάτω το κομμάτι. Για να προφυλάξουμε την επιφάνεια του τραπεζιού από σημάδια, καλό είναι να τοποθετούμε κάτω από τον σφιγκτήρα Β ένα έλασμα Μ από μαλακό μέταλλο.

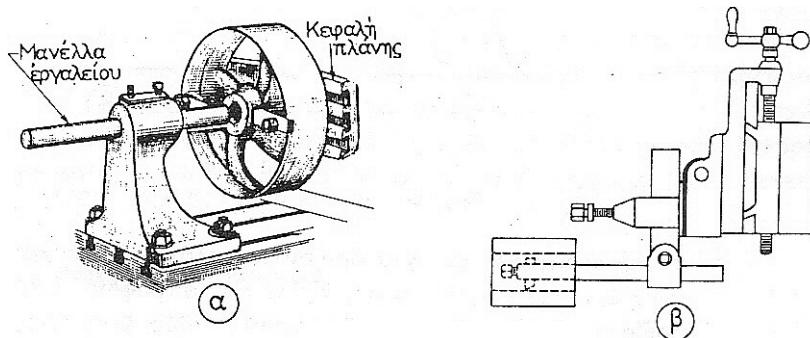
Επί πλέον εδώ έχουμε τοποθετήσει και το κόντρα Α σε κατάλληλο σημείο, ώστε να κρατεί το κομμάτι, όταν πιέζεται από το πλάνισμα. Στο κάτω μέρος του σχήματος βλέπουμε την συγκράτηση παρομοίου κομματιού με απλούστερο τρόπο.

Χρησιμοποιώντας φουρκέτες μπορούμε να σφίξουμε ένα κομμάτι και στην κάθετη επιφάνεια του τραπεζιού. Αυτό το βλέπουμε στο σχήμα 4.43.



Σχήμα 4.43 Συγκράτηση κομματιών κατακόρυφα.

Τέλος στο σχήμα 4.44 βλέπουμε περιπτώσεις κατασκευής εσωτερικού σφηνοδρόμου. Στο (α) ή τροχαλία έχει δεθεί στην κεφαλή της πλάνης και το εργαλείο με ειδικό εργαλειοδέτη στο τραπέζι.



Σχήμα 4.44 Πλάνισμα σφηνοδρόμου.

Με τις περιπτώσεις, που αναφέραμε, περιγράψαμε σχεδόν όλους τους βασικούς τρόπους συγκρατήσεως των κομματιών στην πλάνη. Προτού όμως κλείσουμε το θέμα αυτό, πρέπει να προσθέσουμε ότι οι επιφάνειες των κομματιών, που δεν θέλουμε να σημαδευτούν από το σφίξιμο, πρέπει να προστατεύονται, εκεί που ακουμπούν οι σφιγκτήρες ή τα μάγουλα της μέγγενης, με φύλλα από μαλακό μέταλλο ή με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 4.42, για να προστατεύσουμε την επιφάνεια του τραπέζιού από τον σφιγκτήρα Β.

4.3 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ

Στο σχήμα 4.45 φαίνονται διάφορα κομμάτια κατεργασμένα στην πλάνη.

Τα κομμάτια 1 και 2 χρησιμοποιούνται ως οδηγοί για γλισιέρες.

Το κομμάτι 3 είναι γνωστό ως «θηλυκή χελιδονουρά».

Το κομμάτι 4 χαρακτηρίζεται ως «έμβολο για κοπτικό καλούπι».

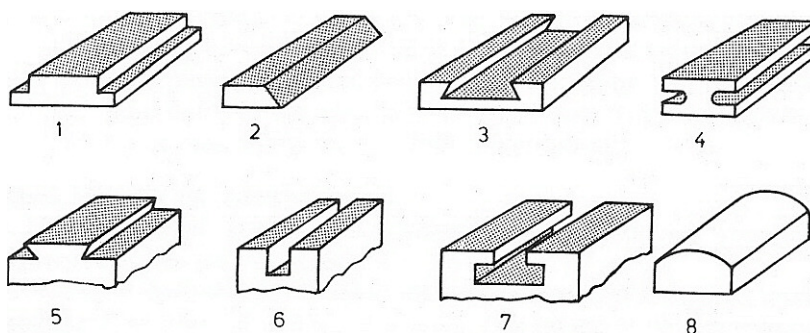
Το κομμάτι 5 είναι γνωστό ως «αρσενική χελιδονουρά».

Το κομμάτι 6 φέρει σχισμή στενή και βαθιά.

Στο κομμάτι 7 έχει διαμορφωθεί αυλάκι διατομής T.

Το κομμάτι 8 στην επάνω επιφάνεια του είναι καμπυλωτό.

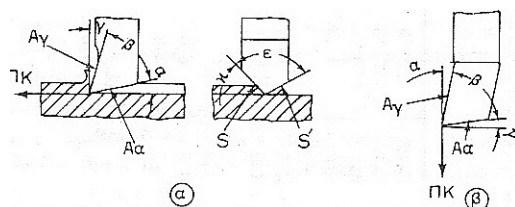
Για να αποδοθούν οι παραπάνω μορφές με το πλάνισμα, χρειάζονται και εργαλεία με κατάλληλη μορφή.



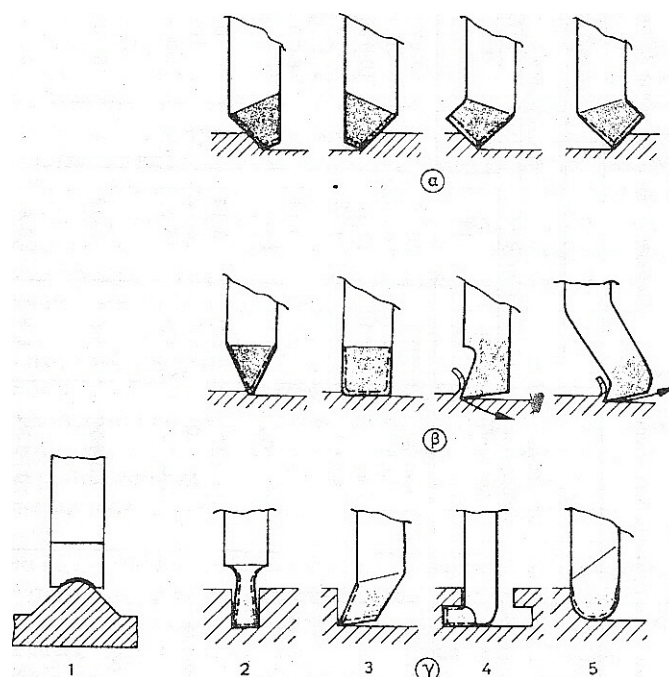
Σχήμα 4.45

Τα κοπτικά εργαλεία που μεταχειριζόμαστε στο πλάνισμα είναι εργαλεία μιας κύριας κόψης.

Οι γωνίες κοπής ενός εργαλείου για πλάνισμα σε οριζόντια βραχεία πλάνη ή σε τραπέζοπλάνη και κατακόρυφη βραχεία πλάνη εικονίζονται στο σχήμα 4.46.

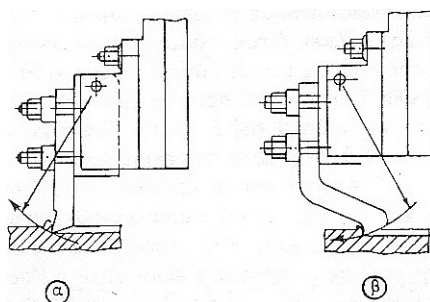


Σχήμα 4.46 Οι γωνίες κοπής στα εργαλεία πλανίσματος: α) Εργαλείο οριζόντιας πλάνης, β) Εργαλείο κατακόρυφης βραχείας πλάνης. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, γ γωνία αποβλίττου, α ελεύθερη γωνία, β γωνία σφήνας, κ γωνία θέσεως της κύριας κόψης, ε περιεχόμενη γωνία, Αγ επιφάνεια αποβλίττου, Αα ελεύθερη επιφάνεια, S κύρια κόψη, S' δευτερεύουσα κόψη).



Σχήμα 4.47 Είδη κοπτικών εργαλείων πλανίσματος. α) Εργαλεία εκχονδρίσεως. β) Εργαλεία αποπερατώσεως. γ) Ειδικά εργαλεία. 1 εργαλείο μορφής, 2 εργαλείο για αυλάκια, 3 πλευρικό εργαλείο, 4 εργαλείο με κάμψη για πλάνισμα αυλακιών μορφής T, 5 εργαλείο με κυκλική μύτη.

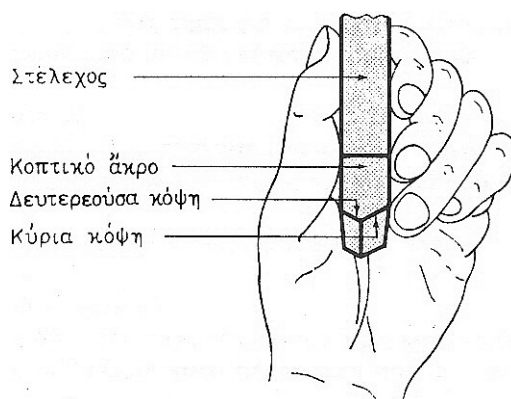
Τα εργαλεία πλανίσματος τα διακρίνουμε σε εργαλεία εκχονδρίσεως και σε εργαλεία αποπερατώσεως. Εξάλλου η διάκριση αυτή, γίνεται στα κοπτικά εργαλεία όλων των κατεργασιών κοπής. Τα εργαλεία εκχονδρίσεως (κόβουν με ταχύ ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου, όπου η θεωρητική διατομή του αποβλίττου θα πρέπει να είναι μεγάλη, άρα μεγάλες και οι δυνάμεις που καταπονούν το εργαλείο) διαμορφώνονται έτσι, ώστε να είναι ισχυρά στην περιοχή της κόψης [σχήμα 4.47 (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 [σχήμα 4.47 (β)]. Ανάλογα με το είδος της εργασίας, τα εργαλεία πλανίσματος είναι δυνατό να πάρουν διάφορα σχήματα, όπως βλέπουμε στο σχήμα 4.47(γ). Με πολλή επιτυχία χρησιμοποιείται το εργαλείο αποπερατώσεως σε μορφή «λαιμού χήνας» [σχήμα 4.47 (β). σχήμα 4.48]. Το εργαλείο αυτό, αν για κάποιο λόγο (αν συναντήσει π.χ. ένα



Σχήμα 4.48 Το εργαλείο σε μορφή «λαιμού χήνας».

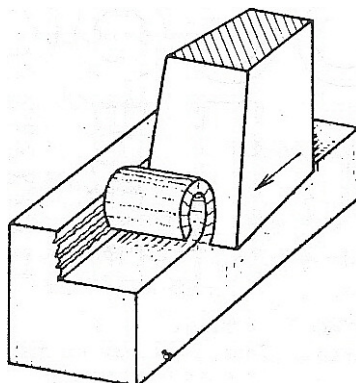
σκληρό κόκκο μετάλλου) παραμορφωθεί ελαστικά προς τα πίσω, δεν επηρεάζει καθόλου την κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού [σχήμα 4.48(β)], ενώ ένα κανονικό ευθύ κοπτικό εργαλείο αποπερατώσεως [σχήμα 4.48 (α)] θα εισχωρούσε μέσα στην επιφάνεια του κομματιού και θα χειροτέρευε την τραχύτητά της.

Τα εργαλεία στην πλάνη χαρακτηρίζονται ως δεξιά και αριστερά. Για το χαρακτηρισμό αυτό κρατάμε το εργαλείο με το κοπτικό άκρο του προς εμάς (σχήμα 4.49). Αν η κύρια κόψη του βρίσκεται προς τα δεξιά μας ή προς τα αριστερά μας, τότε χαρακτηρίζεται αντίστοιχα δεξιό ή αριστερό.



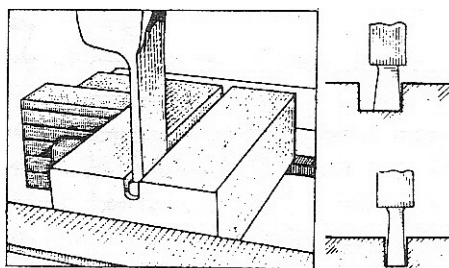
Σχήμα 4.49 Χαρακτηρισμός εργαλείου.

Το εργαλείο του σχήματος 4.50 είναι κατάλληλο για κατακόρυφο ξεχόνδρισμα και αριστερά και δεξιά. Το χρησιμοποιούμε επίσης για οριζόντια αποπεράτωση χυτοσιδήρων επιφανειών. Σ' αυτή την περίπτωση βάζουμε λίγο βάθος, μικρή ταχύτητα και μεγάλη πρόωση (όσο είναι περίπου το πλάτος του εργαλείου).



Σχήμα 4.50 Εργαλείο πλάνης ξεχονδρίσματος ή αποπερατώσεως.

Πολλές φορές στην πλάνη σχίζουμε κομμάτια η ανοίγουμε αυλάκια. Και οι δυο αυτές δουλειές γίνονται με εργαλείο κοπής πλάνης, που έχει την ίδια μορφή περίπου και στις δύο περιπτώσεις, καθώς βλέπουμε και από το σχήμα 4.51.



Σχήμα 4.51 Πλάνισμα αυλακιών.

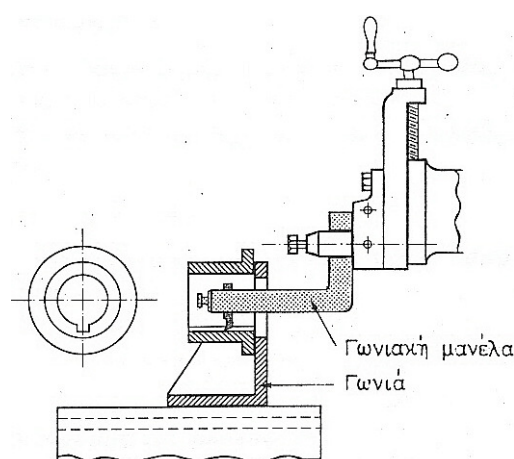
Κάτι, που πρέπει να προσέχουμε ιδιαίτερα κατά το σχίσιμο του κομματιού, είναι η γερή στερέωσή του επάνω στο τραπέζι. Η πολύ καλή στερέωση του κομματιού είναι στην περίπτωση αυτή απαραίτητη, γιατί κατά το σχίσιμο ασκούνται μεγάλες δυνάμεις. Επίσης πρέπει να προσέχουμε, ώστε σε κάθε διαδρομή το βάθος κοπής να είναι λίγο και να ελαττώνεται όσο μεγαλώνει το βάθος του αυλακιού.

Εσωτερικά πλανίσματα.

Μια και εξετάζουμε τα κοπτικά εργαλεία της πλάνης, αναφέρουμε ότι τα εσωτερικά πλανίσματα (σφηνόδρομος σε τρύπες, εσωτερικά πολύγωνα κ.λ.π.) γίνονται, όπως είπαμε, κυρίως σε κατακόρυφες πλάνες και σ' αυτές τις περιπτώσεις για τα εργαλεία

κοπής ισχύουν οι κανόνες των εργαλείων, τους οποίους αναφέραμε προηγουμένως.

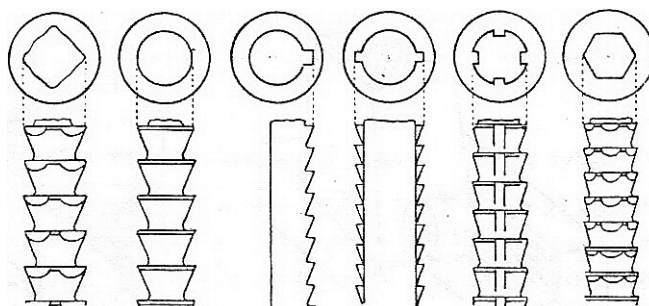
Σε περιπτώσεις ανάγκης ανοίγονται εσωτερικοί σφηνόδρομοι και σε οριζόντιες πλάνες. Το κομμάτι στην περίπτωση αυτή συγκρατείται πάνω σε γωνία, ενώ το εργαλείο συγκρατιέται σε μανέλα (σχήμα 4.52).



Σχήμα 4.52 Άνοιγμα εσωτερικού σφηνόδρομου σε οριζόντια ταχυπλάνη.

Ειδικά, όταν έχουμε να πλανίσουμε τρύπες μικρού μεγέθους, που δεν είναι δυνατόν ή εύκολο να γίνουν στην κατακόρυφη πλάνη, τότε χρησιμοποιούμε ειδικά εργαλεία. Αυτά, έκτος από την κατακόρυφη πλάνη, τα εφαρμόζουμε και σε πρέσες χειροκίνητες υδραυλικές ή καλύτερα σε ειδικές εργαλειομηχανές.

Τα εργαλεία κοπής για μικρές τρύπες φέρουν κατά μήκος κοπτικά δόντια. Κάθε είδος από αυτά χρησιμοποιείται για πλάνισμα ορισμένου είδους τρυμάτων. Στο σχήμα 4.53 βλέπουμε τέτοια εργαλεία κοπής και το είδος της εργασίας που κάνει το καθένα.



Σχήμα 4.53 Εργαλεία που κατασκευάζουμε εσωτερικές τρύπες.

Η εργασία γίνεται ως εξής:

Αφού τρυπήσουμε το κομμάτι και δώσουμε στην τρύπα του την κατάλληλη διάμετρο, το τοποθετούμε στο τραπέζι της κατακόρυφης πλάνης ή της πρέσας. Ακολουθώντας στην τρύπα προσαρμόζεται το κατάλληλο εργαλείο και αρχίζουμε να το πιέζουμε. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 4.53, κάθε δόντι των εργαλείων αυτών είναι λίγο μικρότερο από το επόμενο του. Έτσι κάθε δόντι, καθώς προχωρεί μέσα στην τρύπα, κόβει και λίγο υλικό περισσότερο από ό,τι έχει κόψει το προηγούμενο. Δηλαδή κάθε δόντι προετοιμάζει την εργασία για το επόμενο του.

Υλικά κατασκευής εργαλείων.

Τα εργαλεία πλάνισματος κατασκευάζονται ως επί το πλείστο από ταχυχάλυβα γενικής χρήσεως (όπως είναι ο ταχυχάλυβας 18 - 4 - 1 ή ισοδύναμός του), που αποδίδει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται σε δυο λόγους: ο ένας είναι ότι το πλάνισμα δεν γίνεται σε ψηλές ταχύτητες κοπής (από τη μια μεριά η κινηματική και η κατασκευαστική διαμόρφωση της πλάνης δεν επιτρέπουν ψηλές ταχύτητες κοπής και από την άλλη το πλάνισμα χρησιμοποιείται για παραγωγή κατά μονάδα ή σε μικρές παρτίδες, όπου δεν εφαρμόζονται ψηλές ταχύτητες κοπής), στις οποίες πλεονεκτούν τα σκληρομέταλλα και ο άλλος είναι ότι στην αρχή της ενεργού διαδρομής το εργαλείο κτυπά επάνω στο κομμάτι και αν αυτό είναι από σκληρομέταλλο, μπορεί να υποστεί απολέπιση.

Υπάρχουν όμως και αρκετές περιπτώσεις, όπου χρησιμοποιούνται αποδοτικώς πλακίδια από σκληρομέταλλο τόσο ως επικολλούμενα, όσο και ως ένθετα σε κατάλληλο στέλεχος. Ως τέτοιες περιπτώσεις μπορούμε να αναφέρουμε το πλάνισμα σε ψηλές σχετικά ταχύτητες κοπής (αυτή η δυνατότητα υπάρχει σε πλάνες νεώτερης κατασκευής), το πλάνισμα αποπερατώσεως επιφανειών με απαιτήσεις καλής τραχύτητας επιφάνειας (π.χ. μήτρες διαμορφώσεως), το πλάνισμα δυσκατέργαστων υλικών, όπως είναι οι πυρίμαχοι χάλυβες και άλλες.

Εξαιτίας του κρουστικού φορτίου που υφίσταται το εργαλείο στην αρχή της ενεργού διαδρομής του, όπως είπαμε προηγουμένως, συνιστούνται σκληρομέταλλα αντοχής σε κρούσεις, δηλαδή ποιοτήτων 30 και άνω.

Οι γωνίες κοπής του εργαλείου πλάνισματος εκλέγονται με βάση το υλικό

κατασκευής του (ταχυχάλυβας ή σκληρομέταλλο) και το υλικό του κομματιού που κατεργάζεται. Στον Πίνακα 4.1 παραθέτουμε στοιχεία για μια τέτοια εκλογή γωνιών κοπής κοπτικών εργαλείων πλανίσματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

Συνιστώμενες γωνίες κοπής (γωνία αποβλίττου γ , ελεύθερη γωνία α και γωνία λοξότητας λ) για τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος.

Υλικό κομματιού	Όριο θραύσεως [kr/mm ²]	Υλικό κοπτικού εργαλείου								
		Ταχυχάλυβας						Σκληρομέταλλο		
		Εκχόνδριση			Αποπεράτωση			α [°]	γ [°]	λ [°]
		α [°]	γ [°]	λ [°]	α [°]	γ [°]	λ [°]			
St34 - St37	ως 40	10-12	20-26	8	12-14	18-22	30	8-12	16-22	5-8
St42	ως 50	8-10	18-24	10	10-12	16-20		6-10	12-16	
St50	ως 60	8-10	16-20	12	10-12	14-18		6-10	10-16	
St60	ως 70	6-8	14-18	15	8-10	12-16		5-8	8-14	
St70	ως 80	6-8	10-14	18	8-10	8-12	30	4-8	8-12	6-8
St85	80-100	4-6	10-12	20	6-8	8-10		4-6	6-10	6-8
Χαλυβοκράματα	ως 80	6-8	8-14	18	8-10	8-12	30	4-8	6-10	6-8
	85-100 άνω 100	6-8 4-6	8-12 6-8	18 20	8-10 6-8	6-10 5-8		4-8 4-6	6-8 6-8	6-8 8
Ανοξείδωτοι χάλυβες	60-80	6-8	8-12	—	6-10	8-10	—	5	4-6	8
Χάλυβες εργαλείων	150-180	6-8	6-8	—	4-6	6-8	—	5	4	6
	30-70	6-8	8-14	—	6-10	10-16	—	5	4-6	8
Χυτοχάλυβες	άνω 70	6-8	8-10	—	8-10	8-12	—	5	2-4	8
Φαιοί χυτοσίδηροι: GG - 12, GG - 14 GG - 18, GG - 26	ως 22	8-10	8-14	12	8-14	6-12	30	6-8	8-12	30
	άνω 22	6-8	2-8	20	6-8	0-6		30	4-6	2-8
Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος		6-8	10-12	—	6-8	8-10	—	—	—	—
Κράματα χαλκού	ως 35	8-10	12-25	—	10-12	10-20	—	6-8	10-20	—
	ως 45 άνω 45	6-8 4-6	8-16 2-8	—	8-10 6-8	6-14 0-6	—	4-6 2-4	6-12 0-2	—
Αργίλιο		10-12	24-30	—	8-10	20-24	—	8-10	20-24	—
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

4.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΛΑΝΗ

Η ταχύτητα κοπής κατά το πλάνισμα συμπίπτει με την ταχύτητα της κεφαλής (στις βραχείες πλάνες) ή της τράπεζας (στις τραπεζοπλάνες) στην ενεργό τους διαδρομή και δεν είναι εν γένει σταθερή, αλλά μεταβαλλόμενη, εξαιτίας της κινηματικής διαμορφώσεως της διατάξεως μεταδόσεως της παλινδρομικής κινήσεως. Για το λόγο αυτό και μας ενδιαφέρει η μέση τιμή της ταχύτητας κοπής u_m . Εν τούτοις όμως πρακτικά η μέση αυτή ταχύτητα κοπής u_m δεν διαφέρει σημαντικά από τη μέγιστη τιμή της u_{μ} . Και στις μεν τραπεζοπλάνες, εξαιτίας βέβαια του συστήματος μεταδόσεως της παλινδρομικής κινήσεως στην τράπεζα, 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 σε μέση τιμή της ταχύτητας κοπής θα υπονοούμε και τη μέγιστη. Στην πράξη τη μέση αυτή ταχύτητα κοπής την εκλέγουμε, με βάση το είδος του κατεργασμένου υλικού, την πρόωση και το υλικό του κοπτικού εργαλείου (Πίνακες 4.2, 4.3) και μετά από αυτό επιδιώκουμε να βρούμε τη συχνότητα παλινδρομήσεων n' της κεφαλής ή της τράπεζας της πλάνης για δοσμένη κάθε φορά διαδρομή τους L .

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

Συστάσεις για την εκλογή της ταχύτητας κοπής κατά το πλάνισμα με εργαλείο από ταχυχάλυβα.

Υλικό κομματιού	Ταχύτητα κοπής u^*_{120} σε m/min για πλάνισμα σε οριζόντια πλάνη ή u^*_{60} για πλάνισμα 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	2,0	2,5
St38, St42, C15, C22	33	31	29	27	25	23	22	20	19	17,5	16,5	15,5	14,5
St50, C35	25	23	21,5	20	18,5	17,5	16	15	14	13	12	11,5	10,5
St 60, C 45	20	18,5	17,5	16	15	14	13	12,5	11,5	10,5	10	9,5	8,5
St 70, C 60	16	15	14	13	12,5	11,5	10,5	10	9,5	8,5	8,0	7,5	7,0
GS 38	27	25	23	21	19,5	18	16,5	15,5	14,5	13,5	12,5	11,5	10,5
GS 45	21	19,5	18	16,5	15	14	13	12	11,5	10,5	9,5	9,0	8,5
GS 52	16,5	15	14	13	12	11	10,5	9,5	9,5	8,0	7,5	7,0	6,5
GG 14	36	32	29	26	23	21	18	16	15	13	11,5	10,5	9,5
GG 20	25	23	20	18	16	14,5	13	11,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5
Κράματα χαλκού	για εκχόνδριση 20 ... 25						για αποπεράτωση 30 ... 40						
Κράματα αργιλίου	30 ... 40						50 ... 60						

GS: Χυτοχάλυβας, GG: Φαίος χυτοσίδηρος.

Για βάθος κοπής $a > 12$ mm οι ταχύτητες κοπής πολλαπλασιάζονται επί 0,85.

* u_{120} και u_{60} είναι η ταχύτητα κοπής για ζωή του κοπτικού εργαλείου ίση προς 120 min και 60 min αντίστοιχα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3

Συστάσεις για την εκλογή της ταχύτητας κοπής κατά το πλάνισμα με εργαλείο από σκληρομέταλλο.

Υλικό κομματιού	Ταχύτητα κοπής U_{120} σε m/min 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	2,0	2,5
St 00 ως St 42	77	72	68	65	60	57	54	51	48,5	46	43	40,5	38
St 50	68	65	60	57	54	51	48,5	44	43	40,5	38	36	34
St 60	60,5	58	55	52	49,5	47	44	41	39	37	34,5	33	31
St 70	52	49,5	47	44	41	39	37	34,5	33	31	29	27,5	26
St 85	44	41	39	37	34,5	33	31	29	27,5	26	24,5	23,3	—
Χάλυβες με όριο δράσεως 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
Κράματα χαλκού	για εκχόνδριση 30 ... 80						για αποπεράτωση 50 ... 110						
Κράματα αργιλίου	50 ... 120						80 ... 150						

GS: Χυτοχάλυβες, GG = Φαίος χυτοσίδηρος.

Το πλάνισμα γίνεται, αφού θέσουμε 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 επικολλάται σε ευκολοπρόσιτη θέση στην πλάνη είτε να υπολογισθεί, όπως θα δούμε ευθύς αμέσως.

Ας πούμε ότι ο χρόνος μιας ενεργού διαδρομής της κεφαλής 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 $u_{\epsilon m}$ και u_{vm} . Αν L σε mm είναι η διαδρομή της κεφαλής ή της τράπεζας της πλάνης, θα ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$u_{\epsilon m} = \frac{L}{1000 t_\epsilon} \quad \text{και} \quad u_{vm} = \frac{L}{1000 t_v} \quad [\text{m/min}] \quad (4.1)$$

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

$$t = \frac{1}{n'} \quad [\text{min}] \quad (4.2)$$

Από τις σχέσεις (4.1) είναι προφανές ότι:

$$\frac{u_{vm}}{u_{\epsilon m}} = \frac{t_\epsilon}{t_v} = \delta \quad (4.3)$$

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 (4.1), (4.3) και (4.2). μπορούμε εύκολα να προσδιορίσουμε τη μέση ταχύτητα στην ενεργό διαδρομή $u_{\epsilon m}$ που συμπίπτει, όπως είπαμε, με τη μέση ταχύτητα κοπής u_m , δηλαδή $u_{\epsilon m} = u_m$ από γνωστά μας στοιχεία, άρα:

$$u_{\epsilon m} = \frac{L}{1000 t_\epsilon} = \frac{L}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta+1} \right) \cdot t} = \frac{L}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta+1} \right) \cdot \frac{1}{n'}} \quad (4.4)$$

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

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

Τελικά η σχέση (7.4) μπορεί να γραφεί στις ακόλουθες δυο μορφές:

$$u_m = u_{\epsilon m} (\approx u_{\epsilon m}) = \frac{L \cdot n'}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta+1} \right)} \quad \text{ή} \quad u_m = 2 \frac{u_{\epsilon m} \cdot u_{vm}}{u_{\epsilon m} + u_{vm}} \quad (4.5)$$

$$n' = \frac{1000 \left(\frac{\delta}{\delta+1} \right) \cdot u_m}{L} \quad \text{ή} \quad n' = 1000 \frac{u_m}{2L} \quad (4.6)$$

Οι κύκλοι εργασίας ή η συχνότητα παλινδρομήσεων n' μπορούν να εκλεγούν και από τον πίνακα 4.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

Εκλογή κύκλων εργασίας ανά λεπτό (συχνότητα παλινδρομήσεων).

Κύκλοι εργασίας ανά λεπτό	Διαδρομή [mm]			
	100	200	300	400
	U_p [m/min]			
28	5,3	10,2	14,2	18,2
52	9,8	19	26,2	33,6
80	15,2	29	41	52

Πρόωση στο πλάνισμα λέμε την μετάθεση των κομματιών σε κάθε παλινδρόμηση ή αλλιώς το θεωρητικό πάχος αποκόμματος.

Το μέγεθος της πρόωσης στο πλάνισμα, εξαρτάται κυρίως από την ισχύ και το βάρος της πλάνης, καθώς επίσης και από το μέγεθος του κομματιού, τον τρόπο στερεώσεώς του, την ποιότητα του υλικού κ.λ.π.

Με βάση τα ανωτέρω καθορίζουμε την πρόωση. Θα τύχουν περιπτώσεις, που θα εργασθούμε με πρόωση 0,1 mm, και άλλοτε πάλι, σε μεγάλες τραπεζοπλάνες ή γεφυροπλάνες, θα εργασθούμε με πρόωση 10 ή 20 mm.

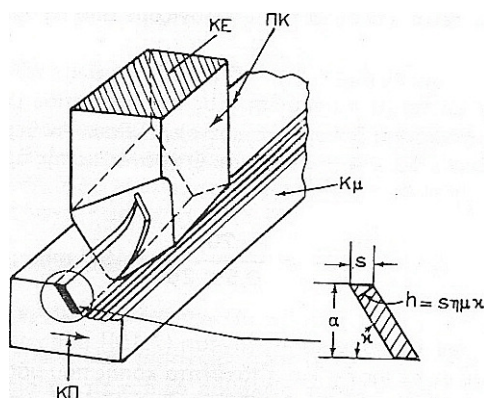
Η πρόωση s στο πλάνισμα (εγκάρσια πρόωση για το πλάνισμα οριζοντίων επιφανειών ή κατακόρυφη πρόωση για το πλάνισμα κατακορύφων επιφανειών) εκφράζεται σε χιλιοστόμετρα (mm) ανά παλινδρόμηση ή ανά ενεργό διαδρομή ή ανά κύκλο πλάνισματος.

Η θεωρητική διατομή του αποβλίττου και ο ρυθμός παραγωγής.

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

$$A = a \cdot s \quad \text{ή} \quad A = \frac{\alpha \cdot h}{\eta \mu \kappa} \quad [\text{mm}^2] \quad (4.7)$$

όπου a σε mm είναι το βάθος κοπής (σχήμα 4.54), h σε mm είναι το θεωρητικό πάχος του αποβλίττου και κ η γωνία θέσεως του κοπτικού εργαλείου.



Σχήμα 4.54 Στοιχεία για τη θεωρητική διατομή και το πάχος του αποβλίττου στο πλάνισμα. (ΠΚ πρωτεύουσα κίνηση, ΚΠ κίνηση πρόωσης, ΚΕ κοπτικό εργαλείο, Κμ κομμάτι).

Το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού τον υπολογίζουμε από τη σχέση:

$$\Theta = A \cdot u_m = \frac{\alpha \cdot s \cdot L \cdot n'}{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1} \right)} \quad [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (4.8)$$

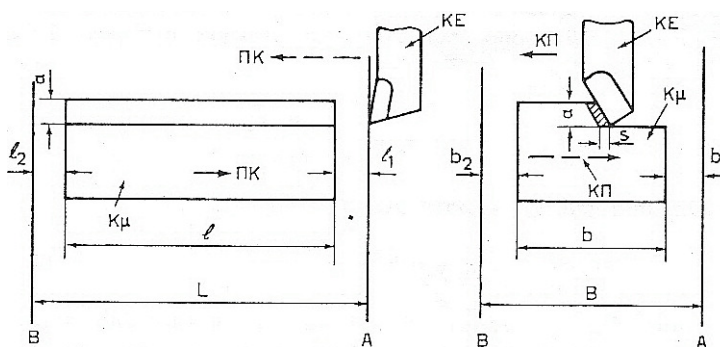
αν λάβουμε υπόψη και τη σχέση (4.5).

Ο χρόνος κοπής στο πλάνισμα (σχήμα 4.55).

Στο πλάνισμα λέγοντας χρόνο κοπής εννοούμε το χρόνο που χρειάζεται το κοπτικό εργαλείο για να κατεργασθεί (να πλανίσει) μία επιφάνεια μήκους l mm και πλάτους b mm ενός κομματιού. Είναι όμως προφανές ότι στον υπολογισμό της διαδρομής του κοπτικού εργαλείου L , όπως και της εγκάρσιας (προς τη διεύθυνση της προώσεως) κινήσεώς του κατά B , για να καλύψει το πλάτος του κομματιού, θα πρέπει να προβλεφθούν και να προστεθούν αντίστοιχα τα μήκη l_1 , l_2 και b_1 , b_2 για την προσέγγιση του εργαλείου προς το κομμάτι και για την απομάκρυνση του από αυτό, δηλαδή:

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

Συνήθως λαμβάνουμε $l_1 = l_2$ και $b_1 = b_2$, (ή $l_1 = 20$ mm και $l_2 = 10$ mm).



Σχήμα 4.55 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 παίρνουμε 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 πλανίσουμε την επιφάνεια αυτή κατά το πλάτος B θα πρέπει το κοπτικό εργαλείο να κάνει x παλινδρομήσεις ή ενεργούς διαδρομές, δηλαδή $x = B / s$. Επειδή όμως η συχνότητα παλινδρομήσεων της κεφαλής ή της τράπεζας στο πρώτο λεπτό είναι n' , προκύπτει ότι ο χρόνος που θα απαιτηθεί για να εκτελέσει το εργαλείο x παλινδρομήσεις ή για να πλανισθεί η θεωρούμενη επιφάνεια θα είναι:

$$t_c = \frac{x}{n'} = \frac{B}{s \cdot n'} \quad [\text{min}] \quad \eta \quad t_c = B \cdot s \cdot t \quad [\text{min}] \quad (4.9)$$

Η σχέση αυτή μπορεί να εκφρασθεί και αλλιώς, εφόσον θα χρειασθεί, αν αντικαταστήσουμε το n' με την τιμή που παίρνει από τη σχέση (4.6).

Η ισχύς στο πλάνισμα.

Στο πλάνισμα η μέση ισχύς κοπής (δεν διαφέρει και σημαντικά από τη μέγιστη ισχύ) εκφράζεται ως εξής [σχέση (4.9)]:

$$N_{km} = \frac{F_T \cdot u_m}{6120} \quad [\text{kW}] \quad (4.10)$$

όπου F_T σε κρ 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 αποβλίττου [σχέση (4.7)] και από την ειδική αντίσταση κοπής k_s με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως στην ορθογωνική κοπή (παράγρ. 1.5), δηλαδή:

$$F_T = A \cdot k_s = \alpha \cdot s \cdot k_s = \frac{\alpha \cdot h \cdot k_s}{\eta \mu \kappa} \quad (4.11)$$

Και για το πλάνισμα ισχύει η γνωστή σχέση (παράγρ. 1.5):

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

όπως και ο πίνακας 1.3 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 αποβλίττου.

Η σχέση (4.11) άρα παίρνει τη μορφή:

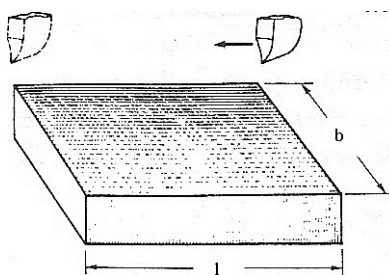
$$F_T = \frac{\alpha \cdot h \cdot k_s}{\eta \mu \kappa} = \frac{\alpha \cdot k_1}{\eta \mu \kappa} h^{1-z} \quad (4.13)$$

Επίσης και για το πλάνισμα ισχύουν οι συντελεστές διορθώσεως της F_T που δώσαμε στην παράγραφο 1.5, δηλαδή οι K_γ , K_u , K_ε 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 $\kappa = 60^\circ$ (σχήμα 4.56). Δεχόμαστε πρόωση $s = 0,50$ mm ανά παλινδρόμηση και βάθος κοπής $a = 4$ mm. Για το δοσμένο υλικό του κομματιού και για την πρόωση που πήραμε εκλέγουμε από τον Πίνακα 4.2 μέση ταχύτητα κοπής $u_{m60} = 14,5$ 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 της κεφαλής στο πρώτο λεπτό.



Σχήμα 4.56

Ζητούμε να προσδιορισθούν:

- α) Η απαιτούμενη συχνότητα παλινδρομήσεως της κεφαλής 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 της κεφαλής προκύπτει:

$$L = 350 + 30 = 380 \text{ mm}$$

Η συχνότητα παλινδρομήσεων n' της κεφαλής θα μας δοθεί από τη σχέση (4.6) δηλαδή:

$$n' = \frac{1000 \left(\frac{\delta}{\delta + 1} \right) u_m}{L} = \frac{1000 \times \frac{1,75}{1 + 1,75} \times 14,5}{380} = \frac{1000 \times 0,64 \times 14,5}{380} = 24,4 \text{ παλινδρομήσεις / min.}$$

Επειδή η πλάνη δεν διαθέτει αυτή τη συχνότητα παλινδρομήσεων της κεφαλής, εκλέγουμε την πλησιέστερη συχνότητα που μπορεί να μας δώσει η πλάνη, δηλαδή $n' = 26$ παλινδρομήσεις / min. Εδώ χρειάζεται να διορθώσουμε ανάλογα [σχέση (4.6)] και την ταχύτητα κοπής που διαλέξαμε, δηλαδή από 14,5 m/min θα πρέπει να γίνει $14,5 \times 26/24,4 = 15,2 \text{ m/min}$. Τη διορθωμένη αυτή ταχύτητα κοπής θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε, όπου χρειασθεί, παρακάτω.

β) Το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού Θ τον υπολογίζουμε από τη σχέση (4.7), 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 (4.9)] 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 (4.10)] 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 (4.11)] από τη θεωρητική διατομή του αποβλίττου $A = a \cdot s$ (γνωστή) και από την ειδική αντίσταση κοπής k_s , την οποία παίρνουμε από τον Πίνακα 1.3 συναρτήσει του θεωρητικού πάχους h του αποβλίττου. Επειδή στο πλάνισμα το θεωρητικό πάχος του αποβλίττου δίνεται ως (σχήμα 4.54):

$$h = s \cdot \eta_{\mu\kappa} = 0,5 \times \eta_{\mu 60^\circ} = 0,5 \times 0,866 = 0,433 \text{ mm}$$

η ειδική αντίσταση κοπής για το χυτοσίδηρο που θα πλανίσουμε προκύπτει ως $k_s \cong 145 \text{ kp/mm}^2$.

Η δύναμη F_T κατά συνέπεια θα είναι:

$$F_T = \alpha \cdot s \cdot k_s = 4 \times 0,5 \times 145 = 290 \text{ kp}$$

και η ισχύς κοπής:

$$N_K = \frac{290 \times 15,2}{6112} = 0,72 \text{ kW}$$

Η διορθωμένη ισχύς κοπής προσδιορίζεται από την ισχύ N_K που βρήκαμε, αν λάβουμε υπόψη τους διορθωτικούς συντελεστές K_γ , K_u , K_ϵ και K_ϕ (παράγρ. 1.5).

Στην περίπτωση μας θα έχουμε:

$$K_\gamma = 1 - \frac{\gamma - \gamma_\alpha}{66,7} = 1 - \frac{6 - 2}{66,7} = 1 - \frac{4}{66,7} = 1 - 0,06 = 0,94 \text{ από τη σχέση (1.16).}$$

$$K_u = 1,26 \text{ από το σχήμα 1.40.}$$

$$K_\epsilon = 1,0 \text{ και } K_\phi = 1,3 \text{ (το εκλέγουμε).}$$

Η διορθωμένη κατά συνέπεια ισχύς κοπής θα προκύψει:

$$N_{K\delta} = K_\gamma \cdot K_u \cdot K_\epsilon \cdot K_\phi \cdot N_K = 0,94 \times 1,26 \times 1,0 \times 1,3 \times 0,72 = 1,1 \text{ kW}$$

ε) Η ονομαστική τέλος ισχύς του ηλεκτροκινητήρα της πλάνης για τη διορθωμένη ισχύ κοπής θα είναι η ισχύς κοπής προς το συνολικό μηχανικό βαθμό απόδοσης της πλάνης [σχέση (1.17)]:

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

Η ονομαστική ισχύς του ηλεκτροκινητήρα προτυποποιείται ως εξής:

$$1,5-3-4-7,5-15-25-40-50-75-100-150 \text{ [kW]}$$

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη ισχύς ηλεκτροκινητήρα (πίνακας 1.2) είναι 1,5 kw, που όπως βλέπουμε συμπίπτει περίπου με την ισχύ που υπολογίσαμε, δηλαδή τη $N_o = 1,58 \text{ kW}$. Άρα μπορούμε να εκτελέσουμε το πλάνισμα αυτό σε μια πλάνη με ονομαστική ισχύ τουλάχιστο 1,5 kW.

Πώς εκλέγουμε τις συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής.

Το βάθος κοπής το εκλέγουμε ανάλογα με το αν κάνουμε στο κομμάτι εκχόνδριση ή τελική κατεργασία. Στην κατεργασία εκχονδρίσεως θέτουμε στην πλάνη μεγάλο βάθος κοπής [εφόσον βέβαια η πλάνη μπορεί να ανταποκριθεί από άποψη ισχύος, σχέσεις (4.10), (4.11) 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 πλανίζουμε το κομμάτι σε δύο ή και σε περισσότερα «πάσσα». Η πιο καλή πρακτική είναι, αν απαιτείται και τελική κατεργασία της επιφάνειας, να κάνουμε ένα πάσσο εκχονδρίσεως (εφόσον αυτό το επιτρέπει το πάχος του υλικού που θα πρέπει να αφαιρεθεί) και ένα πάσσο αποπερατώσεως εκλέγοντας αντίστοιχα το βάθος κοπής. Ενδεικτικά μπορούμε να πούμε ότι το βάθος κοπής για κατεργασία εκχονδρίσεως σε βραχείες πλάνες μπορεί

να φθάσει και τα 6 mm περίπου (ένας 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 εφαρμόζουμε μικρές προώσεις και μεγάλες ταχύτητες κοπής, για να επιτύχουμε βελτιωμένη τραχύτητα επιφάνειας.

Την ταχύτητα κοπής την εκλέγουμε ανάλογα με το υλικό του κομματιού που πρόκειται να πλανίσουμε, με το υλικό κατασκευής του κοπτικού εργαλείου και την πρόωση επιφέροντας και κάποια διόρθωση για μεγάλα βάθη κοπής (Πίνακας 4.2). Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής δίνουμε στους Πίνακες 4.2 και 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, όπως και η δυνατότητα για απομάκρυνση των γρεζιών από το χώρο κοπής που αυτό μας 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 πλάνισματος είναι δυνατό με χρήση κατάλληλου υγρού κοπής να επιτύχουμε (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.

Πώς ελέγχουμε πλανισμένα κομμάτια.

Οριζόντιες επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, σαν αυτές που μορφοποιούμε στη τραπεζοπλάνη, ελέγχονται με την αεροστάθμη. Μικρότερες επιφάνειες ελέγχονται με το μετρητικό ρολόι προσαρμοσμένο σε κατάλληλο υποστήριγμα επάνω στη πλάκα εφαρμογής ή στην οριζοντιωμένη τράπεζα της πλάνης.

Η καθετότητα πλευρών ελέγχεται με την ορθή γωνία ή με τη βοήθεια του μετρητικού ρολογιού στηριγμένο σε κατάλληλο υποστήριγμα στην πλάκα εφαρμογής ή στη τράπεζα της πλάνης. Ο έλεγχος επιφανειών υπό κλίση γίνεται με τη βοήθεια του μοιρογνωμονίου με βερνιέρο.

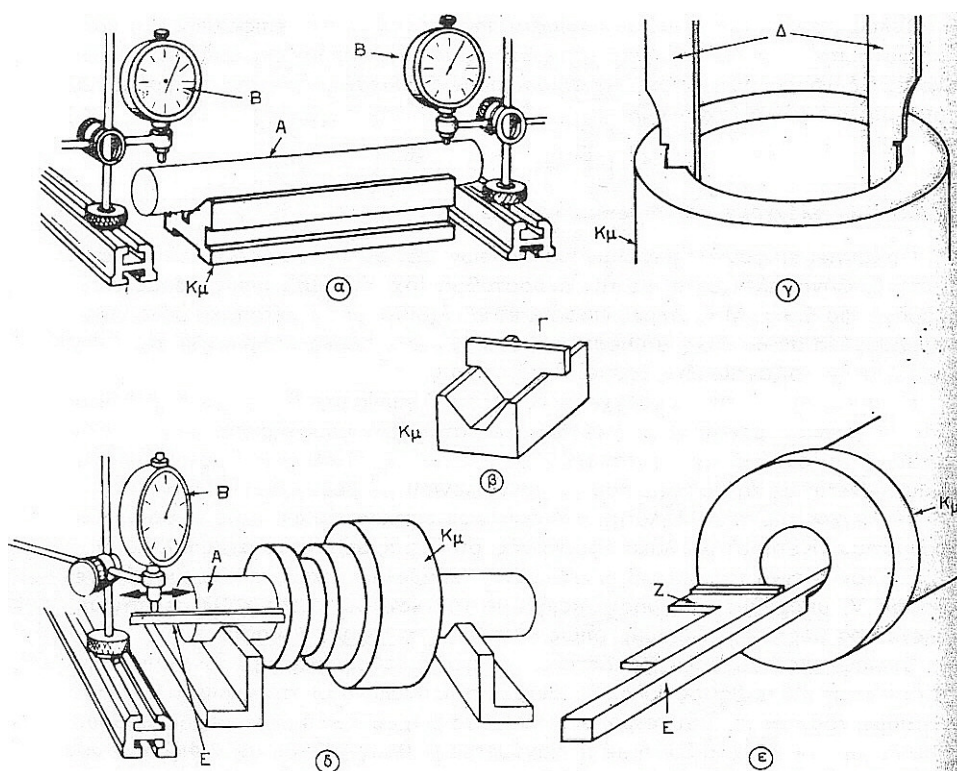
Ο έλεγχος της παραλληλότητας κεκλιμένων επιφανειών ως προς τη βάση του κομματιού γίνεται στην πλάκα εφαρμογής, όπως μας δείχνει το σχήμα 4.57(α).

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 4.57(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 ραβδίό βάθους του παχυμέτρου ή με το παχύμετρο βάθους ή με μικρόμετρο βάθους.

Τέλος, ο έλεγχος εσωτερικών σφηνοδρόμων εκτελείται, όπως εικονίζεται στα σχήματα 4.57 (γ), (δ), (ε). Το βάθος του σφηνοδρόμου μετριέται με παχύμετρο [σχήμα 4.57(γ)] και το πλάτος του συνήθως με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων. Για να ελέγξουμε τη παραλληλότητα του σφηνοδρόμου με το κοίλο, στο οποίο πλανίζεται όπως και την καθετότητά του ως προς το πρόσωπο του κομματιού μεταχειριζόμαστε τις διατάξεις που εικονίζονται αντίστοιχα στα σχήματα 4.57(δ) και 4.57(ε).



Σχήμα 4.57 Πως μετρούμε ή ελέγχουμε πλανισμένα κομμάτια. α) Κεκλιμένες επιφάνειες. β) Τη μορφή των κομματιών. γ) Το βάθος σφηνοδρόμου. δ) Την παραλληλότητα του σφηνοδρόμου με το κοίλο. ε) Την καθετότητα του σφηνοδρόμου ως προς το πρόσωπο του κομματιού. (Α πρότυπος κύλινδρος, Β μετρητικό ρολόι, Γ καλίμπρα, Δ τα δύο ράμφη παχυμέτρου για τη μέτρηση εσωτερικών διαστάσεων, Ε ολισθαίνουσα σφήνα, Ζ ελεγκτική ορθή γωνία, Κμ κομμάτι).

Μέτρα για την πρόληψη ατυχήματος στο πλάνισμα.

Κατά το πλάνισμα εκτός από τα γενικά προστατευτικά μέτρα που λαμβάνουμε κατά την εργασία μας στο μηχανουργείο, συνιστούμε και τα εξής επί πλέον:

- Οι δυο βασικές αιτίες ατυχήματος κατά το πλάνισμα είναι από τη μία μεριά η εκτόξευση γρεζιών και από τη άλλη «πιάσιμο» ανάμεσα στο κομμάτι και στο εργαλείο. Άρα, αν από το κοπτικό εργαλείο ξεπετιούνται γρέζια, τότε ο χειριστής της πλάνης δεν θα πρέπει να παρακολουθεί το εργαλείο, καθώς αυτό κόβει, επίσης δεν θα

πρέπει να βάζει τα δάχτυλά του κοντά στο σταθερό ή κινούμενο εργαλείο, ανάλογα με το είδος της πλάνης στην οποία εργάζεται.

- Μετρήσεις ή ρυθμίσεις κατά τη διάρκεια παλινδρομήσεως της κεφαλής ή της τράπεζας της πλάνης απαγορεύονται. Θα πρέπει να εκτελούνται με σταματημένη την πλάνη.

- Σε περιπτώσεις, όπου η κεφαλή μιας οριζόντιας βραχείας πλάνης στην ακραία του θέση προεξέχει σε διαδρόμους ή βρίσκεται κοντά σε τοίχο ή σε άλλο αντικείμενο, θα πρέπει αυτή (η κεφαλή) 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 T θα πρέπει να γίνεται με κανονικό και ασφαλές σφίξιμο τους.

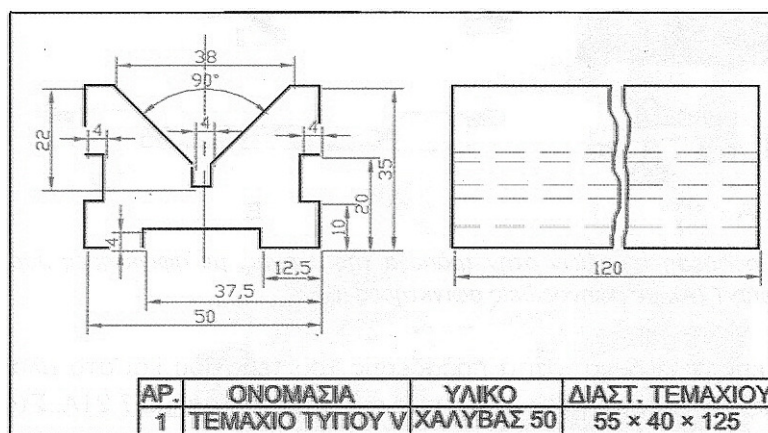
- Τέλος, επιβάλλεται και στο πλάνισμα το κανονικό ντύσιμο του τεχνίτη.

4.5 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΠΛΑΝΗ

Άσκηση 4.1

Πλάνισμα τεμαχίου τύπου V

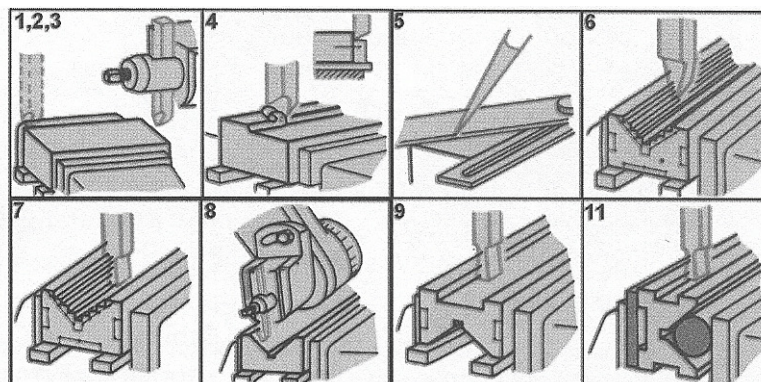
Στο κατασκευαστικό σχέδιο δίδονται οι διαστάσεις ενός τεμαχίου τύπου V που θα κατεργασθεί σε μια βραχεία πλάνη. Οι φάσεις και τα στάδια κατεργασίας φαίνονται παρακάτω.



Κατασκευαστικό σχέδιο τεμαχίου τύπου V.

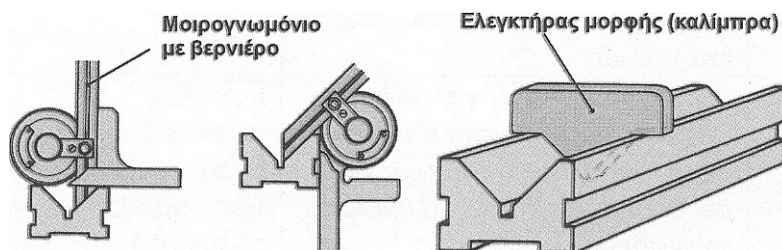
Ο αριθμός των κύκλων εργασίας, σύμφωνα με τον πίνακα 4.4, ρυθμίζεται στους 52 κύκλους εργασίας το λεπτό. Στον υπολογισμό της διαδρομής του εμβόλου, εκτός από το μήκος πλάνισματος του τεμαχίου, συνυπολογίζονται, όπως αναφέρθηκε και στην σελίδα 223, η απόσταση προσέγγισης του εργαλείου στο τεμάχιο, που είναι γύρω στα 20 mm, και η απόσταση απομάκρυνσης, που είναι αντίστοιχα γύρω στα 10 mm.

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Έδραση και ευθυγράμμιση του τεμαχίου	Μέγγενη, παράλληλα πλακίδια
2	Σύσφιξη του εργαλείου εκχόνδρισης	Εργαλείο εκχόνδρισης
3	Ρύθμιση του αριθμού κύκλων, της διαδρομής του εμβόλου και της πρόωσης.	
4	Πλάνισμα (συνεχές) των μακρόστενων πλευρών (η ρύθμιση βάθους κοπής γίνεται με πρότυπα πλακίδια)	Εργαλείο εκχόνδρισης, εργαλείο αποπεράτωσης, πρότυπα πλακίδια.
5	Χάραξη της μορφής V, εσοχών και αυλακιών	Ορθή ελεγκτική γωνία, μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο, παχύμετρο, χάρακας, κεντρική πόντα
6	Εκχόνδριση της μορφής V	Εργαλείο εκχόνδρισης
7	Πρόσδεση του κατάλληλου εργαλείου για αυλάκια και πλάνισμα των αυλακιών	Ειδικό εργαλείο πλανίσματος για αυλάκια
8	Ρύθμιση της εργαλειοφόρας κεφαλής υπό γωνίαν, πρόσδεση εργαλείου αποπεράτωσης, αποπεράτωση των κεκλιμένων επιφανειών	Εργαλείο αποπεράτωσης
9	Επαναφορά της εργαλειοφόρας κεφαλής στην κανονική της θέση, αναστροφή του τεμαχίου και συγκράτησή του, πλάνισμα της εσοχής	Εργαλείο αποπεράτωσης, ειδικό εργαλείο πλανίσματος για αυλάκια
10	Αναστροφή του τεμαχίου και συγκράτησή του, πλάνισμα των αυλακιών των πλαινών πλευρών	Ειδικό εργαλείο πλανίσματος για αυλάκια
11	Αποπεράτωση	Εργαλείο αποπεράτωσης
Εργαλεία μέτρησης: Παχύμετρο, μικρόμετρο, ορθή ελεγκτική γωνία, μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο.		

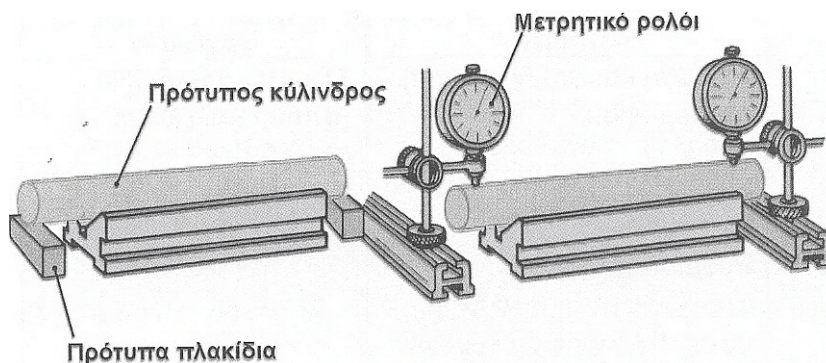


Στάδια πλάνιματος τεμαχίου τύπου V.

Η καθετότητα των εξωτερικών πλευρών ελέγχεται με ορθή ελεγκτική γωνία, ενώ για τις κεκλιμένες επιφάνειες ο έλεγχος γίνεται με το μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο. Για τον έλεγχο της μορφής χρησιμοποιούμε κατάλληλο ελεγκτήρα μορφής (καλίμπρα).



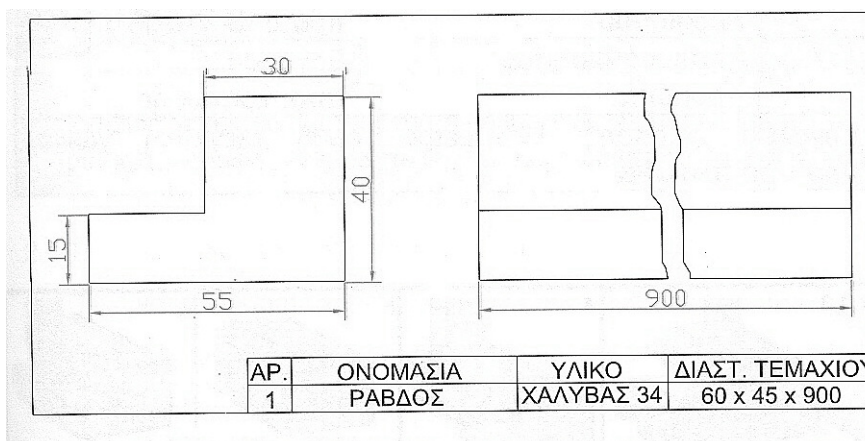
Τέλος, η παραλληλότητα των κεκλιμένων επιφανειών σε σχέση με τη βάση του τεμαχίου ελέγχεται με πρότυπο κύλινδρο και πλακίδια ή με το μετρητικό ρολόι.



Άσκηση 4.2

Πλάνισμα ράβδου

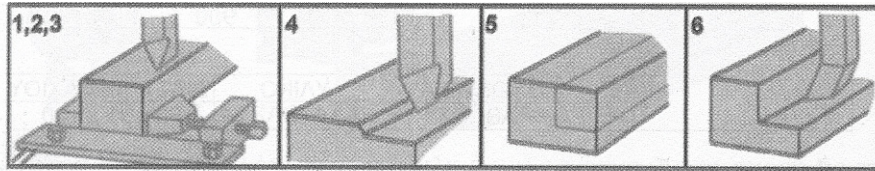
Η οδηγητική ράβδος του κατασκευαστικού σχεδίου πρόκειται να κατεργασθεί με τραπεζοπλάνη. Οι φάσεις κατεργασίας και τα στάδια του πλάνιματος φαίνονται παρακάτω.



Κατασκευαστικό σχέδιο ράβδου.

Καθώς το τεμάχιο δεν είναι δυνατόν να συσφιχθεί από επάνω, πρέπει να χρησιμοποιηθούν τερματικά πλακίδια (στοπς) και ειδικοί σφιγκτήρες. Ο απαιτούμενος αριθμός κύκλων θα καθορισθεί, συνεκτιμώντας το μήκος της διαδρομής και την ταχύτητα κοπής. Το μήκος και η θέση κάθε διαδρομής μπορούν να ορισθούν με τη βοήθεια τερματικών πλακιδίων (στοπς). Πρότυπα πλακίδια χρησιμοποιούνται για τη ρύθμιση του βάθους κοπής.

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Έδραση και ευθυγράμμιση του τεμαχίου	Τερματικά πλακίδια (στοπς) και ειδικοί σφιγκτήρες
2	Σύσφιξη του εργαλείου εκχόνδρισης	Εργαλείο εκχόνδρισης
3	Ρύθμιση του εγκάρσιου φορείου στο απαιτούμενο ύψος, του αριθμού κύκλων εργασίας, της διαδρομής της τράπεζας και της πρόωσης.	
4	Εκχόνδριση και αποπεράτωση μακρόστενων πλευρών	Εργαλείο εκχόνδρισης, εργαλείο αποπεράτωσης, πρότυπα πλακίδια.
5	Χάραξη του προσώπου (πλαινής πλευράς)	Γραφέας ύψους, ορθή ελεγκτική γωνία
6	Σύσφιξη του εργαλείου κοπής και πλάνισμα του προσώπου	Εργαλείο αποπεράτωσης, πρότυπα πλακίδια
7	Αποπεράτωση του προσώπου	Εργαλείο αποπεράτωσης
Εργαλεία μέτρησης: Παχύμετρο, ορθή ελεγκτική γωνία, πρότυπα πλακίδια.		



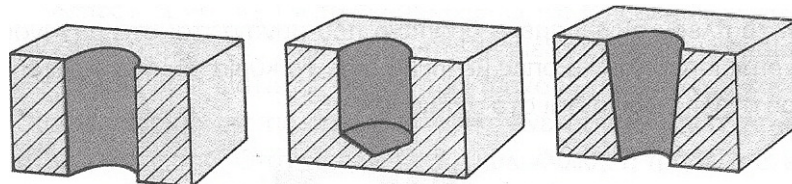
Στάδια πλανίσματος ράβδου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

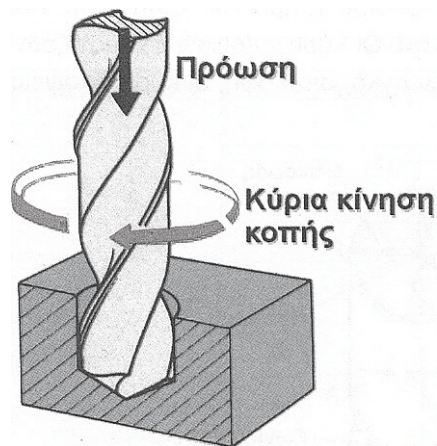
ΔΡΑΠΑΝΟ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το δράπανο είναι η εργαλειομηχανή στην οποία γίνεται η διάτρηση (ή τρυπάνισμα) και οι συναφείς με αυτό κατεργασίες. Η διάτρηση είναι μια κατεργασία κοπής που δημιουργεί κυλινδρικές οπές (διαμπερείς ή τυφλές) ή διευρύνει ή αποτελειώνει ήδη υπάρχουσες σε μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά (σχήμα 5.1) με κοπτικό εργαλείο, το ελικοειδές τρυπάνι, το οποίο συνήθως έχει δύο κύριες κόψεις. Το τρυπάνι για να εργαστεί, πρέπει να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του (πρωτεύουσα κίνηση ή κύρια κίνηση κοπής) και ταυτόχρονα να προωθείται (να προχωρεί) αξονικά συνεχώς μέσα στο κομμάτι, που πρόκειται να τρυπήσουμε (συνεχής κίνηση προώσεως) [σχήμα 5.2]. Το τρυπάνι στερεώνεται με τη βοήθεια ειδικού σφιγκτήρα στην κωνική υποδοχή της ατράκτου της εργαλειομηχανής, ενώ το κομμάτι συγκρατείται σταθερά στην τράπεζά της.



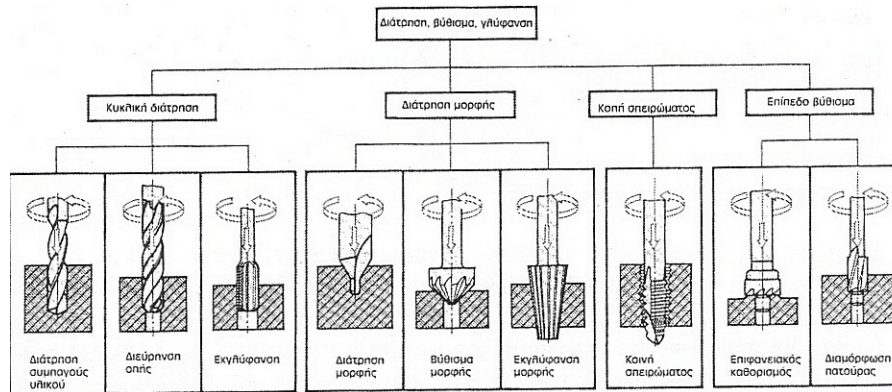
Σχήμα 5.1 Παραδείγματα οπών από διάτρηση.



Σχήμα 5.2 Κινηματική της διάτρησης.

Κατεργασίες παρόμοιες με το τρυπάνισμα (κατεργασίες δηλαδή όπου χρειάζεται το κοπτικό εργαλείο να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του και συγχρόνως να προωθείται συνεχώς αξονικά) είναι οι ακόλουθες (σχήμα 5.3):

- α) Η γλύφανση.
- β) Η εκβύθιση.
- γ) Η εσωτερική σπειροτόμηση.



Σχήμα 5.3 Μέθοδοι κατεργασίας διάτρηση, βύθισμα, εκγλύφωση.

5.2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΡΑΠΑΝΟΥ

Λόγω της πολλαπλής χρησιμότητάς του το δράπανο παρακολούθησε από κοντά την εξέλιξη των άλλων εργαλειομηχανών κοπής, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται σήμερα σε μεγάλη ποικιλία τόσο από πλευράς μορφών όσο και μεγεθών.

Κατάταξη δραπάνων.

Επειδή η ποικιλία των δραπάνων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι πάρα πολύ μεγάλη, η κατάταξή τους θα γίνει σύμφωνα με κάποιο κριτήριο. Έτσι:

α) Με βάση το βάρος - μέγεθος τα δράπανα διακρίνονται σε:

- Ελαφρά με προορισμό την ελαφριά μηχανουργική.
- Μέσου μεγέθους.
- Βαρέως τύπου.

β) Με βάση τη θέση της κύριας ατράκτου διακρίνονται σε:

- Κατακόρυφα στήλης και κατακόρυφα με ορθοστάτη.
- Οριζόντια.

γ) Με βάση τον αριθμό των ατράκτων που τρυπούν ταυτόχρονα σε:

- Μονοάτρακτα.
- Πολυάτρακτα.

δ) Με βάση τον τρόπο κινήσεως της κύριας ατράκτου σε:

- Χειροκίνητα.
- Μηχανοκίνητα.
- Χειροκίνητα πεπιεσμένου αέρα.

ε) Με βάση την ακρίβεια κατεργασίας σε:

- Κοινά.
- Ακρίβειας.
- Ειδικά μεγάλης ακρίβειας (Radial κλπ.).

Βασικές έννοιες.

Το τρυπάνισμα όπως είπαμε προηγουμένως προέρχεται από συνδυασμό δύο κινήσεων που γίνονται ταυτόχρονα.

Οι κινήσεις μπορούν να γίνουν είτε από το τρυπάνι με σταθερό το κομμάτι (σχήμα 5.2) είτε από το κομμάτι με σταθερό το τρυπάνι, είτε η μια από το τρυπάνι και η άλλη από το κομμάτι.

Η περιστροφική κίνηση δίνει την ταχύτητα κοπής.

Η μεταφορική κίνηση δίνει την πρόωση.

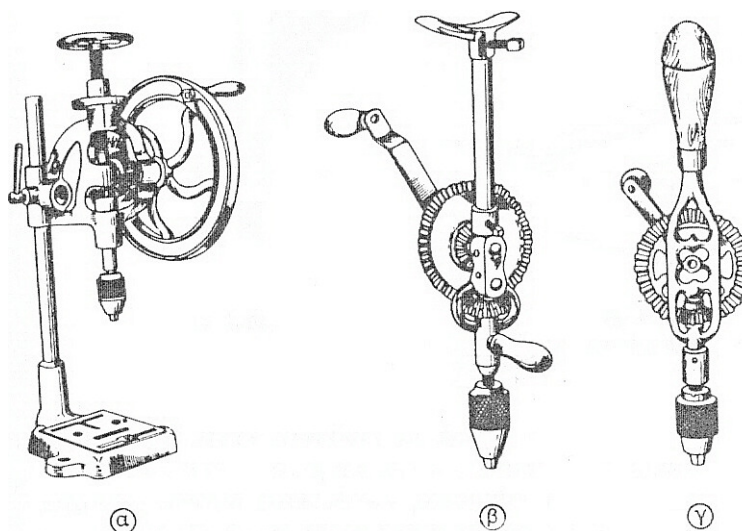
- Διατρητική ικανότητα δραπάνου.

Διατρητική ικανότητα δραπάνου ονομάζεται η μεγαλύτερη διάμετρος τρυπανιού που μπορεί να δεχθεί η κύρια άτρακτος προκειμένου να τρυπήσει συμπαγή (χωρίς προοπή) χάλυβα με κανονικές συνθήκες, αντοχής 600 N/mm^2 .

Περιγραφή των κυριότερων τύπων δραπάνων.

Χειροκίνητα δράπανα.

Είναι δράπανα τα οποία κινούνται με το χέρι (σχήμα 5.4).



Σχήμα 5.4 Χειροκίνητα δράπανα: α) Με βάση. β) Στηθοδράπανο. γ) Κοινό.

Δράπανα στήλης (σχήμα 6.5β).

Η μετάδοση της κινήσεως από τον ηλεκτροκινητήρα στην κύρια άτρακτο στα δράπανα στήλης γίνεται με τη βοήθεια τραπεζοειδών ιμάντων και τροχαλιών η και απευθείας.

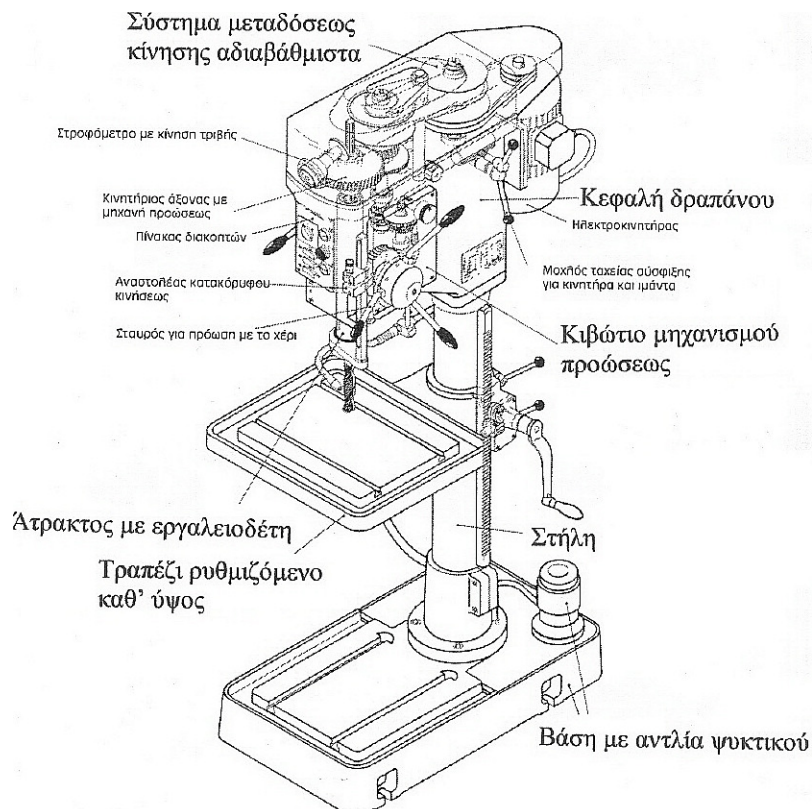
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.5 η στήλη είναι κυλινδρική. Το τραπέζι με τη βοήθεια του χειρομοχλού και του οδοντωτού κανόνα ανεβοκατεβαίνει και περιστρέφεται γύρω από την κολώνα. Σταθεροποιείται στις διάφορες θέσεις με χειρομοχλό.

Στο σχήμα 5.6 φαίνεται πως γίνεται η πρόωση της ατράκτου. Δηλαδή πως μπορεί η άτρακτος ταυτόχρονα να περιστρέφεται και να κατεβαίνει.

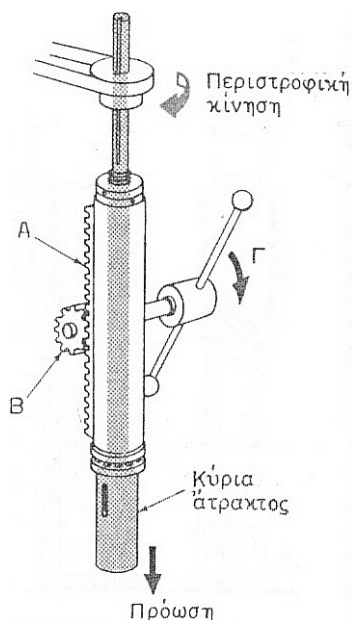
Στο σχήμα 5.7 φαίνεται πώς ρυθμίζεται και εξασφαλίζεται με τον κοχλία α το κατώτερο σημείο της διαδρομής της ατράκτου.

Τα κομμάτια που θα τρυπηθούν δένονται στο τραπέζι. το οποίο για το σκοπό αυτό έχει λούκια μορφής "Τ". Κομμάτια με μεγάλο ύψος δένονται απευθείας στην πλάκα βάσεως που φέρει επίσης λούκια "Τ".

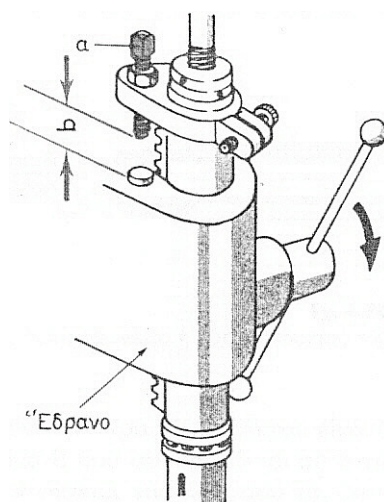
Τα δράπανα στήλης κατασκευάζονται για ικανότητα τρυπήματος από 13 mm και μέχρι το πολύ 32 mm.



Σχήμα 5.5 Δράπανο στήλης.



Σχήμα 5.6 Άτράκτος δραπάνου. Α) Οδοντωτός κανόνας. Β) Οδοντωτός τροχός. Γ) Χειρομοχλός πρόωσεως.

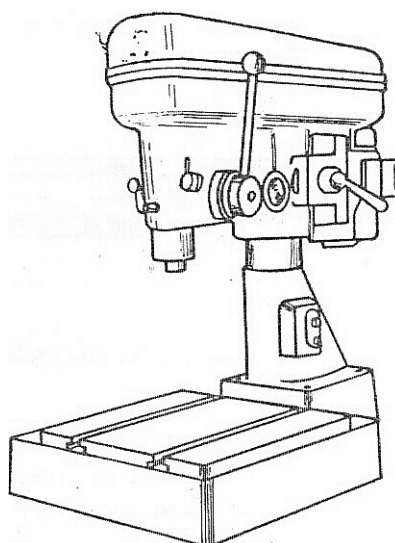


Σχήμα 5.7 Μηχανισμός ορίου βάθους.

α) Επιτραπέζιο δράπανο (σχήμα 5.8).

Είναι κατά κανόνα μικρό δράπανο στήλης, συνήθως χωρίς ιδιαίτερο τραπέζι γιατί σαν τραπέζι χρησιμοποιείται η βάση του.

Κατασκευάζονται για ελαφριές εργασίες και μπορούν να τρυπήσουν κομμάτια από 6 mm μέχρι 10 mm.



Σχήμα 5.8 Επιτραπέζιο δράπανο.

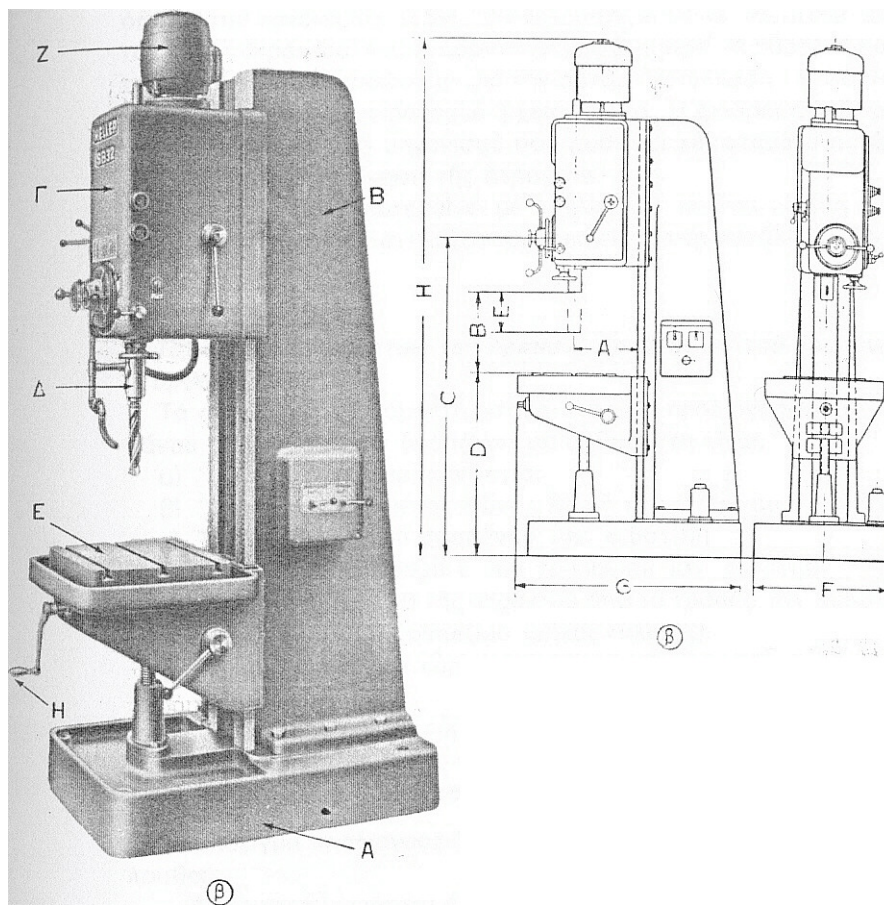
β) Δράπανο μέσου μεγέθους με ορθοστάτη.

Ο τύπος αυτός του δρανάνου (σχήμα 5.9) χρησιμοποιείται πολύ στα μηχανουργεία για ελαφριές και μέσου βάρους εργασίες. Χαρακτηρίζεται για τη στιβαρότητά του και κατασκευάζεται σε 2 ή 3 μεγέθη για διατρητική ικανότητα από 22 mm μέχρι 50 mm.

Αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Τη βάση Α.
- Τον ορθοστάτη Β (κορμός ή στήλη).
- Το κιβώτιο ταχυτήτων Γ, το οποίο εκτός από την κύρια άτρακτο Δ φέρει το κιβώτιο προώσεων και το μηχανισμό προώσεων.
- Το τραπέζι Ε και

- τον ηλεκτροκινητήρα Z.



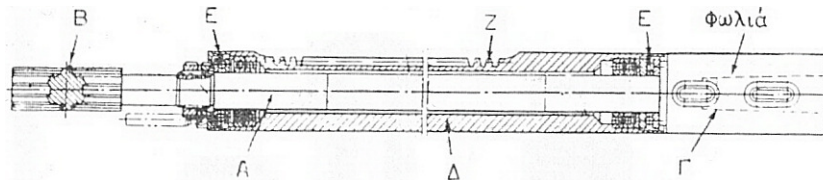
Σχήμα 5.9 α) Δράπανο μέσου μεγέθους με ορθοστάτη. β) Γραμμικό σχέδιο του δραπάνου με τα στοιχεία προδιαγραφής του.

Στη βαριά βάση Α, κατασκευασμένη από χυτοσίδηρο, προσαρμόζεται ο ορθοστάτης Β. Ο ορθοστάτης ή κορμός φέρει όλες τις υπόλοιπες δομικές μονάδες του δραπάνου, δηλαδή τον ηλεκτροκινητήρα Ζ, το κιβώτιο ταχυτήτων Γ και το τραπέζι Ε. Ο ορθοστάτης είναι συνήθως κοίλο χυτό σε σχήμα κουτιού.

Στην εμπρός πλευρά του φέρει κατακόρυφους ολισθητήρες για το ανεβοκατέβασμα της κινητής κεφαλής και του τραπέζιού. Εσωτερικά του ορθοστάτη τοποθετούνται οι διάφορες καλωδιώσεις και ηλεκτρικές συσκευές ελέγχου του δραπάνου.

Στην κεφαλή Γ τοποθετείται το κιβώτιο ταχυτήτων, το οποίο με κατάλληλους συνδυασμούς μεταθέσεων με οδοντοτροχούς, αποδίδει συνήθως 8 -12 ταχύτητες στην άτρακτο. Η κίνηση στο κιβώτιο δίνεται απευθείας από τον ηλεκτροκινητήρα Ζ με σταθερό αριθμό στροφών συνήθως 1400 στρ/min ή 2800/1400 στρ/min.

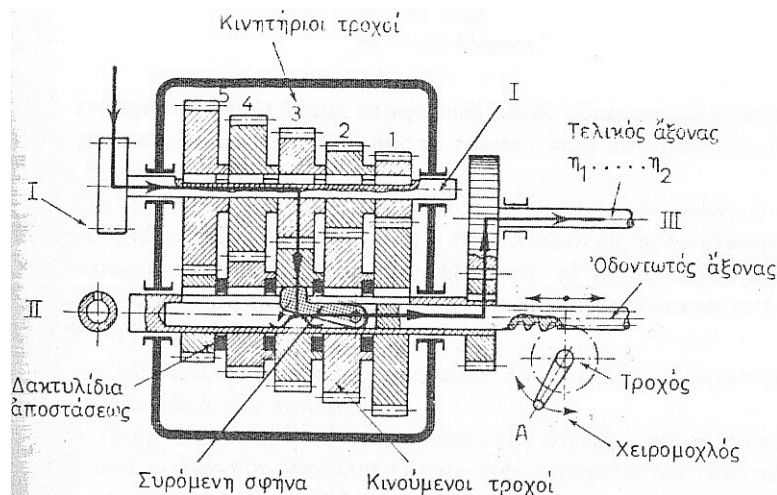
Η άτρακτος Α στο κάτω μέρος της φέρει κολουροκωνική τρύπα Γ (ή φωλιά) με ορισμένη κλίση (κώνο Μορς) σχήμα 5.10. Σ' αυτή την κωνική τρύπα εφαρμόζεται και συγκρατείται ο σφιγκτήρας του τρυπανιού (τσοκ) ή απευθείας το τρυπάνι όταν το στέλεχός του είναι κωνικό.



Σχήμα 5.10 Πώς διαμορφώνεται η κύρια άτρακτος του δραπάνου μαζί με το χιτώνιό της.

Το επάνω άκρο της ατράκτου A είναι διαμορφωμένο σε εξωτερικό πολύσφηνο B που συναρμόζεται σε αντίστοιχα θηλυκό του γραναζιού εξόδου κινήσεως του κιβωτίου ταχυτήτων. Η άτρακτος A στηρίζεται στο χιτώνιο Δ με κατάλληλα έδρανα κυλίσεως E.

Ο μηχανισμός προώσεων εξασφαλίζει διάφορες προώσεις και παίρνει κίνηση κατευθείαν από την άτρακτο. Η αλλαγή στις προώσεις επιτυγχάνεται με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς με συμπλέκτες ή με τον απλό μηχανισμό της συρόμενης σφήνας (σχήμα 5.11).



Σχήμα 5.11 Μηχανισμός συρόμενης σφήνας.

Τέλος, ο μηχανισμός προώσεως δίνει την κίνηση προώσεως στην άτρακτο μηχανοκίνητα (αυτόματη πρόωση) ή χειροκίνητα. Το ανεβοκατέβασμα της ατράκτου επιτυγχάνεται πάντα με ζεύγος οδοντοτροχού - οδοντωτού κανόνα (σχήμα 5.6). Ο οδοντωτός κανόνας Z χαραάζεται στο χιτώνιο της ατράκτου, ενώ ο οδοντοτροχός B μπορεί να πάρει κίνηση είτε από το κιβώτιο προώσεων για την αυτόματη πρόωση της ατράκτου, είτε απευθείας από χειρομοχλό ή χειροτροχό. Η διαδρομή του τρυπανιού καθορίζεται από μηχανισμό που ρυθμίζει και σταματά αυτόματα την προς τα κάτω κίνηση της ατράκτου.

Το τραπέζι ανεβοκατεβαίνει με κοχλία που παίρνει κίνηση από το χειρομοχλό H (σχήμα 5.9) και σταθεροποιείται στην κατάλληλη θέση με το μοχλό Θ.

- Προδιαγραφές του δραπάνου στήλης και του δραπάνου με ορθοστάτη.

Το βασικό μέγεθος, με το οποίο προδιαγράφουμε 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 ό,τι ονομάζουμε διατρητική ικανότητα του δραπάνου.

Άλλα συμπληρωματικά στοιχεία για την προδιαγραφή του δραπάνου στήλης και του δραπάνου με ορθοστάτη μπορούν να είναι τα εξής:

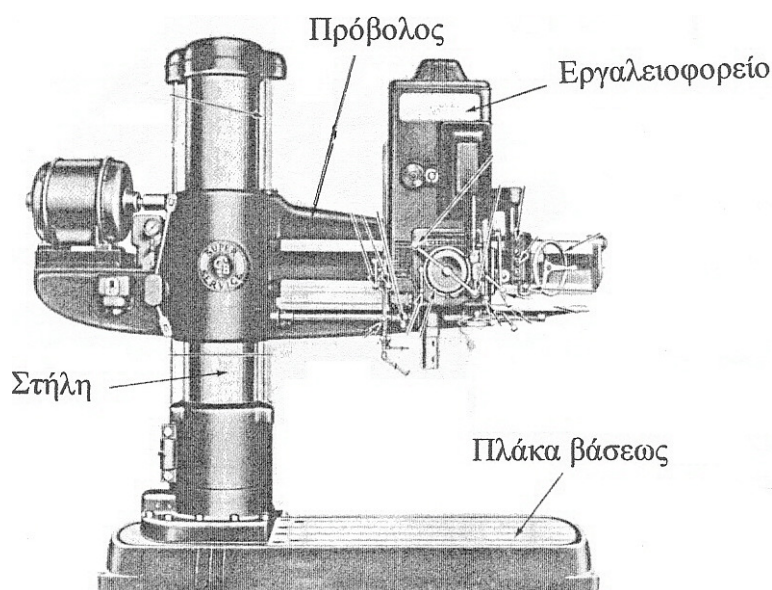
- α) Ο προτυποποιημένος κώνος Μορς της ατράκτου.
- β) Το άνοιγμα Α του δραπάνου [σχήμα 5.9(β)].
- γ) Η μέγιστη διαδρομή Ε του τρυπανιού [σχήμα 5.9(β)].
- δ) Το μέγιστο ύψος Β της ατράκτου από το τραπέζι [σχήμα 5.9(β)].
- ε) Το μέγεθος του τραπεζιού (μήκος × πλάτος).
- στ) Ο αριθμός και το εύρος περιστροφικών ταχυτήτων της ατράκτου.
- ζ) Ο αριθμός και το εύρος των προώσεων της ατράκτου.
- η) Η ονομαστική ισχύς και
- θ) Το συνολικό 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 k_p/mm²).
- Κώνος ατράκτου: Μορς 5.
- Άνοιγμα δραπάνου: A₁ = 355 mm.
- Μέγιστη διαδρομή τρυπανιού: 280 mm.
- Μέγιστο ύψος: H₁ = 130 mm.
- Μέγεθος τραπεζιού: 500 × 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 k_p.

Ακτινωτό δράπανο (Ραντιάλ).

Το ακτινωτό δράπανο (σχήμα 5.12) δεν λείπει από καμιά μεγάλη, μεσαία ή βαριά μηχανουργική βιομηχανία.



Σχήμα 5.12 Ακτινωτό δράπανο (Radial).

Στα δράπανα που έχουμε περιγράψει μέχρι τώρα, για να γίνει μία τρύπα μετακινείται το κομμάτι προς το τρυπάνι που συγκρατείται στην κύρια άτρακτο.

Στο ακτινωτό δράπανο αντίθετα το κομμάτι μένει ακίνητο, δεμένο πάνω στο σταθερό τραπέζι ή την πλάκα βάσεως και μετακινείται το τρυπάνι πάνω από τη θέση που πρόκειται να ανοιχθεί ή τρύπα.

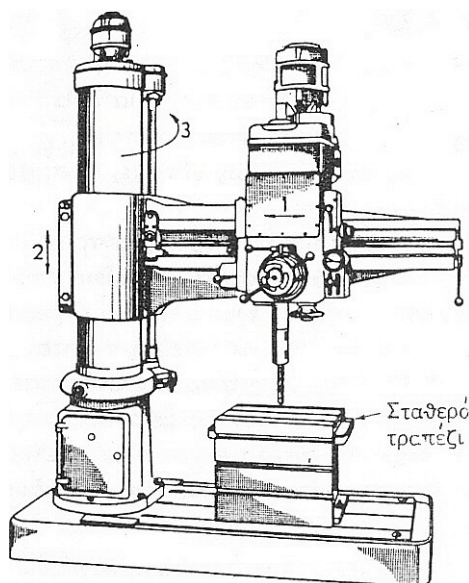
Τα κύρια μέρη του ακτινωτού δραπάνου φαίνονται στο σχήμα 5.12 και είναι τα εξής:

- Ο πρόβολος που μετακινείται πάνω-κάτω και περιστρέφεται γύρω από την στήλη.
- Το εργαλειοφορείο που φέρει την άτρακτο και το τρυπάνι και που μετακινείται οριζόντια πάνω στον πρόβολο. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να πλησιάζει ή να απομακρύνεται από την κολώνα.

Είναι ευνόητο ότι κάθε κινούμενο τμήμα μπορεί και σταθεροποιείται σ' οποιαδήποτε θέση κατά μήκος της διαδρομής του.

Έτσι το ακτινωτό δράπανο μπορεί να κάνει πολλές τρύπες σε διαφορετικές θέσεις πάνω σε μικρά και μεγάλα κομμάτια, με μικρό ή μεγάλο ύψος και με μεγάλη απόδοση και οικονομία εργατικών.

Τα πολύ μεγάλα και μεγάλου ύψους κομμάτια συγκρατούνται πάνω στην πλάκα βάσεως ενώ τα μικρότερα πάνω στο τραπέζι. Το τραπέζι στα ακτινωτά δράπανα είναι είτε σταθερό ορθογωνικό (σχήμα 5.13) είτε ανακλινόμενο, οπότε ρυθμίζεται και σταθεροποιείται σε διάφορες κλίσεις (σχήμα 5.14).



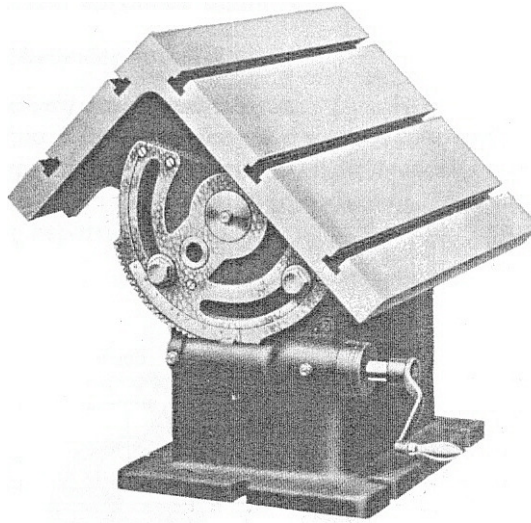
Σχήμα 5.13 Ακτινωτό δράπανο με σταθερό τραπέζι [οριζόντια (1), κατακόρυφη (2) και κυκλική (3) κίνηση της κεφαλής του ακτινωτού δραπάνου].

Η διατρητική του ικανότητα μπορεί να ξεπεράσει τα 60 mm (μεγάλα δράπανα) ενώ η ελάχιστη ικανότητά του τα 25 mm.

Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά των ακτινωτών δραπάνων είναι:

- Διατρητική ικανότητα σε συμπαγή χάλυβα από 25 μέχρι πάνω από 60 mm.
- Αριθμός ταχυτήτων κύριας ατράκτου 12 ... 18
- Αριθμός προώσεων κύριας ατράκτου 8 ... 12
- Ισχύς κινητήρα 4 – 11 kW

- Βάρος δραπάνου 3 – 7,5 t



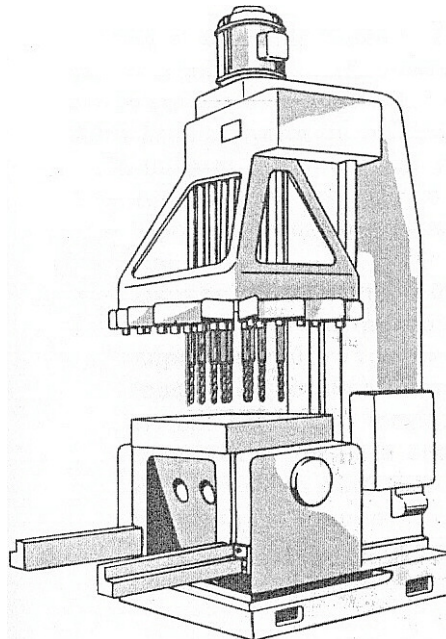
Σχήμα 5.14 Ανακλινόμενο τραπέζι ακτινωτού δραπάνου.

Πολύατρακτο δράπανο (σχήμα 5.15).

Διαφέρει από τα προηγούμενα δράπανα ως προς το ότι η κεφαλή του έχει πολλές κατακόρυφες ή οριζόντιες ατράκτους οι οποίες παίρνουν κίνηση από μια κύρια κεντρική άτρακτο.

Κατασκευάζονται σε πολλούς τύπους με ποικιλία αριθμού κατακόρυφων και οριζόντιων ατράκτων.

Τα πολύατρακτα δράπανα χρησιμοποιούνται κυρίως για μεγάλη παραγωγή σε σειρά.

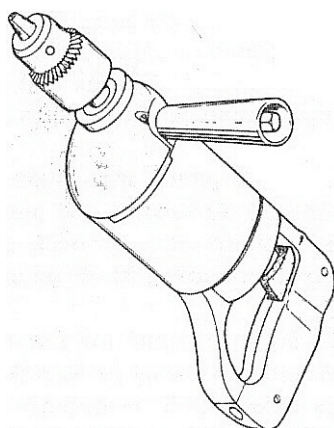


Σχήμα 5.15 Πολύατρακτο δράπανο.

Ηλεκτροδράπανο χειριού (σχήμα 5.16).

Χρησιμοποιούνται πολύ για ελαφρές εργασίες και για συντήρηση εγκαταστάσεων.

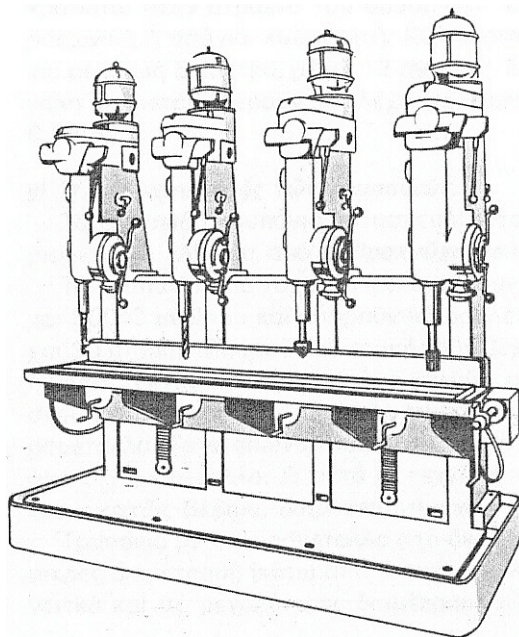
Η διατρητική τους ικανότητα είναι μέχρι τα 10 mm (σπάνια φθάνουν τα 16 mm).



Σχήμα 5.16 Ηλεκτροδράπανο χεριού.

- Σειρές δραπάνων (σχήμα 5.17).

Αποτελούν συγκροτήματα από 3 ή περισσότερα δράπανα στη σειρά. Τα δράπανα αυτά είναι κατά κανόνα επιτραπέζια και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μεγάλης παραγωγής σε σειρά.



Σχήμα 5.17 Σειρά από δράπανα.

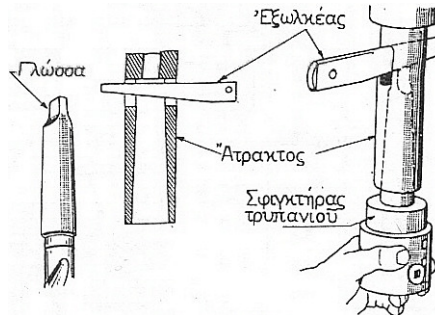
Μηχανισμός συγκρατήσεως τρυπανιών στο δράπανο.

Τα τρυπάνια συγκρατούνται στην άτρακτο του δραπάνου με δύο κυρίως τρόπους: είτε με τον σφιγκτήρα (τσοκ) του δραπάνου, είτε απ' ευθείας προσαρμόζοντάς τα στην κωνική τρύπα του δραπάνου (σχήμα 5.18).

Πρώτος τρόπος. (Συγκράτηση του τρυπανιού με την βοήθεια του σφιγκτήρα).

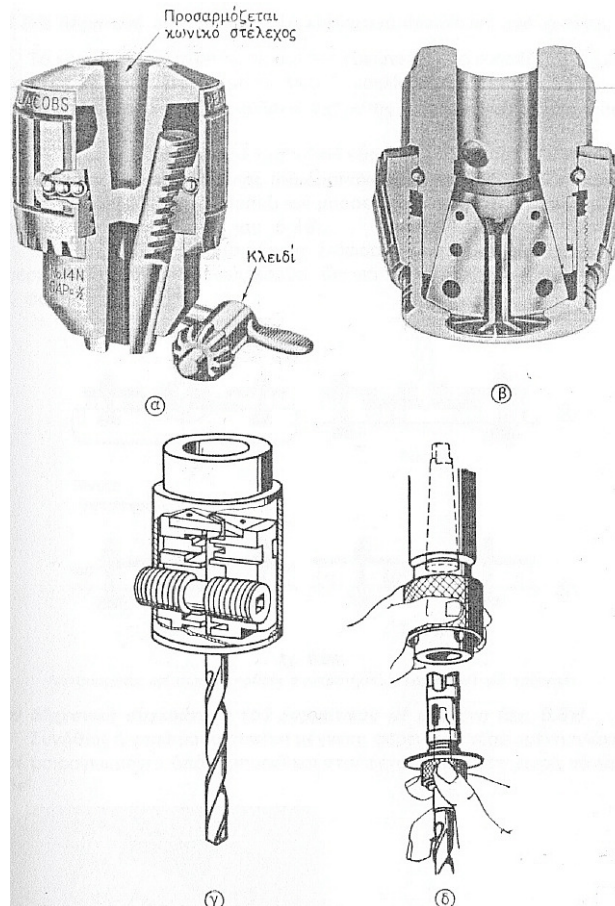
Πρέπει κατ' αρχήν να πούμε ότι στον σφιγκτήρα συγκρατούμε μόνο τρυπάνια με κυλινδρικό στέλεχος.

Ο σφιγκτήρας είναι ένας μηχανισμός, που προσαρμόζεται στην άτρακτο του δραπάνου με ένα κωνικό στέλεχος, που έχει την ίδια κωνικότητα με την κωνική τρύπα της ατράκτου (σχήμα 5.18). Το κωνικό αυτό στέλεχος, που εφαρμόζει μέσα στην τρύπα της ατράκτου, σφίγγει τόσο περισσότερο, όσο περισσότερο πιέζουμε το τρυπάνι κατά το τρύπημα.



Σχήμα 5.18 Χρησιμοποίηση εξωκίεα τρυπανιών ή σφιγκτήρων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι σφιγκτήρων, όπως αυτοί που παριστάνονται στο σχήμα 5.19.

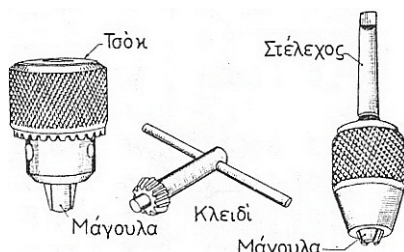


Σχήμα 5.19 Διάφοροι τύποι σφιγκτήρων. α) Τσοκ με τρεις σιαγόνες. β) Τσοκ με τσιμπίδα. γ) Τσοκ με δύο σιαγόνες. δ) Τσοκ γρήγορης αλλαγής.

Ο σφιγκτήρας τύπου (α) είναι ο περισσότερο διαδομένος. Έχει τρία ατσαλένια μαγούλα, που μπορούμε να τα κλείνουμε και να τα ανοίγουμε με το χέρι ή με ένα

ειδικό κλειδί (σχήμα 5.20). Μέσα στα μάγουλα (σιαγόνες) αυτά τοποθετείται το τρυπάνι. Δηλαδή το τρυπάνι μπαίνει μέσα στον σφιγκτήρα και ο σφιγκτήρας μέσα στην άτρακτο του δραπάνου.

Το μέγεθος του σφιγκτήρα ορίζεται και ονομάζεται ανάλογα με την διάμετρο των τρυπανιών που σφίγγει. Έτσι π.χ. σφιγκτήρας για τρυπάνια με διάμετρο από 1 έως 10 mm λέγεται σφιγκτήρας 1 έως 10 mm.

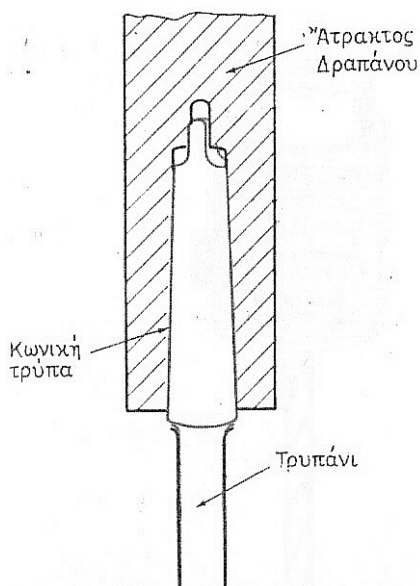


Σχήμα 5.20 Σφιγκτήρες (τσοκ) δραπάνων.

Δεύτερος τρόπος. (Απ' ευθείας συγκράτηση του τρυπανιού στην κωνική τρύπα).

Εφαρμόζεται κυρίως σε τρυπάνια με μεγάλη διάμετρο (συνήθως μεγαλύτερη από 1/2").

Για να επιτυγχάνεται μάλιστα μεγαλύτερη ασφάλεια κατά το τρύπημα, πολλά τρυπάνια φέρουν μια γλώσσα στην άκρη του στελέχους τους. Η γλώσσα αυτή (στέλεχος) εφαρμόζει σε ένα αντίστοιχο αυλάκι, που έχει η άτρακτος στο επάνω μέρος της (σχήμα 5.21), και η εφαρμογή ατράκτου και τρυπανιού γίνεται ασφαλέστερη.



Σχήμα 5.21 Συγκράτηση τρυπανιού με απ' ευθείας προσαρμογή του στην άτρακτο του δραπάνου.

Πριν τοποθετήσουμε τον σφιγκτήρα ή το τρυπάνι στο δράπανο, πρέπει να καθαρίζουμε καλά την άτρακτο, γιατί αν υπάρχουν ακαθαρσίες ή απόβλητα (γρέζια), τότε το τρυπάνι δεν συγκρατείται στερεά, στραβογυρίζει και καταστρέφονται οι κωνικές επιφάνειες.

Όταν θέλουμε να βγάλουμε το τρυπάνι ή τον σφιγκτήρα από την άτρακτο, δεν επιτρέπεται να το κτυπούμε, αλλά να χρησιμοποιούμε έναν ειδικό εξωλκέα, τον οποίο περνούμε μέσα σε μια ειδική σχισμή της ατράκτου. Τον εξωλκέα αυτόν τον κτυπούμε ελαφρά με ένα σφυρί, οπότε, επειδή παρουσιάζει μια μικρή κλίση, μας βγάζει το τρυπάνι ή τον σφιγκτήρα (σχήμα 5.18).

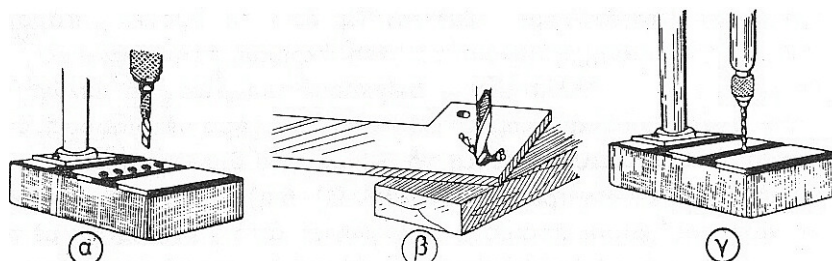
Πρόσδεση των κομματιών.

Το κομμάτι που πρόκειται να τρυπηθεί τοποθετείται επάνω στο τραπέζι του δραπάνου και συγκρατείται σ' αυτό με διάφορους τρόπους τους οποίους θα περιγράψουμε παρακάτω.

Συγκράτηση του κομματιού με το χέρι.

Ο τρόπος αυτός είναι πολύ πρόχειρος και εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που δεν επιδιώκεται ακρίβεια στο άνοιγμα τρύπας με μικρή διάμετρο. Γενικά όμως η συγκράτηση του κομματιού με το χέρι δεν είναι σίγουρη και παρουσιάζει κινδύνους ατυχήματος.

Αν η τρύπα που ανοίγεται είναι διαμπερής, τότε για να προστατευθεί η επιφάνεια του τραπέζιου [5.22(α)], μεταξύ τραπέζιου και κομματιού παρεμβάλλεται ένα τεμάχιο ξύλου [σχήμα 5.22(β)], ή τοποθετείται το κομμάτι επάνω από διάκενο του τραπέζιου, έτσι, ώστε όταν το τρυπάνι ξεπεράσει το κομμάτι, να μην καταστρέψει το τραπέζι [σχήμα 5.22(γ)].



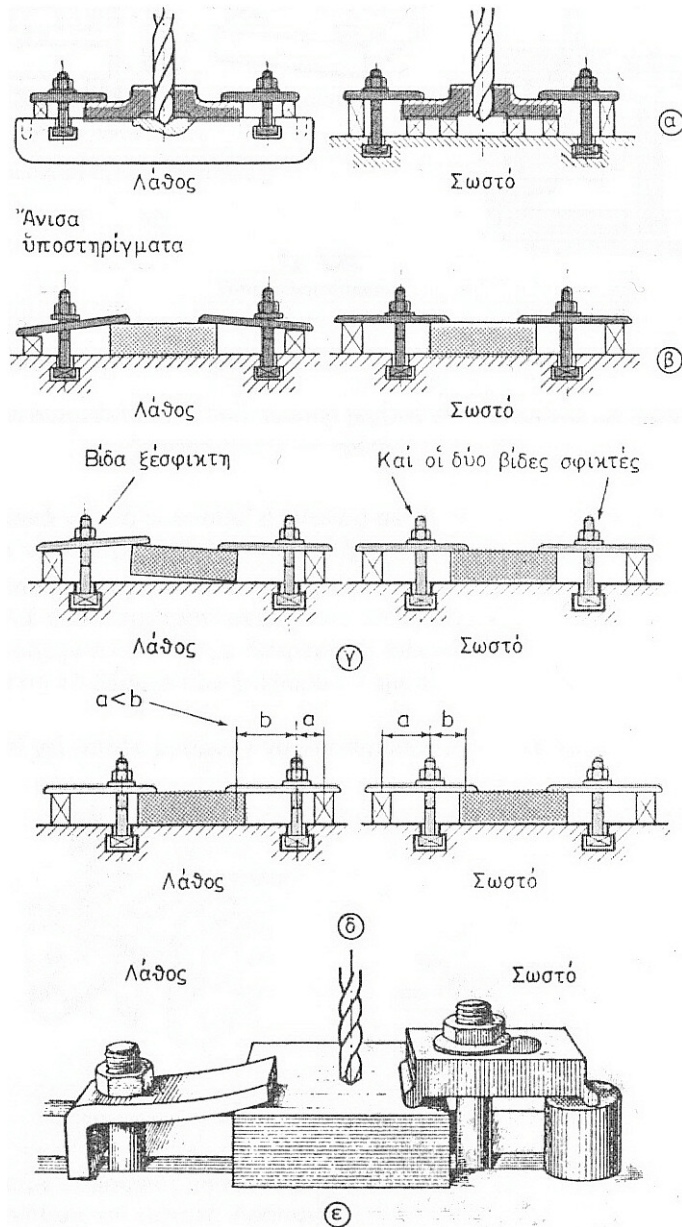
Σχήμα 5.22 Προστασία τραπέζιου δραπάνων.

Μηχανική συγκράτηση του κομματιού απευθείας στο τραπέζι.

Το κομμάτι στην περίπτωση αυτή στερεώνεται στο τραπέζι με ειδικά λαμάκια με φουρκέτα και με κοχλίες. Οι κοχλίες έχουν τετραγωνική κεφαλή που περνά μέσα στα αυλάκια σχήματος T του τραπέζιου [σχήμα 5.23].

Η τυχόν περιστροφή του τραπέζιου γύρω από το κέντρο του και γύρω από τον άξονα της στήλης του δραπάνου διευκολύνει, όταν το κομμάτι δένεται επάνω στο τραπέζι και μπορεί χωρίς να λυθεί να τρυπηθεί στα διάφορα σημεία του (σχήμα 5.5).

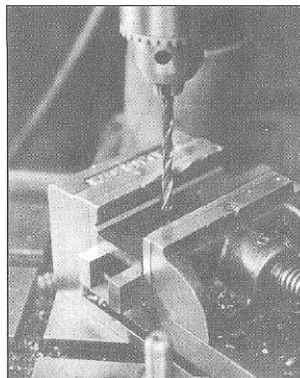
Στο σχήμα 5.23 παρουσιάζονται διάφορες σωστές και λανθασμένες περιπτώσεις συγκρατήσεως κομματιών για τρύπημα με βίδες ή λαμάκια ή φουρκέτες.



Σχήμα 5.23 Λανθασμένοι και σωστοί τρόποι συγκρατήσεως κομματιού για τρύπημα.

α) Μηχανική συγκράτηση του κομματιού με μέγγενη (σχήμα 5.24).

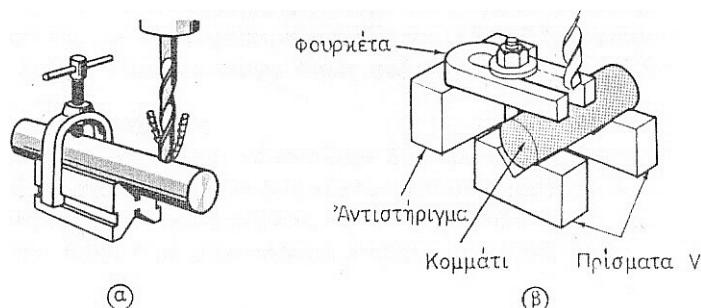
Συνήθως η χρησιμοποιούμενη μέγγενη φέρει και στερεωμένη πλάκα με μοιρογνωμόνιο, οπότε μπορεί και στρέφεται το κομμάτι χωρίς να λυθεί.



Σχήμα 5.24 Μηχανική συγκράτηση κομματιού στη μέγγενη με παράλληλα πλακίδια.

β) Μηχανική συγκράτηση σε πρίσμα V ή σε σταυρό.

Σε περίπτωση τρυπήματος άξονα κατά τη διάμετρο του χρησιμοποιείται πρίσμα V ή σταυρός V όπως φαίνεται στο σχήμα 5.25(α) και (β).

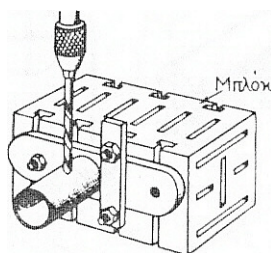


Σχήμα 5.25 Διάφοροι τρόποι συγκρατήσεως σε πρίσματα.

Φυσικά για να τρυπηθεί ο άξονας σε συσκευή V ή σταυρό, πρέπει πρώτα να κεντραριστεί η συσκευή συγκρατήσεως [σχήμα 5.25(α)].

γ) Μηχανική συγκράτηση σε μπλοκ.

Άλλο μέσο συγκρατήσεως είναι το «μπλοκ». Το μπλοκ είναι βαρύ χυτοσιδηρένιο κομμάτι με διάφορες υποδοχές για κοχλίες, για να διευκολύνεται το δέσιμο των διαφόρων κομματιών που θα τρυπηθούν (σχήμα 5.26).



Σχήμα 5.26 Χρησιμοποίηση μπλοκ.

Αντί για μπλοκ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και γωνίες από χυτοσίδηρο με παρόμοιες υποδοχές. Τα μπλοκ και οι γωνίες χρησιμοποιούνται συνήθως σε μεγάλα δράπανα.

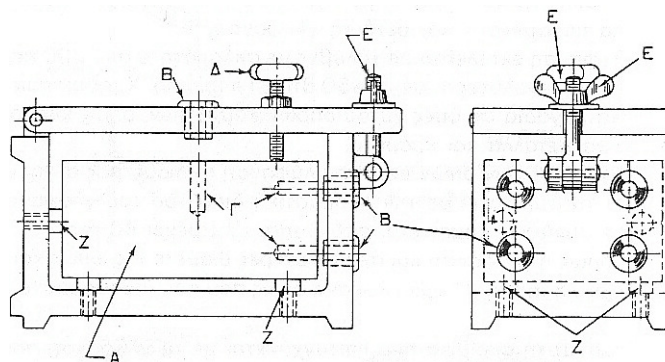
δ) Μηχανική συγκράτηση με μέγγενη γενικής χρήσεως (ή πλάκα Universal).

Κατάλληλο μέσο συγκρατήσεως κομματιών, στην επιφάνεια των οποίων πρόκειται να ανοιχθούν τρύπες με κάποια κλίση είναι και η μέγγενη γενικής χρήσεως Universal (ή πλάκα γενικής χρήσεως Universal) (σχήμα 2.42).

ε) Μηχανική συγκράτηση σε ιδιοσυσκευή.

Για το τρύπημα μεγάλου αριθμού απaráλλακτων κομματιών χρησιμοποιούμε κατάλληλες ιδιοσυσκευές. Σε μια τέτοια ιδιοσυσκευή από το ένα μέρος τοποθετείται το κομμάτι στην κατάλληλη θέση και προσδέεται στερεά και ασφαλώς, ενώ από το άλλο οδηγείται το τρυπάνι με τη βοήθεια σκληρών (βαμμένων) χαλύβδινων οδηγητικών δακτυλιδιών (σχήμα 5.27). Με τις ιδιοσυσκευές επιτυγχάνουμε οικονομία χρόνου τόσο στη χάραξη, όσο και στο τρύπημα και μεγαλύτερη ακρίβεια

των οπών που ανοίγουμε. Επειδή το κόστος για τη σχεδίαση και την κατασκευή ιδιοσυσκευών είναι αρκετά ψηλό, δικαιολογείται η χρησιμοποίησής 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.



Σχήμα 5.27 Ιδιοσυσκευή τρυπάνισματος για άνοιγμα οπών σε δύο πλευρές του κομματιού. Α κομμάτι, Β οδηγητικοί δακτύλιοι, Γ ανοιγμένες τρύπες, Δ ρυθμιστικός κοχλίας, Ε κοχλίας συσφίξεως, Ζ ακραία οδηγητικά στηρίγματα (στοπ) για την κανονική τοποθέτηση του κομματιού.

Κατά την πρόσδεση του κομματιού προσέχουμε, ώστε το κέντρο της τρύπας που πρόκειται να ανοίξουμε να βρίσκεται ακριβώς κάτω από τη μύτη του τρυπανιού. Και για να προκύψει η τρύπα εντελώς κατακόρυφη, θα πρέπει το κομμάτι να έχει στερεωθεί εντελώς οριζόντια.

5.3 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ – ΤΡΥΠΑΝΙΑ

Το ελικοειδές τρυπάνι.

α) Διαμόρφωση και ονοματολογία.

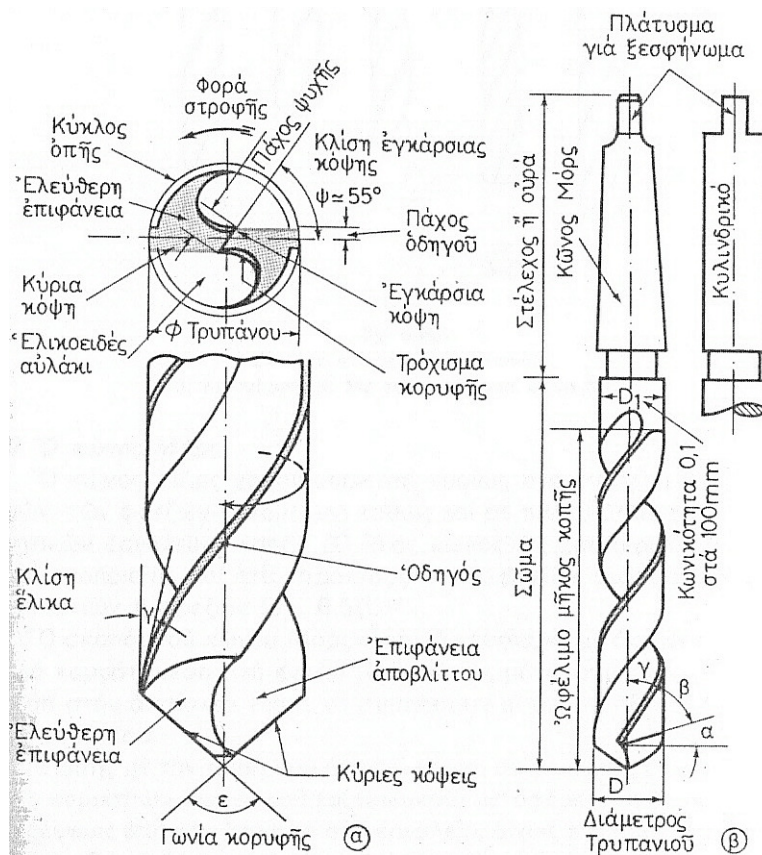
Στο σχήμα 5.28 παριστάνεται η κατασκευαστική διαμόρφωση ελικοειδούς τρυπανιού. Χαρακτηρίζεται ως ελικοειδές από το ελικοειδή αυλάκια που φέρει στο ωφέλιμο μήκος κοπής. Τα αυλάκια είναι δύο και σε σπάνιες περιπτώσεις τρία.

Όλα τα ελικοειδή τρυπάνια είναι μονοκόμματα. Καμιά φορά όμως για οικονομία υλικού, το στέλεχος κατασκευάζεται από κοινό ανθρακούχο χάλυβα και προσαρμόζεται στο σώμα που είναι από ταχυχάλυβα. Αυτό βέβαια γίνεται σε τρυπάνια με μεγάλες διαμέτρους.

Τα αυλάκια των τρυπανιών εξυπηρετούν τους εξής σκοπούς:

- Δημιουργούν στο κοπτικό άκρο τις δύο κόψεις.
- Οδηγούν και απομακρύνουν κατά το κόψιμο τα απόβλητα προς τα έξω.
- Διοχετεύουν το κοπτικό υγρό στο σημείο της κοπής.
- Διαμορφώνουν στην περιφέρειά τους δύο ελικοειδείς οδηγούς. Χάρη σ' αυτούς το τρυπάνι οδηγείται μόνο του στην τρύπα και εξασφαλίζεται σταθερή διάμετρος όσο και αν το μήκος του μικραίνει από τα συνεχή τροχίσματα.

- Σχηματίζουν τη γωνία απόβλητου που είναι απαραίτητη για την κοπή. Η γωνία αυτή είναι περίπου ίση με τη γωνία « γ », δηλαδή την κλίση της έλικας στην εξωτερική περιφέρεια. Ελαττώνεται κατά μήκος της κόψεως από την περιφέρεια προς το κέντρο του τρυπανιού.



Σχήμα 5.28 α) Διαμόρφωση και ονοματολογία ελικοειδούς τρυπανιού. β) Ελικοειδές τρυπάνι σε μεγέθυνση.

β) Διαμόρφωση του στελέχους των ελικοειδών τρυπανιών.

Το στέλεχος των τρυπανιών είναι το μέρος του τρυπανιού που συγκρατείται στην άτρακτο του δραπάνου. Έχει συνήθως μορφή κολουροκωνική ή σπάνια, κυλινδρική. Κυλινδρικό στέλεχος έχουν τα τρυπάνια με μικρή διάμετρο, μέχρι 12 mm (σχήμα 5.29). ενώ τα τρυπάνια με μεγάλη διάμετρο φέρουν στέλεχη με τυποποιημένο κώνο Μορς [σχήμα 5.29(β)].

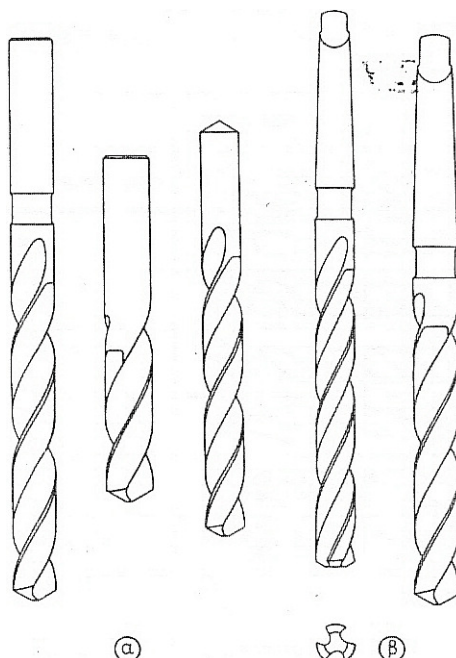
γ) Υλικό κατασκευής των τρυπανιών.

Τα ελικοειδή τρυπάνια κατασκευάζονται από ταχυχάλυβα ή, σε περιορισμένη κλίμακα, από ανθρακούχο χάλυβα.

Τα τρυπάνια από ταχυχάλυβα αντέχουν σε υψηλή θερμοκρασία μέχρι 600°C περίπου και μπορούν να δουλέψουν με ταχύτητα κοπής μέχρι 30 m/min. Μπορούν να τρυπήσουν μέχρι και χάλυβα αντοχής 1000 N/mm². Εκτός από ανθρακούχο χάλυβα και ταχυχάλυβα, για την κατασκευή των τρυπανιών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και σκληρομέταλλα. Τα ατσάλινα τρυπάνια φέρουν στο άκρο τους ένα πλακίδιο από σκληρομέταλλο.

Τρυπάνια με σκληρομέταλλο στο άκρο τους δε χρησιμοποιούνται σε μικρές

διαμέτρους (κάτω από 6 mm). Χρησιμοποιούνται για τρύπημα σε συμπαγές υλικό και για βάθος κοπής έως το τριπλάσιο της διαμέτρου της οπής (σχήμα 5.30). Τα τρυπάνια αυτά έχουν εσωτερική προσαγωγή ψυκτικού. Οι εφαρμοζόμενες ταχύτητες κοπής είναι μεγάλες και ο ανά μονάδα χρόνου αφαιρούμενος όγκος υλικού επίσης μεγάλος. Χρησιμοποιούνται σε δράπανα, τόνους ή μηχανήματα πολλαπλών κατεργασιών.



Σχήμα 5.29 Στελέχη ελικοειδών τρυπανιών. (α) Κυλινδρικά β) Με τυποποιημένο κώνο Μορς.



Σχήμα 5.30 Τρυπάνι με πλακίδια.

ε) Η γωνία κορυφής και γωνία έλικα.

Κατά την επιλογή ενός τρυπανιού για συγκεκριμένη εργασία διάτρησης, πρέπει να δίδεται προσοχή στις εξής παραμέτρους:

- Μέγεθος οπής,
- υλικό προς διάτρηση,
- γωνία κορυφής.

Το επιθυμητό μέγεθος οπής προσδιορίζει τη διάμετρο του τρυπανιού. Κάθε τρυπάνι διανοίγει οπή κάπως μεγαλύτερη από τη διάμετρό του. Η γωνία έλικα και κορυφής εξαρτώνται από το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Στον πίνακα 5.1 δίδονται οι γωνίες έλικα και κορυφής για διάφορους τύπους ελικοειδών τρυπανιών και για διάφορα υλικά τεμαχίων. Ανάλογα με τη γωνία έλικα, διακρίνονται τρεις τύποι τρυπανιών: Ο τύπος Η για μικρές γωνίες έλικα, ο τύπος Ν για μέτριες γωνίες έλικα και ο τύπος W για μεγάλες γωνίες έλικα.

Τα τρυπάνια, με διάμετρο ίση και μεγαλύτερη των 2 mm, έχουν κατά κανόνα την ακόλουθη **σήμανση**: Ονομαστική διάμετρος, Τύπος (H, N ή W), Προδιαγραφή κατά DIN, υλικό. Π.χ., η σήμανση ενός τρυπανιού με ονομαστική διάμετρο 15 mm, τύπου N από ταχυχάλυβα (HSS) κατά DIN 345 είναι: 15 N DIN 345 HSS.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

Γωνίες κορυφής, γωνίες έλικας, μορφή και τύπος τρυπανιών για διάφορα 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, ηλεκτρο Νοβοτέξ	90° 80° 110°	35°...40°	W
Σκληροκόμμι	30°	10°...15°	H
Πλαστικές ύλες	50°...80°	10°...15°	H
Σκληρό χαρτί, βακελίτης, μάρμαρο	80°...90°	10°...15°	H

στ) Ακόνισμα των τρυπανιών (τρόχισμα).

Τα τρυπάνια μετά από ορισμένο χρόνο λειτουργίας χάνουν τη διατρητική τους ικανότητα. Γι' αυτό πρέπει να ακονίζονται με λειαντικούς τροχούς.

Για να είναι σωστό το τρόχισμα τρυπανιών πρέπει:

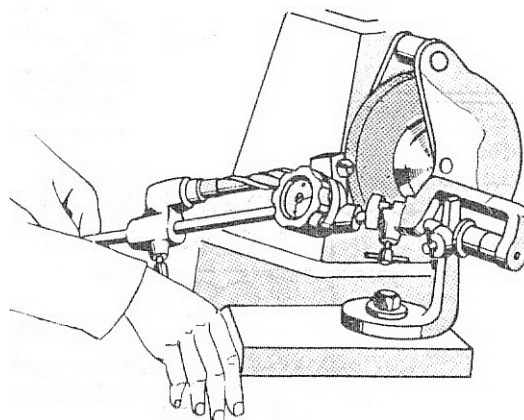
- Να δοθεί στις δύο ελεύθερες επιφάνειες (σχήμα 5.28) που είναι πίσω από τις δύο κύριες κόψεις, η αναγκαία γωνία ελευθέριας (12° – 15°), ώστε να μην τρίβονται στην κωνική επιφάνεια του κομματιού που δημιουργείται από την κοπή.
- Η γωνία κορυφής να έχει το κατάλληλο, σύμφωνα με το υλικό που τρυπιέται, μέγεθος (π.χ. για χάλυβα και χυτοσίδηρο περίπου 118°) και οι δύο κόψεις να έχουν το ίδιο μήκος.
- Η κλίση της εγκάρσιας κόψεως να είναι 55°,
- Να γίνεται τρόχισμα κορυφής.

Οι τρεις πρώτες εργασίες πραγματοποιούνται στη μηχανή ακονίσματος τρυπανιών (σχήμα 5.31).

Αναφορικά με την τέταρτη εργασία σημειώνουμε τα εξής:

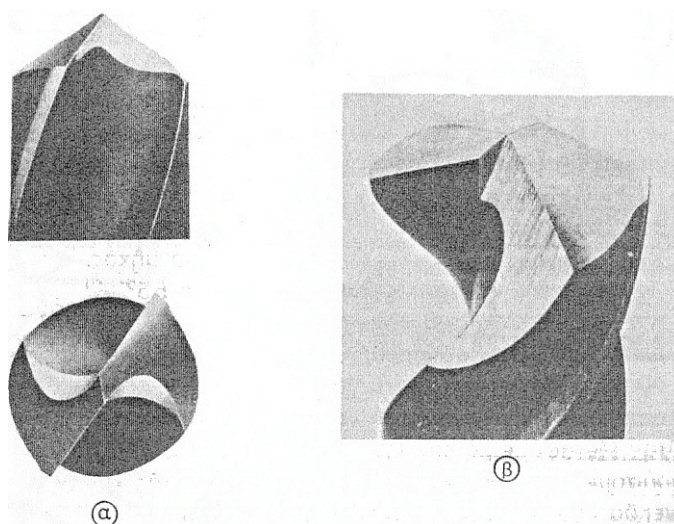
Όταν εξετάσουμε με προσοχή τις δύο κόψεις ενός τρυπανιού, θα παρατηρήσουμε ότι η γωνία αποβλήτου (χούφτα) της κύριας κόψεως μικραίνει όσο προχωρούμε από την περιφέρεια προς το κέντρο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ανεπιθύμητη μεγάλη εγκάρσια κόψη, δυσκολεύει την κοπή στο κέντρο, αυξάνει τη δύναμη της προώσεως του τρυπανιού και ελαττώνει τη διάρκεια ζωής του τρυπανιού.

Το μειονέκτημα αυτό δεν είναι πολύ σοβαρό για τρυπάνια με μικρή διάμετρο (μέχρι 20 mm). Για τρυπάνια όμως με μεγάλη διάμετρο πρέπει να αντιμετωπισθεί κατάλληλα. Να γίνει δηλαδή τρόχισμα κορυφής.



Σχήμα 5.31 Μηχανή ακόνισματος τρυπανιών.

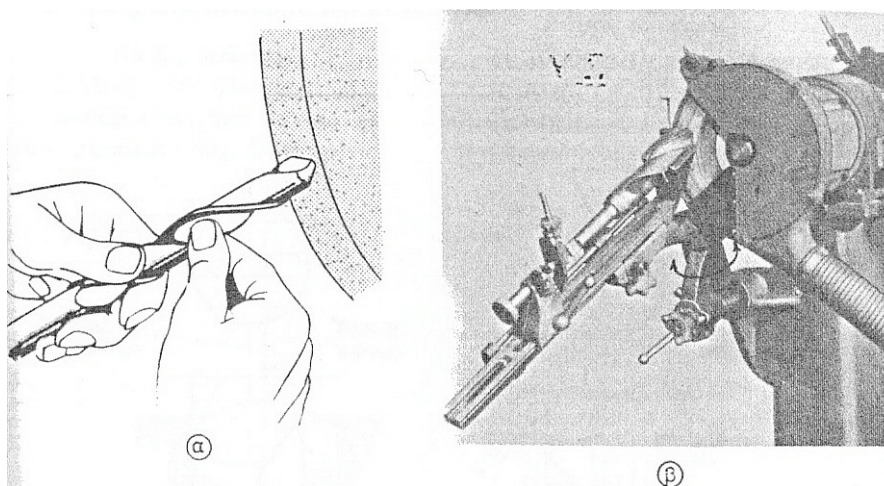
Στο σχήμα 5.32(α) και (β) φαίνονται οι δύο τρόποι τρόχισης κορυφής τρυπανιού.



Σχήμα 5.32 Τρόχιση κορυφής τρυπανιού.

Στις περιπτώσεις που δεν απαιτείται ακρίβεια στη διάμετρο της τρύπας το τρόχιση μπορεί να γίνεται από έμπειρο τεχνίτη με το χέρι [σχήμα 5.33(α)]. Στην αντίθετη όμως περίπτωση, καθώς και σε περιπτώσεις οργανωμένης παραγωγής, το ακόνισμα πρέπει να γίνεται από εκπαιδευμένο προσωπικό στις λειαντικές μηχανές τρυπανιών [σχήμα 5.33(β)].

Μεταξύ των δύο μηχανών που αναφέρθηκαν, πιο απαραίτητη είναι η μηχανή για την αποκατάσταση των κόψεων και της ελεύθερης επιφάνειας.



Σχήμα 5.33 Ακόνισμα τρυπανιών. α) Με το χέρι. β) Με λειαντική μηχανή.

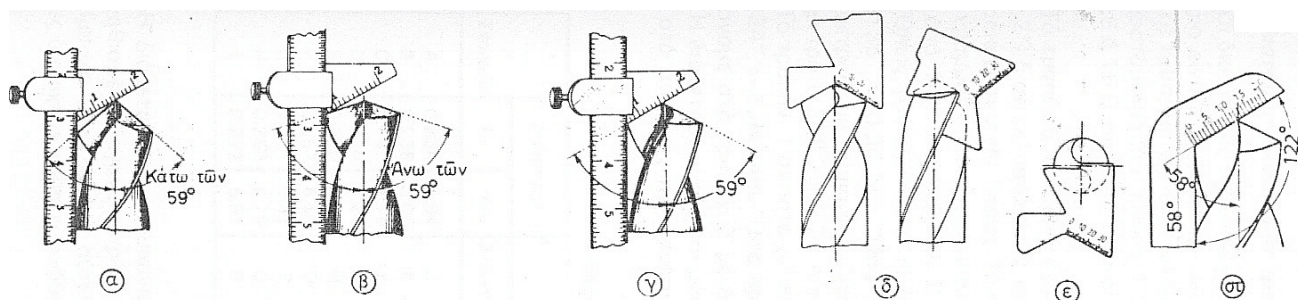
1. Έλεγχος ακονίσματος.

Ο έλεγχος για το σωστό ακόνισμα των τρυπανιών γίνεται με διάφορα όργανα και ελεγκτήρες [σχήμα 5.34(α), (β), (γ), (δ), (ε), (στ)].

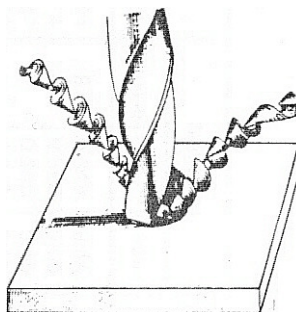
Με τα όργανα αυτά ελέγχεται η γωνία κορυφής και μετρείται το μήκος της κόψεως.

Κανόνας:

Ένα σωστά ακονισμένο τρυπάνι πρέπει να βγάζει γρέζι με το ίδιο μήκος και πάχος από τα δύο λούκια του (σχήμα 5.35).



Σχήμα 5.34 Όργανα ελέγχων ακονίσματος τρυπανιών.



Σχήμα 5.35 Αποτέλεσμα σωστού ακονίσματος.

2. Λάθη στο ακόνισμα και συνέπειες.

Λάθος πρώτο:

Ο άξονας του κώνου να είναι μετατοπισμένος από τον άξονα του τρυπανιού (σχήμα 5.36 α).

Συνέπεια:

Κόψεις άνισες:

«α» μεγαλύτερη από τη «β». Το τρυπάνι κόβει μονόπλευρα. Τρύπα σημαντικά μεγαλύτερη. Το τρυπάνι δεν έχει οδηγό. Στομώνει γρήγορα.

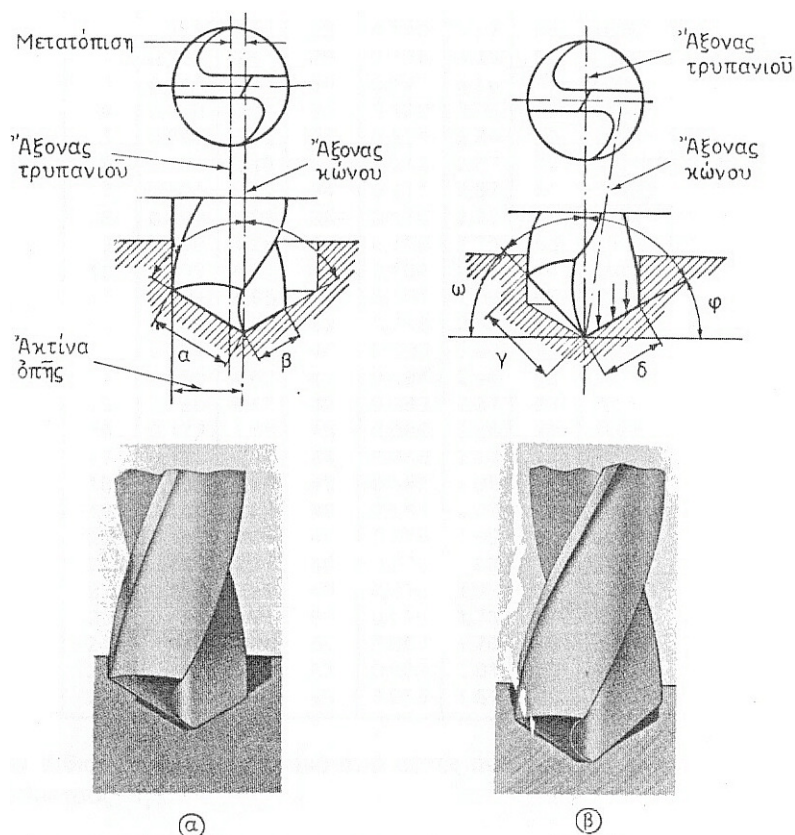
Λάθος δεύτερο:

Η κορυφή του κώνου είναι στον άξονα του τρυπανιού αλλά οι άξονες κώνου και τρυπανιού δεν συμπίπτουν (σχήμα 5.36 β).

Συνέπεια:

Κόψεις άνισες:

«γ» μεγαλύτερη από τη «δ». Γωνίες κόψεων άνισες «ω» μεγαλύτερη από «φ». Κόβει μόνο η μία κόψη. Τρύπα λίγο μεγαλύτερη. Στομώνει γρήγορα.



Σχήμα 5.36

ζ) Διαστάσεις ελικοειδών τρυπανιών.

Οι διαστάσεις της διαμέτρου των τρυπανιών που διατίθενται στο εμπόριο είναι σε χιλιοστόμετρα ή σε ίντσες.

Τα τρυπάνια «χιλιοστομέτρων» διαφέρουν το ένα από το άλλο κατά χιλιοστόμετρο (π.χ. είναι 5 ή 6 ή 7 mm) ή κατά 0,5 χιλιοστόμετρα (π.χ. 15,5 ή 16,0 mm) ή ακόμη και κατά δέκατα ή εκατοστά του χιλιοστομέτρου.

Τα τρυπάνια «ιντσών» έχουν διαμέτρους σε ολόκληρες ίντσες (π.χ. 1'', 2'') ή σε κλάσματα της ίντσας (π.χ. 1/2'', 3/8'') ή ακόμη και σε δεκαδικές υποδιαιρέσεις της ίντσας. Τα τελευταία χαρακτηρίζονται με ένα από τα 26 γράμματα του λατινικού αλφάβητου, (πίνακας 5.2) ή με έναν αριθμό από 1 – 80 (πίνακας 5.3).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2
Διαστάσεις τρυπανιών γραμμάτων.

Στοιχεία	Διάμετρος		Διάμετρος			Διάμετρος		
	in	mm	Στοιχεία	in	mm	Στοιχεία	in	mm
A	0,234	5,94	J	0,277	7,04	S	0,348	8,84
B	0,238	6,05	K	0,281	7,14	T	0,358	9,09
C	0,242	6,15	L	0,290	7,37	U	0,368	9,35
D	0,246	6,25	M	0,295	7,50	V	0,377	9,59
E	0,250	6,35	N	0,302	7,67	W	0,386	9,80
F	0,257	6,53	O	0,316	8,03	X	0,397	10,08
G	0,261	6,63	P	0,323	8,20	Y	0,404	10,26
H	0,266	6,76	Q	0,332	8,43	Z	0,413	10,49
I	0,272	6,91	R	0,339	8,61			

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3
Διαστάσεις τρυπανιών αριθμών.

Διαστάσεις			Διαστάσεις			Διαστάσεις		
Αριθ.	in	mm	Αριθ.	in	mm	Αριθ.	in	mm
1	0,228	5,79	28	0,140	3,57	55	0,052	1,32
2	0,221	5,61	29	0,136	3,45	56	0,046	1,18
3	0,213	5,41	30	0,128	3,26	57	0,043	1,09
4	0,209	5,31	31	0,120	3,05	58	0,042	1,07
5	0,205	5,22	32	0,116	2,95	59	0,041	1,04
6	0,204	5,18	33	0,113	2,87	60	0,040	1,02
7	0,201	5,11	34	0,111	2,82	61	0,039	0,99
8	0,199	5,05	35	0,110	2,79	62	0,038	0,96
9	0,196	4,98	36	0,106	2,71	63	0,037	0,94
10	0,193	4,91	37	0,104	2,64	64	0,036	0,91
11	0,191	4,85	38	0,101	2,58	65	0,035	0,89
12	0,189	4,80	39	0,099	2,53	66	0,033	0,86
13	0,185	4,70	40	0,098	2,49	67	0,032	0,81
14	0,182	4,62	41	0,096	2,44	68	0,031	0,79
15	0,180	4,57	42	0,093	2,37	69	0,029	0,74
16	0,177	4,49	43	0,089	2,26	70	0,028	0,71
17	0,173	4,39	44	0,086	2,18	71	0,026	0,66
18	0,169	4,30	45	0,082	2,08	72	0,025	0,64
19	0,166	4,22	46	0,081	2,06	73	0,024	0,61
20	0,161	4,09	47	0,078	1,99	74	0,022	0,56
21	0,159	4,04	48	0,076	1,93	75	0,021	0,53
22	0,157	3,98	49	0,073	1,85	76	0,020	0,51
23	0,154	3,91	50	0,070	1,78	77	0,018	0,46
24	0,152	3,86	51	0,067	1,70	78	0,016	0,41
25	0,149	3,80	52	0,063	1,61	79	0,014	0,37
26	0,147	3,73	53	0,059	1,51	80	0,0135	0,34

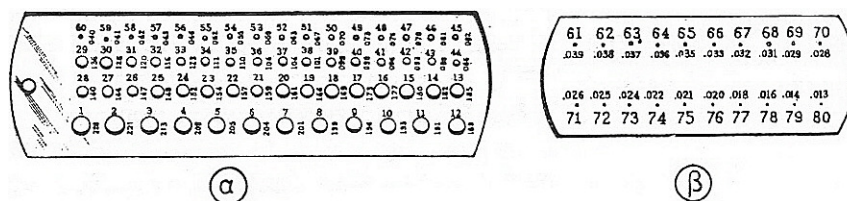
Όπως βλέπουμε στον πίνακα 5.3 το τρυπάνι 80 έχει διάμετρο $0,0135'' = 0,34 \text{ mm}$. Όσο μικραίνουν οι αριθμοί τόσο μεγαλώνει η διάμετρος του τρυπανιού, ώσπου να φθάσουμε στον αριθμό 1, που έχει διάμετρο $0,228'' = 5,79 \text{ mm}$.

Το τρυπάνι 1 αντιστοιχεί στο τρυπάνι A (πίνακας 5.2) με διάμετρο $0,234'' = 5,94 \text{ mm}$. Όσο προχωρούμε μεγαλώνουν οι διαμέτροι και φθάνουμε στο τρυπάνι Z με διάμετρο $0,413 = 10,49 \text{ mm}$.

Η διάμετρος χαράζεται μόνο στα μεγάλα τρυπάνια. Η χάραξη γίνεται στο στέλεχος των τρυπανιών.

Η διάμετρος των τρυπανιών ελέγχεται μετρώντας με ένα από τα συνηθισμένα όργανα μετρήσεως (παχύμετρο, μικρόμετρο) ή με ειδικές καλίμπρες. Οι καλίμπρες

αυτές είναι ατσάλινες πλάκες επάνω στις οποίες υπάρχουν τρύπες διάφορων διαμέτρων, πώς φαίνεται στο σχήμα 5.37. Κοντά σε καθεμιά από αυτές αναγράφεται ο αριθμός και η διάμετρος της.



Σχήμα 5.37 Διαμετρητήρες (καλίμπρες). (α) Για μεγάλες διαμέτρους. (β) Για μικρές διαμέτρους.

Για να βρεθεί η διάμετρος ενός τρυπανιού, δοκιμάζεται σε κάθε τρύπα, ώσπου να βρεθεί σε ποια εφαρμόζει. Ο αριθμός της τρύπας αυτής μας δίνει τη διάμετρο του τρυπανιού.

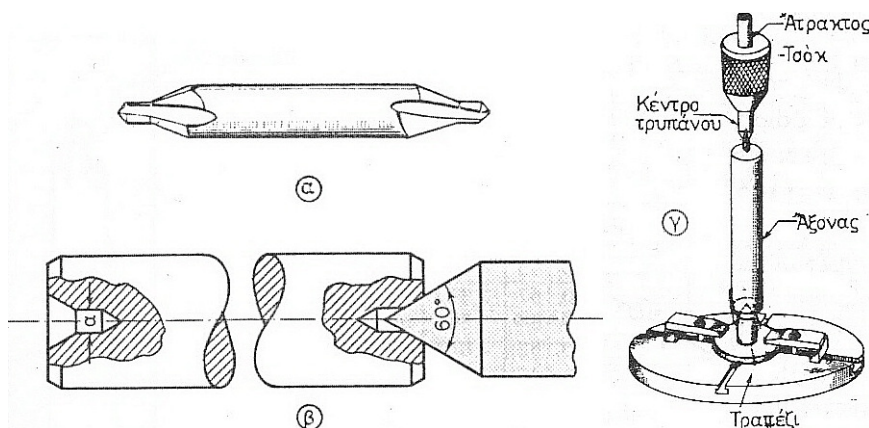
Ειδικά τρυπάνια.

Τέτοια είναι:

- Τα κεντροτρύπανα.
- Τα κωνικά τρυπάνια.
- Τα φρεζοτρύπανα.

α) Τα κεντροτρύπανα (κεντραδόροι).

Αυτά ανοίγουν κυλινδρική τρύπα και στη συνέχεια κωνική με γωνία 60° [σχήμα 5.38(α) και (β)]. Χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κέντρου σε άξονες που πρόκειται να τорνευτούν με συγκράτηση στις πόντες.



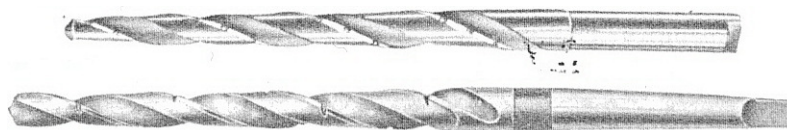
Σχήμα 5.38 α) Κεντροτρύπανο. β) Κεντροτρυπημένος άξονας. γ) Κεντροτρύπημα άξονα για τорνευση.

Τα κεντροτρύπανα τυποποιούνται σε διάφορα μεγέθη, με βάση τη διάμετρο του άξονα στον οποίο θα γίνει το κέντρο.

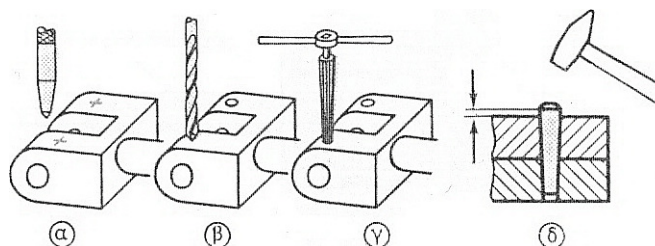
β) Τα κωνικά τρυπάνια (σχήμα 5.39).

Χρησιμοποιούνται για εγκάρσιες σφήνες με κωνικότητα 1:50. Μετά το τρύπημα της μικρής διαμέτρου του κώνου περνάει το κωνικό τρυπάνι και μετά από αυτό το

κωνικό γλύφανο (αλεξουάρ). Η κωνικότητα και στα δύο είναι 1:50. Στο σχήμα 5.40 φαίνονται οι φάσεις ανοίγματος κωνικής τρύπας.



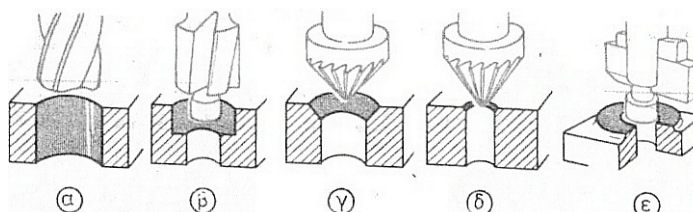
Σχήμα 5.39 Κωνικό τρυπάνι.



Σχήμα 5.40 Φάσεις ανοίγματος κωνικής τρύπας. α) Ποντάρισμα. β) Άνοιγμα κυλινδρικής οπής. γ) Διαμόρφωση κωνικής οπής. δ) Τοποθέτηση της σφήνας.

γ) Τα φρεζοτρύπανα.

Είναι μια αρκετά μεγάλη κατηγορία κοπτικών εργαλείων που φρεζάρουν (κόβουν) με διάφορους τρόπους προϋπάρχουσες τρύπες. Τα φρεζοτρύπανα έχουν κατά κανόνα πολλές κόψεις και προσαρμόζονται στην άτρακτο του δραπάνου όπως και τα τρυπάνια. Διάφοροι τύποι φρεζοτρυπάνων φαίνονται στο σχήμα 5.41(α), (β), (γ), (δ), (ε).



Σχήμα 5.41 Φρεζοτρύπανα διαφόρων τύπων.

Πρότρυπα:

Για να ανοιχθεί τρύπα μεγάλης διαμέτρου, συνήθως πάνω από 15 ή 20 mm, χρησιμοποιείται πρώτα τρυπάνι με μικρότερη διάμετρο (πρότρυπα) που τρυπάει εύκολα συμπαγές υλικό και μετά χρησιμοποιείται το τρυπάνι που έχει διάμετρο τη διάμετρο της τρύπας.

Με τον τρόπο αυτό:

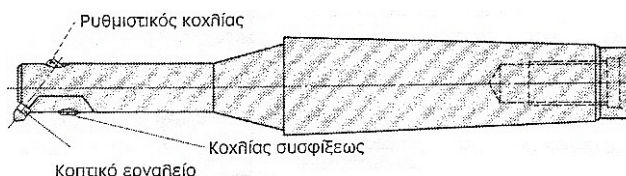
- Επιτυγχάνεται ευκολότερα το κεντράρισμα της μικρής τρύπας.
- Οδηγείται το μεγάλο τρυπάνι καλύτερα από την πρότρυπα και δεν υποφέρει καθόλου η εγκάρσια κόψη του.
- Είναι σημαντικό μικρότερη η αναγκαία δύναμη για την πρόωση.

Η διάμετρος του τρυπανιού για την πρότρυπα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με το μήκος της εγκάρσιας κόψεως του μεγάλου τρυπανιού.

Εργαλειοδέτες διατρήσεως (μανέλες)

Οι εργαλειοδέτες διατρήσεως χρησιμοποιούνται για την αποπεράτωση (φινίρισμα) οπών, οι οποίες έχουν ήδη ανοιχθεί με κοινό τρυπάνι (σχήμα 5.42) ή για εσωτερική τórνευση.

Το κοπτικό τους εργαλείο είναι από σκληρομέταλλο ή από κεραμικό υλικό και η θέση του στον εργαλειοδέτη μπορεί να ρυθμιστεί με ακρίβεια.

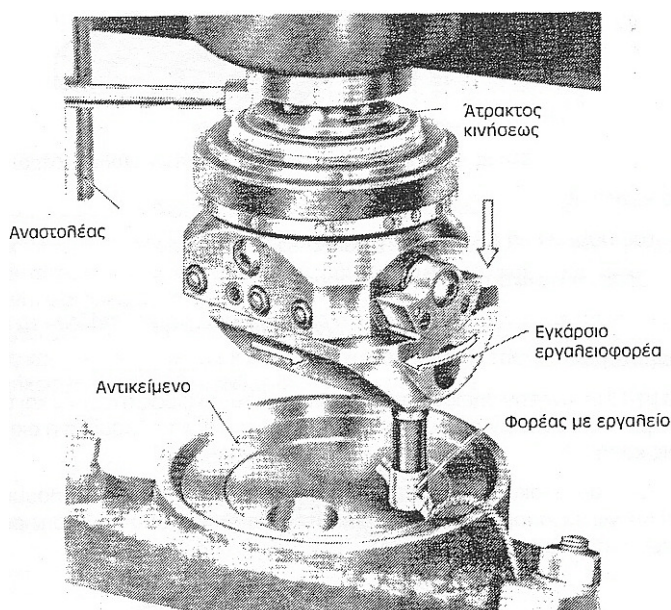


Σχήμα 5.42 Εργαλειοδέκτης διατρήσεως.

Οι εργαλειοδέτες μικρού μήκους μπορεί να χρησιμοποιηθούν πακτωμένοι στο ένα άκρο τους. Οι μεγάλοι μήκους εργαλειοδέτες πρέπει να εδράζονται και στα δύο άκρα τους.

Τα εργαλεία επιπέδου κατεργασίας σε εργαλειοδέκτες διατρήσεως χρησιμοποιούνται σε ακτινωτά δράπανα (ραντιάλ) ή σε μηχανήματα Boring ή και σε φρεζομηχανές (σχήμα 5.43).

Χρησιμοποιούνται για φινίρισμα οπών, εσωτερικές επίπεδες τórνευσεις και σε τórνευσεις εσωτερικών αυλακιών.



Σχήμα 5.43 Εργαλείο επιπέδου εσωτερικής τórνευσεως.

5.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

Η ταχύτητα κοπής u δίδεται από τη σχέση:

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}] \quad (5.1)$$

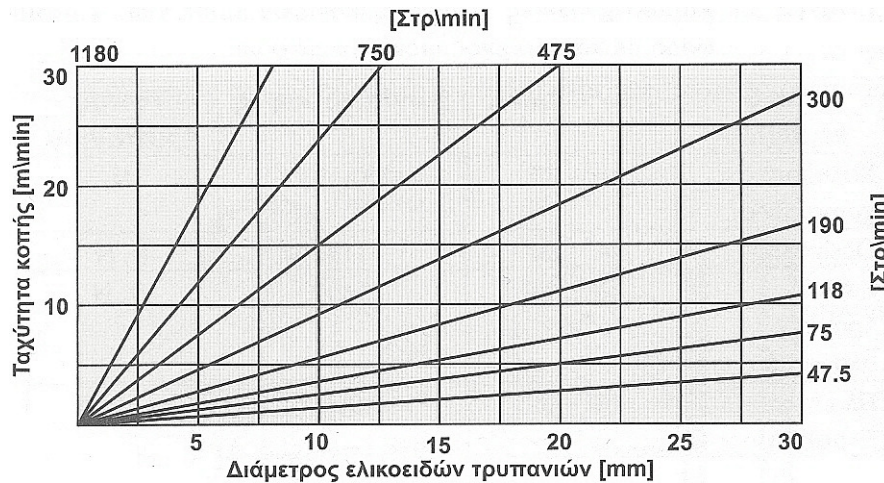
Όπου D είναι η ονομαστική διάμετρος του τρυπανιού σε [mm] και

n είναι η περιστροφική του ταχύτητα ή η περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου του δραπάνου σε [στρ/min].

Όπως βλέπουμε, 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.

Ανάλογα με το υλικό του τεμαχίου και την ονομαστικό διάμετρο του τρυπανιού, επιλέγεται η ταχύτητα κοπής και στη συνέχεια υπολογίζεται η περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου του δραπάνου και, ανάλογα με το είδος του δραπάνου και τις τυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες που διαθέτει, επιλέγεται η πλησιέστερη τιμή.

Πολύ συχνά, υπάρχουν διαγράμματα επάνω στο δράπανο (σχήμα 5.44) από τα οποία διαβάζει ο χειριστής την περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου του δραπάνου ως προς τη διάμετρο του τρυπανιού και την ταχύτητα κοπής.



Σχήμα 5.44 Διάγραμμα ταχύτητας κοπής – περιστροφικής ταχύτητας για δράπανο.

Η πρόωση s μετράται σε [mm/στρ] και επιλέγεται με βάση το υλικό του τεμαχίου και την ονομαστική διάμετρο του τρυπανιού.

Η ταχύτητα προώσεως u_π σε mm/min, η πρόωση σε mm/στρ. και η περιστροφική ταχύτητα του τρυπανιού συνδέονται με τη σχέση:

$$u_\pi = n \cdot s \quad \text{ή} \quad s = \frac{u_\pi}{n} \quad (5.2)$$

Στους πίνακες 5.4 και 5.5 δίδονται οι συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κοπής και την πρόωση για τρυπάνι από ταχυχάλυβα.

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4

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

Είδος υλικού	Όριο θραύσεως (kp/mm ²) ή σκληρότητα σε Brinell	Ταχύτητα κοπής v [m/min]
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50	25...40
	50... 70	25...30
	70... 90	12...20
	90... 110	6...12
	100... 120	10...15
Χαλυβοκράματα		7...12
Ανοξείδωτοι χάλυβες		12...20
Χυτοχάλυβες	38... 52	20...35
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell	15...25
	άνω 200 Brinell	15...30
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		12...20
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		ως 160
Κράματα αργιλίου		ως 70
Ορείχαλκος		ως 70
Κρατέρωμα		15...30
Πλαστικά		

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5

Συνιστώμενες τιμές για την πρόωση s κατά το τρυπάνισμα διαφόρων υλικών με ελικοειδές τρυπάνι από ταχυχάλυβα.

Είδος υλικού	Όριο 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	0,03...0,2	0,2 ...0,3	0,3 ...0,4	0,4 ...0,5
	50... 70	0,03...0,16	0,16...0,24	0,24...0,32	0,32...0,4
	70... 90	0,02...0,125	0,12...0,18	0,16...0,24	0,24...0,32
	90... 110	0,01...0,1	0,1 ...0,14	0,14...0,2	0,2 ...0,24
	100... 120	0,01...0,1	0,1 ...0,14	0,14...0,2	0,2 ...0,24
Χαλυβοκράματα		0,02...0,125	0,12...0,18	0,18...0,24	0,24...0,32
Ανοξείδωτοι χάλυβες		0,03...0,16	0,16...0,24	0,24...0,32	0,32...0,4
Χυτοχάλυβες	38... 52	0,06...0,24	0,24...0,32	0,32...0,35	0,45...0,56
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell	0,04...0,18	0,04...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
	άνω 200 Brinell				
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		0,04...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		0,02...0,125	0,12...0,18	0,18...0,24	0,24...0,32
Κράματα αργιλίου		0,05...0,24	0,24...0,3	0,3 ...0,45	0,45...0,56
Ορείχαλκος	0,4 ...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45	
Κρατέρωμα	0,04...0,18	0,18...0,24	0,24...0,36	0,36...0,45	
Πλαστικά	0,08...0,32	0,32...0,45	0,45...0,56	0,56...0,70	

Η θεωρητική διατομή του αποβλήτου (σχήμα 5.45) A σε mm² εκφράζεται ως εξής:
 α) Για πλήρες τρυπάνισμα:

$$A = \frac{D \cdot s_z}{2} = \frac{D \cdot s}{4} \quad (5.3\alpha)$$

β) Για διεύρυνση μιας υπάρχουσας τρύπας με διάμετρο d :

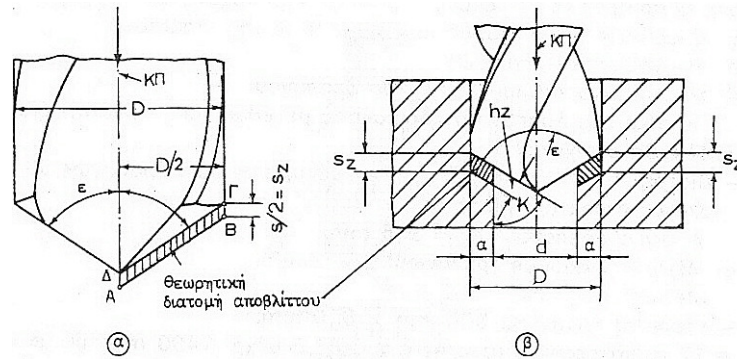
$$\frac{(D-d) \cdot s_z}{2} = \frac{(D-d) \cdot s}{4} \quad (5.3\beta)$$

Το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού Θ (συνήθως σε cm³/min) τον υπολογίζουμε από τη θεωρητική διατομή του αποβλήτου [σχέση (5.3α)] πολλαπλασιασμένη επί την ταχύτητα κοπής. δηλαδή:

$$\Theta = A \cdot v = \frac{D \cdot s \cdot u}{4} \quad [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (5.4)$$

ή θεωρώντας την εξίσωση (5.1) από τη σχέση:

$$\Theta = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \frac{s \cdot n}{1000} \quad [\text{cm}^3/\text{min}] \quad (5.5)$$



Σχήμα 5.45 Χαρακτηριστικά στοιχεία του τρυπάνισματος: α) Πλήρες τρυπάνισμα. β) Διεύρυνση τρύπας.

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 τρυπάνισμα εννοούμε τη χρονική διάρκεια κατά την οποία το κοπτικό εργαλείο (το τρυπάνι εδώ) εκτελεί μία πλήρη διαδρομή για να ανοίξει μία τρύπα βάθους 1 mm [σχήμα 5.46(α)]. Στον υπολογισμό του χρόνου αυτού λαμβάνουμε 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 βρίσκουμε:

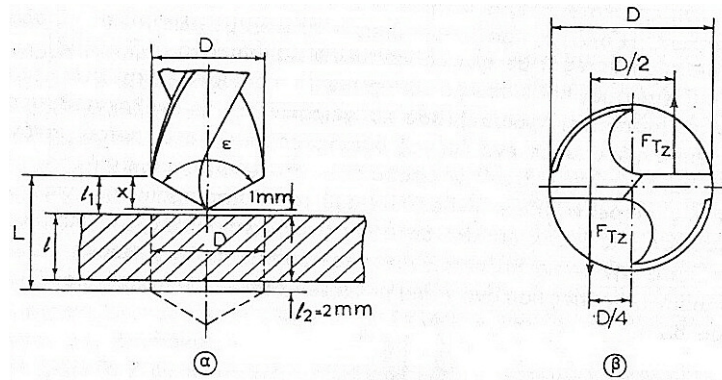
$$t_c = \frac{L}{u_\pi} = \frac{L}{s \cdot n} \quad [\text{min}] \quad (5.6)$$

όπου $L = l + l_1 + l_2$ σε min. Το μήκος l_1 προσδιορίζεται ως:

$$l_1 = 1 \text{ mm} + x = 1 \text{ mm} + \frac{D}{2\varepsilon\phi(\omega/2)} \quad [\text{min}]$$

ενώ το μήκος l_2 εκλέγεται κατά προσέγγιση ίσο προς 2 mm.

Τέλος η ισχύς κοπής σε kW (ή PS), που μας είναι απαραίτητη για την εκλογή του κατάλληλου (από άποψη βέβαια ονομαστικής ισχύος) για δοσμένη περίπτωση τρυπάνισματος, δραπάνου μπορεί να υπολογισθεί από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη F_{Tz} [σχήμα 5.45(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.



Σχήμα 5.46 α) Στοιχεία για τον υπολογισμό του χρόνου κοπής στο τρυπάνισμα. β) Στοιχεία για τον προσδιορισμό της ισχύος κοπής στο πλήρες τρυπάνισμα.

Για το τρυπάνισμα, η ισχύς κοπής δίνεται από τη σχέση:

$$N_k = \frac{F_{Tz} \cdot u}{6120} \quad (\text{Kw}) \quad (5.7)$$

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

$$M_d = \frac{D \cdot F_{Tz}}{2} \cdot \frac{1}{10} = \frac{D \cdot F_{Tz}}{20} \quad (5.8)$$

Αντικαθιστώντας τώρα το u της σχέσεως (5.1) και το F_{Tz} που προκύπτει από τη σχέση (5.8) στην εξίσωση (5.7) και εκτελώντας τις πράξεις παίρνουμε τελικά την ακόλουθη έκφραση για την ισχύ κοπής κατά το πλήρες τρυπάνισμα:

$$N_k = \frac{M_d \cdot n}{97410} \quad [\text{kW}] \quad (5.9)$$

Η κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη F_{Tz} που μας είναι απαραίτητη για να βρούμε τη ροπή στρέψεως [σχέση (5.8)], βρίσκεται με βάση την ειδική αντίσταση κοπής k_s , δηλαδή:

$$F_{Tz} = A \cdot k_s = \frac{D}{2} \cdot s_z \cdot k_s = \frac{D}{2} \cdot \frac{h_z}{\eta\mu(\omega/2)} \cdot k_s \quad (5.10)$$

αν λάβουμε υπόψη τη σχέση (5.3α) και ότι [σχήμα 5.45 (β)]:

$$h_z = s_z \eta\mu\kappa = s_z \eta\mu(\varepsilon/2) \quad (5.11)$$

όπου h_z σε mm είναι το θεωρητικό πάχος του απόβλητου. Επειδή όμως η ειδική αντίσταση κοπής, όπως γνωρίζουμε (παράγρ.1.5), εξαρτάται από το θεωρητικό πάχος του αποβλήτου κατά τη σχέση:

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

η συνιστώσα F_{Tz} [σχέση 5.10)] τελικά θα πάρει τη μορφή:

$$F_{Tz} = \frac{k_2 \cdot D}{2\eta\mu(\varepsilon/2)} \cdot h_z^{(1-z)} \quad (5.13)$$

Εφόσον έχουμε υπολογισμένο το θεωρητικό πάχος του αποβλήτου h_z [σχέση 5.11)], μπορούμε να βρούμε τη συνιστώσα F_{Tz} είτε με τη βοήθεια της εξίσωσης 5.10), αφού όμως πάρουμε την τιμή του k_s για το δοσμένο h_z από τον Πίνακα 1.3 για το υλικό που πρόκειται να κατεργασθούμε, είτε χρησιμοποιώντας τη σχέση (5.13) με τιμές των σταθερών k_1 και z , τις οποίες μας δίνει ο ίδιος Πίνακας για το θεωρούμενο υλικό του κομματιού.

Στο πλήρες τρυπάνισμα διορθώνουμε την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής F_{Tz} μόνο λόγω φθοράς του τρυπανιού εκλέγοντας το K_ϕ [σχέση (1.15)] ανάμεσα στις τιμές 1,25 και 1.40. Στην περίπτωση που διευρύνουμε μια τρύπα με τρυπάνι παίρνουμε ένα νέο συντελεστή διορθώσεως $K_\kappa = 0,95$.

Η ονομαστική ισχύς του κύριου ηλεκτροκινητήρα του δραπάνου (μπορεί το δράπανο να έχει και άλλους δευτερεύοντες ηλεκτροκινητήρες) υπολογίζεται από τη σχέση (1.17), όπου ο συνολικός μηχανικός βαθμός αποδόσεως η του συστήματος 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 ανοίξουμε διαμπερείς τρύπες (σχήμα 5.46) βάθους $l = 50$ mm σε κομμάτι από χάλυβα St 60 με τρυπάνι από ταχυχάλυβα, με ονομαστική διάμετρο $D = 25$ mm και γωνία κορυφής $\varepsilon = 120^\circ$ (Πίνακας 5.1). Εκλέγουμε ταχύτητα κοπής $u = 28$ m/min και πρόωση $s = 0,31$ mm/στρ. (είναι προτυποποιημένη) με τη βοήθεια των Πινάκων 5.4 και 5.5 αντιστοίχως.

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:

- Την περιστροφική ταχύτητα n του τρυπανιού και από αυτή που θα βρείτε να διαλέξετε την πλησιέστερη προτυποποιημένη.
- Το ρυθμό αφαιρέσεως μετάλλου Θ σε cm^3/min και
- το χρόνο που θα χρειασθεί το τρυπάνι για να ανοίξει την τρύπα (χρόνος κοπής t_c).

α) Περιστροφική ταχύτητα [σχέση (5.1)]:

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

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη περιστροφική ταχύτητα προς αυτή που υπολογίσαμε είναι η 355 στρ/min (σχεδόν συμπίπτει), την οποία και εκλέγουμε. Έτσι δεν χρειάζεται να διορθωθεί η ταχύτητα κοπής που εκλέξαμε.

β) Ρυθμός αφαιρέσεως μετάλλου [σχέση (5.4)]:

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

γ) Χρόνος κοπής:

Υπολογίζουμε αρχικά το:

$$l_1 = 1 \text{ mm} + \frac{D}{2\varepsilon\phi(\varepsilon/2)} = 1 + \frac{25}{2 \times \varepsilon\phi 60^\circ} = 1 + \frac{25}{2 \times 1,73} = 1 + \frac{25}{3,46} = 1 + 7,2 = 8,2 \text{ mm.}$$

και κατόπιν το συνολικό μήκος L το οποίο θα διανύσει το τρυπάνι, δηλαδή:

$$L = l + l_1 + l_2 = 50 + 8,2 + 2 = 60,2 \text{ mm.}$$

Ο χρόνος κοπής [σχέση (5.6)] 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 διαθέτουμε στο μηχανουργείο δύο δράπανα κατάλληλα για το τρυπάνισμα του προηγούμενου 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 (1.17), δηλαδή:

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

όπου K_{ϕ} είναι διορθωτικός συντελεστής λόγω φθοράς του τρυπανιού, τον οποίο εκλέγουμε ίσο με 1,30.

Για να βρούμε όμως την ισχύ κοπής N_{κ} [σχέση (5.9)], θα πρέπει να υπολογίσουμε τη ροπή στρέψεως M_d [σχέση (5.8)] από την κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής F_{Tz} [σχέση (5.10)] ακολουθώντας την παρακάτω σειρά υπολογισμών:

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

Στην τιμή αυτή θεωρητικού πάχους αποβλήτου 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.

$$F_{Tz} = \frac{D}{2} \cdot h_z \cdot k_s = \frac{25}{2} \times 0,134 \times 297 = 495 \text{ kp}$$

$$M_d = \frac{D \cdot F_{Tz}}{20} = \frac{25 \times 495}{20} = 621 \text{ cm} \cdot \text{kp}$$

$$N_{\kappa} = \frac{621 \times 355}{97410} = 2,32 \text{ kW}$$

$$N_0 = \frac{1,30 \times 2,32}{0,75} = 4 \text{ kW}$$

Ο συνολικός μηχανικός βαθμός αποδόσεως του δραπάνου εκλέγεται ως $\eta = 0,75$ 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.

Οι συνθήκες κατεργασίας και το υγρό κοπής.

Λέγοντας συνθήκες κατεργασίας εννοούμε γενικά την ταχύτητα κοπής, την πρόωση και το βάθος κοπής. Στο τρυπάνισμα (σχήμα 5.45), 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 (5.7), (5.10)], ενώ από το ένα μέρος αυξάνουν το ρυθμό αφαιρέσεως υλικού [σχέση (5.4)] 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 εκμεταλλευόμαστε πλήρως τις ικανότητες εργαλειομηχανής και κοπτικού εργαλείου. Είναι ανάγκη επομένως, για δοσμένη περίπτωση κατεργασίας,

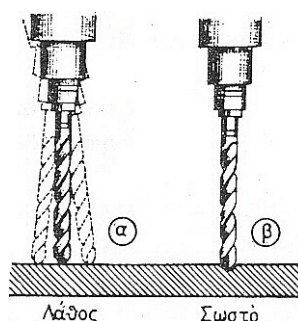
να επιλέγει κανένας τέτοιες συνθήκες κοπής, ώστε να παίρνει ένα βέλτιστο αποτέλεσμα σε κάποιο χαρακτηριστικό μέγεθος (π.χ. στο κόστος του κομματιού). Αυτό όμως παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες και η συνηθισμένη πρακτική είναι να επιλέγουμε συνθήκες κατεργασίας από συνιστώμενες τιμές τους, που βρίσκουμε στη σχετική με τις κατεργασίες κοπής και τις εργαλειομηχανές βιβλιογραφία. Έτσι, ειδικότερα για το τρυπάνισμα που μας ενδιαφέρει εδώ, παραθέτουμε συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κοπής και την πρόωση αντιστοίχως στους Πίνακες 5.4 και 5.5. 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 5.5).

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 οδηγική 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.

Εξαιτίας της παραγόμενης κατά τη διάτρηση θερμότητας, το τρυπάνι μπορεί να χάσει τη σκληρότητά του και να στομώσει γρήγορα. Μία επαρκής παροχή ψυκτικού υγρού στο σημείο της διάτρησης απάγει τη θερμότητα, αυξάνει την κοπτική ικανότητα του τρυπανιού και βελτιώνει την ποιότητα επιφανείας της οπής. Τα πιο συνηθισμένα ψυκτικά υγρά κοπής, που χρησιμοποιούνται κατά τη διάτρηση χάλυβα, είναι τα γαλακτώματα και τα λάδια κοπής, ενώ για το χυτοσίδηρο προτιμάται η ξηρή κοπή.

Σημάδεμα και τρύπημα.

Για να ανοίξουμε μια τρύπα, είναι απαραίτητο να σημαδέσουμε πρώτα το κέντρο της με μια πονταρισιά, που είναι λίγο βαθύτερη από αυτές που κάνουμε στο κανονικό σημάδεμα, γιατί μας χρειάζεται και σαν οδηγός του τρυπανιού, όταν θα αρχίσει το τρύπημα. Χωρίς αυτήν το τρυπάνι θα τρέμει και θα ανοίξει την τρύπα σε άλλη θέση (σχήμα 5.47).

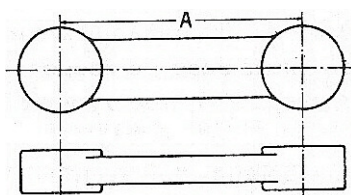


Σχήμα 5.47 Άνοιγμα τρύπας: (α) Χωρίς πονταρισιά. (β) Με πονταρισιά.

Παράδειγμα τρυπήματος.

Ας υποθέσουμε ότι πρόκειται να ανοίξουμε δύο τρύπες στο κομμάτι του σχήματος

5.48, στο κέντρο των δύο κύκλων και σε απόσταση A μεταξύ τους.

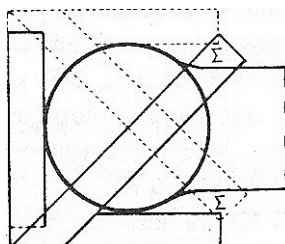


Σχήμα 5.48 Κομμάτι για τρύπημα.

Πρώτα πρέπει να βρούμε το κέντρο των κύκλων.
Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε πολλούς τρόπους.
Εδώ θα αναφέρουμε τρεις:

α) Με κεντρογωνία (σχήμα 5.49).

Η κεντρογωνία είναι γωνία 90° , που έχει και τρίτο σκέλος τοποθετημένο κατά την διχοτόμο της ορθής γωνίας. Η ακμή του μεσαίου σκέλους Σ , που συμπίπτει με την διχοτόμο της γωνίας, περνά από το κέντρο του κύκλου, που σχηματίζει η βάση του κυλίνδρου. Στην θέση αυτή σύρουμε μια γραμμή με ένα σημαδευτήρι. Έπειτα μεταθέτουμε την κεντρογωνία περίπου 90° και σύρουμε νέα γραμμή με το σημαδευτήρι. Στο σημείο τομής των δύο γραμμών βρίσκεται το κέντρο του κύκλου της βάσεως του κυλίνδρου.

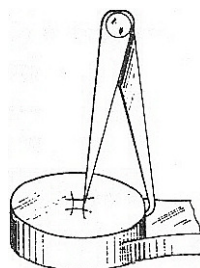


Σχήμα 5.49 Πως βρίσκουμε το κέντρο με κεντρογωνία.

β) Με τον μονοπόδαρο διαβήτη.

Με αυτό το κέντρο βρίσκεται γρήγορα και εύκολα.

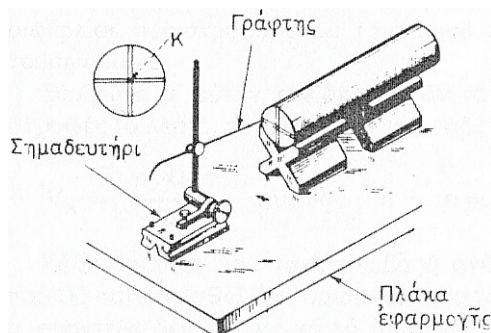
Δίνουμε στο διαβήτη άνοιγμα λίγο μικρότερο ή λίγο μεγαλύτερο από την ακτίνα του κυλίνδρου (σχήμα 5.50). Χαράζουμε με αυτόν 4 τόξα κύκλου, μετακινώντας τον διαβήτη σε 4 διαφορετικές θέσεις, που απέχουν περίπου 90° η μία από την άλλη. Τα τέσσερα αυτά τόξα σχηματίζουν ένα μικρό τετράγωνο, στο κέντρο του οποίου βρίσκεται και το κέντρο του κυλίνδρου.



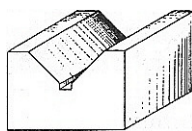
Σχήμα 5.50 Πως βρίσκουμε το κέντρο με το μονοπόδαρο.

γ) Με τον γράφτη.

Τον χρησιμοποιούμε επάνω στην πλάκα εφαρμογής με την βοήθεια της συσκευής V (σχήμα 5.52) ή του σταυρού (σχήμα 5.51).

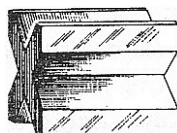


Σχήμα 5.51 Πως βρίσκουμε το κέντρο με γράφτη.



Σχήμα 5.52

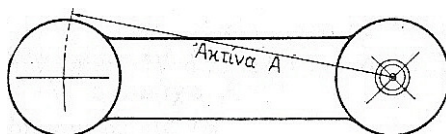
Για κομμάτια μικρού μήκους τοποθετούμε επάνω στην πλάκα εφαρμογής ένα V ή ένα σταυρό (σχήμα 5.52, 5.53). Για κομμάτια μεγάλου μήκους χρησιμοποιούμε ζευγάρια του ίδιου ύψους, όπως βλέπουμε στο σχήμα 20.7ε.



Σχήμα 5.53 Σταυρός σημαδέματος.

Κανονίζουμε το σημαδευτήρι του γράφτη να περνά λίγο πιο επάνω ή λίγο πιο κάτω από το κέντρο και τραβούμε μια γραμμή στο πρόσωπο του κυλίνδρου. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο 4 φορές (σχήμα 5.51) γυρίζοντας κάθε φορά το κομμάτι κατά 90° περίπου. Μέσα στο μικρό τετραγωνάκι, που σχηματίζεται, βρίσκεται το κέντρο Κ.

Όταν κάνουμε το ποντάρισμα του κέντρου, παίρνουμε ένα διαβήτη με άνοιγμα ίσο με την απόσταση Α, στηρίζουμε το ένα σκέλος του στην πονταρισιά και γράφουμε ένα τόξο στον άλλο κύκλο (σχήμα 5.54).



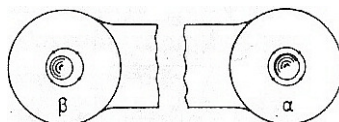
Σχήμα 5.54 Σημάδεμα κομματιού.

Έπειτα, χρησιμοποιώντας ένα από τους τρόπους, που αναφέρουμε πιο επάνω, βρίσκουμε το κέντρο του κύκλου, που πρέπει αναγκαστικά να βρίσκεται επάνω στο τόξο, που χαράξαμε με τον διαβήτη.

Με τα σκέλη του διαβήτη ανοιγμένα σε απόσταση A κάνουμε και έναν έλεγχο μήπως χάλασε ή διάσταση.

Αφού βρούμε τα κέντρα για τις δύο τρύπες που θα ανοίξουμε, δίνουμε στον διαβήτη μας άνοιγμα λίγο μεγαλύτερο από την ακτίνα της τρύπας, που θα ανοίξουμε, και χαράζουμε ένα κύκλο. Ποντάρουμε 4 σημεία του κύκλου αυτού. Το ίδιο κάνουμε και στην άλλη θέση, που θα τρυπήσουμε. Έτσι, αν την ώρα του τρυπήματος τα απόβλητα (γρέζια) ή το κοπτικό υγρό σβήσουν τον κύκλο, θα μείνουν οι 4 πονταρισιές (σχήμα 5.55) και φυσικά μπορούμε να παρακολουθούμε με το μάτι αν το τρυπάνι ανοίγει την τρύπα σωστά στο κέντρο ή όχι.

Αν η τρύπα ανοίγεται στο κέντρο, θα σχηματισθεί ένας κύκλος, ομόκεντρος με εκείνον που χαράξαμε και ποντάρουμε [σχήμα 5.55(α)]. Αν όμως δεν είναι οι κύκλοι ομόκεντροι [σχήμα 5.55(β)], φροντίζουμε να τοποθετήσουμε το κομμάτι για λίγο, υπό κάποια κλίση ως προς το τραπέζι, ώστε να διορθώσουμε το σφάλμα. Την διόρθωση όμως αυτήν την κάνουμε καλύτερα, αν μεταφέρουμε το λανθασμένο κέντρο με ένα ειδικό κοπίδι (νύχι).



Σχήμα 5.55 Έλεγχος σωστού τρυπήματος. α) Σωστό τρύπημα. β) Λανθασμένο τρύπημα.

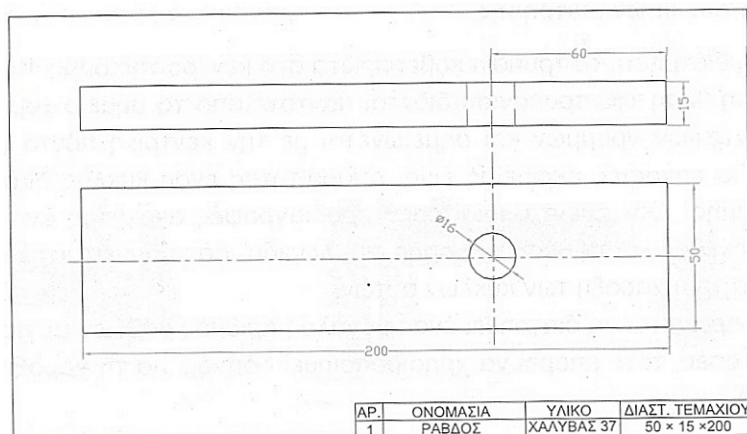
Φυσικά, όταν τρυπούμε, η προσοχή μας πρέπει να είναι μεγάλη και μάλιστα όχι μόνον στην αρχή και κατά την διάρκεια του τρυπήματος, αλλά και στο τέλος (στο ξετρύπημα). Γιατί, όταν το τρυπάνι κοντεύει να διαπεράσει το υλικό και η μύτη του να περάσει στην άλλη επιφάνεια του κομματιού, ελαττώνεται η αντίσταση, που ασκείται στο τρυπάνι, και χωρίς να το καταλάβουμε προχωρεί απότομα (όπως λέμε «δαγκώνει» ή «αρπάζει»), με αποτέλεσμα τις πιο πολλές φορές είτε να σπάσει το τρυπάνι, είτε να πάθει ζημιά το κομμάτι, είτε και να τραυματισθεί ο τεχνίτης.

Το τρυπάνι πρέπει να γυρίζει συγκεντρικά (να «ισογυρίζει» όπως λέμε), γιατί αλλιώς και το ίδιο υποφέρει και η ποιότητα της τρύπας είναι ελαττωματική. Την ώρα που τρυπούμε καλό είναι να χρησιμοποιούμε κάποιο υγρό κοπής.

Διάτρηση οπής ράβδου

Σε μία μεταλλική ράβδο πρέπει να ανοιχθεί οπή διαμέτρου 16 mm (για έναν κοχλία εξαγωνικής κεφαλής M14). Στο κατασκευαστικό σχέδιο της ράβδου δεν αναγράφεται σύμβολο για την επιφάνεια της οπής της διάτρησης.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, ισχύει η εξής αρχή: Οπές, οι οποίες σύμφωνα με τη μέθοδο κατασκευής του αντίστοιχου προϊόντος διανοίγονται (ή χυτεύονται), δε συνοδεύονται από σύμβολο επιφάνειας. Εάν οι οπές αυτές πρόκειται να κατεργασθούν περαιτέρω (π.χ. γλύφανση, λείανση κλπ.), θα πρέπει να δίδονται τα σύμβολα ή λέξεις που αντιστοιχούν στην εκάστοτε μέθοδο κατεργασίας.

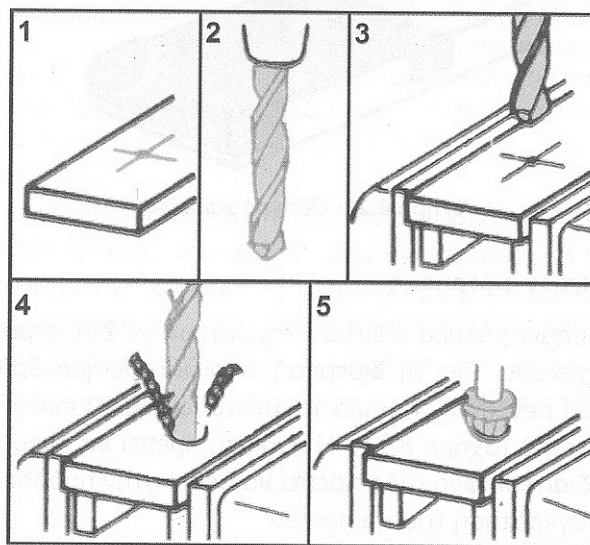


Κατασκευαστικό σχέδιο μεταλλικής ράβδου

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Φάση	Λειτουργία	Εργαλεία
1	Χάραξη	Χάρακας, γωνία, διαβήτης, κεντρική πόντα, σφυρί
2	Σύσφιξη του τρυπανιού	Τρυπάνι 16 N HSS
3	Έδραση του τεμαχίου	Μέγγενη δραπάνου
4	Διάτρηση της οπής	
5	Αποπεράτωση	Εργαλείο αποπεράτωσης

Εργαλεία μέτρησης: Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο



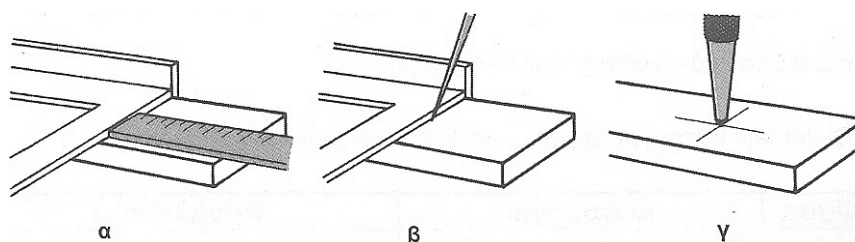
Στάδια κατεργασίας μεταλλικής ράβδου

Χάραξη των οπών διάτρησης

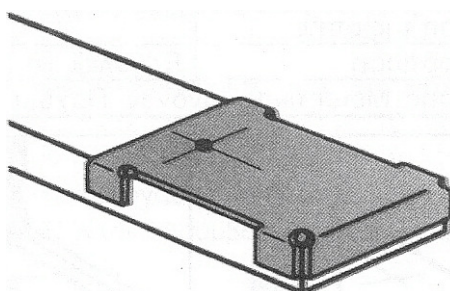
Κατά τη διάτρηση, το τρυπάνι κόβει πρώτα στο κέντρο της οπής. Κατά συνέπεια, η θέση του τρυπανιού δίδεται πάντοτε από το σημείο τομής των δυο κεντρικών γραμμών και σημειώνεται με την κεντρική πόντα (σχήμα 5.56). Για εργασίες ακριβείας είναι απαραίτητος ένας κύκλος διάτρησης και δοκιμής. Δεν τίθενται ιδιαίτερες προδιαγραφές ακριβείας αναφορικά με το μέγεθος και τη θέση της οπής στη λωρίδα. Κατά συνέπεια, δεν είναι απαραίτητη η χάραξη των κύκλων αυτών.

Εάν πρόκειται να διατρηθεί ένας μεγάλος αριθμός ράβδων με πανομοιότυπες οπές,

τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί οδηγός για τη χάραξη (σχήμα 5.57).



Σχήμα 5.56 Χάραξη και κεντρικό ποντάρισμα της ράβδου: (α) μέτρηση, (β) χάραξη, (γ) κεντρικό ποντάρισμα.



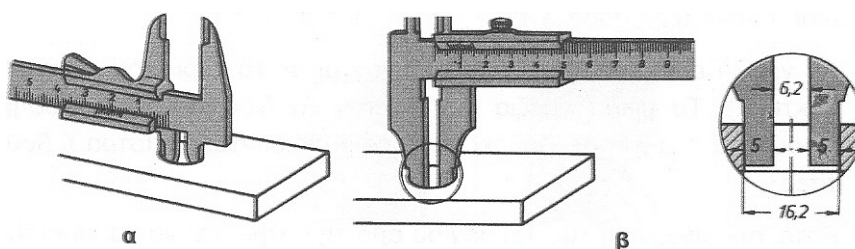
Σχήμα 5.57 Οδηγός χάραξης.

Επιλογή συνθηκών διάτρησης

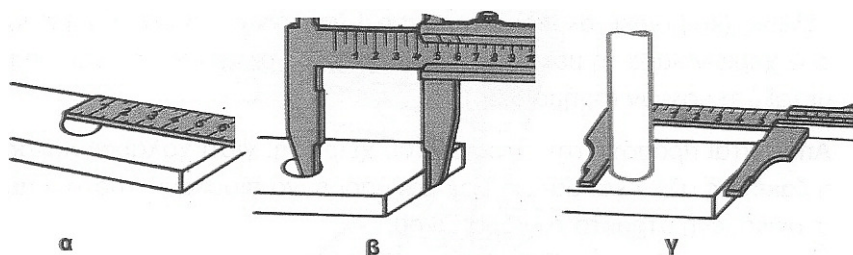
Επιλέγεται τρυπάνι χάλυβα υψηλών ταχυτήτων με διάμετρο 16 mm, κατάλληλο για χάλυβα. Για τη διάτρηση είναι κατάλληλο δράπανο τύπου στήλης μεσαίου μεγέθους. Για μία ταχύτητα κοπής 22 m/min απαιτούνται 475 στροφές/λεπτό (σχήμα 5.44). Η πρόωση πρέπει να ανέρχεται σε 0,25 mm/στροφή. Ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να δοθεί στην πρόσδεση του τεμαχίου και στη συγκράτηση του τρυπανιού.

Μέτρηση της οπής διάτρησης

Πρέπει να μετριέται το μέγεθος (διάμετρος) και η θέση της διανοιγμένης οπής. Το μέγεθος (διάμετρος) της οπής μπορεί να μετρηθεί με παχύμετρο (σχήμα 5.58).



Σχήμα 5.58 Μέτρηση της διαμέτρου οπής: (α) μέτρηση της διανοιγμένης οπής με τα σημεία μέτρησης - πλήρης διάμετρος, (β) μέτρηση με τους σιαγόνες του παχύμετρου - το πάχος των σιαγόνων πρέπει να προστεθεί στην εμφανιζόμενη μέτρηση, π.χ., μέτρηση 6,2 mm, διάμετρος οπής: $6,2+2 \times 5=16,2$ mm.



Σχήμα 5.59 Μέτρηση της θέσης της διανοιγμένης οπής: (α) Μέτρηση με το χαλύβδινο κανόνα: Αφαιρείται η ημιδιάμετρος από την ακμή αναφοράς μέχρι το πιο απομακρυσμένο σημείο της οπής, (β) Μέτρηση με τις αιχμηρές άκρες του παχύμετρου, (γ) μέτρηση με παχύμετρο και τρυπάνι: αφαιρείται η ημιδιάμετρος της οπής.

Η μέτρηση της θέσης της πρέπει να διεξάγεται από την ακμή του τεμαχίου που υποδεικνύεται στο σχέδιο (ακμή αναφοράς). Η θέση της οπής μπορεί να μετρηθεί με διάφορους τρόπους (σχήμα 5.59). Σε απλές περιπτώσεις είναι κατάλληλος ο χαλύβδινος χάρακας. Εάν στο κατασκευαστικό σχέδιο δε δίδονται ανοχές για απλά τεμάχια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χάρτες ανοχών του μηχανουργείου για αποστάσεις κέντρο-κέντρο.

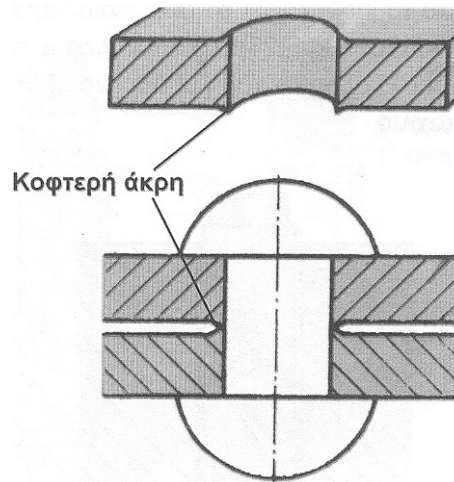
5.5 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ - ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

1. Η ασφαλής συγκράτηση του τεμαχίου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι τα βασικότερο μέτρο ασφαλείας κατά τη διάτρηση και πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή.
2. Τα γρέζια δεν πρέπει να απομακρύνονται με το χέρι (τραύματα στα δάκτυλα). Τα μικρά γρέζια δεν πρέπει να διώχνονται με φύσημα (τραύματα στα μάτια). Πρέπει να χρησιμοποιούνται άγκιστρα ή βούρτσες.
3. Κατά την αφαίρεση του τρυπανιού από την άτρακτο, να τοποθετείται ένα κομμάτι ξύλο κάτω από το τρυπάνι για την αποφυγή τραυματισμού (πτώση του τρυπανιού πάνω στο χέρι του χειριστή) ή καταστροφής του τρυπανιού από πτώση του στην τράπεζα ή στο πάτωμα.
4. Χρειάζεται καλός καθαρισμός των χειλιών (πάνω και κάτω) της ανοιγμένης οπής με κάποιο κατάλληλο εργαλείο, γιατί παραμένουν μικροατέλειες (κοφτερές άκρες), που μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμό των χεριών κατά τη μεταφορά του τεμαχίου, αλλά και μη καλή επαφή μεταξύ τεμαχίων (σχήμα 5.60).
5. Απαιτείται προσοχή στο ντύσιμο του χειριστή, γιατί χαλαροί γιακάδες ή ζακέτες αλλά και μακριά μαλλιά, μπορεί να πιαστούν από την περιστρεφόμενη άτρακτο του δραπάνου.

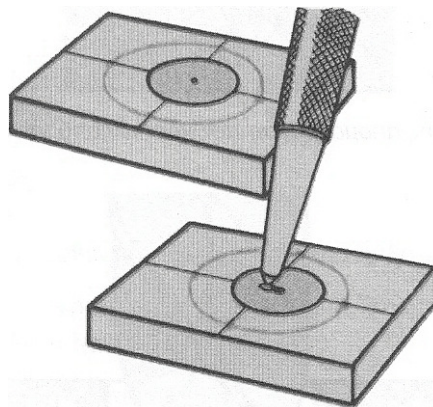
Πέρα από τα παραπάνω μέτρα ασφαλείας, ο χειριστής πρέπει να γνωρίζει κάποιους επιπλέον βασικούς κανόνες για την ορθή εκτέλεση της διάτρησης και την αποφυγή καταστροφής του εργαλείου και πιθανού ατυχήματος.

- Η γραμμή χάραξης πρέπει να παρατηρηθεί πριν από τη διάτρηση (σχήμα 5.61). Εάν το τρυπάνι δεν πετύχει το ποντάρισμα, αυτό πρέπει να ξαναγίνει, ενώ κατά τη

διάρκεια της διάτρησης πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς, τόσο το τεμάχιο, όσο και το τρυπάνι.

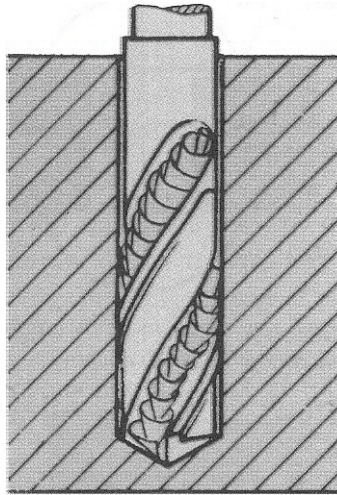


Σχήμα 5.60 Οι κοφτερές άκρες των οπών μπορούν να προκαλέσουν τραύματα στα χέρια και μη καλή επαφή μεταξύ επιφανειών.

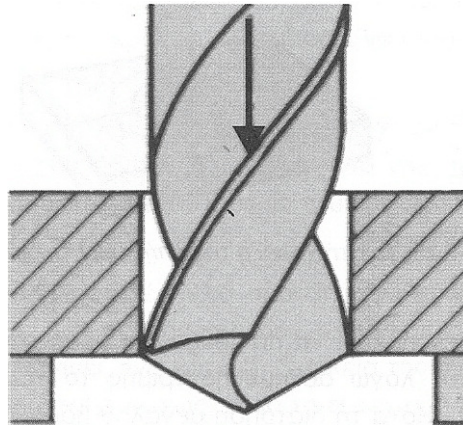


Σχήμα 5.61 Σωστή χάραξη της οπής πριν τη διάτρηση.

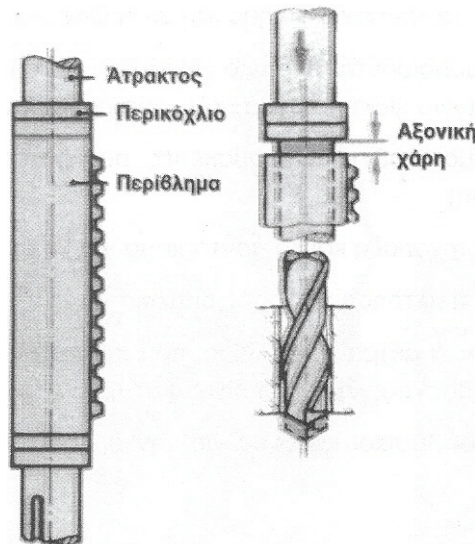
- Τα γρέζια δεν πρέπει να παγιδεύονται μέσα στην οπή μαζί με το τρυπάνι, γιατί λόγω αυξημένης τριβής το τελευταίο θα σπάσει (σχήμα 5.62). Κατά τη διάτρηση μεγάλου βάθους οπών, το τρυπάνι πρέπει να απομακρύνεται συχνά από τη διανοιγόμενη οπή για να απομακρυνθούν τα γρέζια.
- Όταν το τρυπάνι διαπεράσει το υλικό και ξεπροβάλει λίγο, πρέπει να μειωθεί η πρόωση, αλλιώς το τρυπάνι 'αρπάζει' και σπάει (σχήμα 5.63).
- Δεν πρέπει να υπάρχει αξονική χάρη μεταξύ ατράκτου και περιβλήματός της, γιατί η άτρακτος θα πέσει προς τα κάτω από το ίδιο της το βάρος, όταν το τρυπάνι κόψει το τελευταίο τμήμα του υλικού με ελαττωμένη πρόωση (σχήμα 5.64). Το αποτέλεσμα είναι ότι το τρυπάνι 'αρπάζει' και σπάει. Η αξονική χάρη μπορεί να εξαλειφθεί επανασφίγγοντας το περικόχλιο.



Σχήμα 5.62 Συνεχής απομάκρυνση των γρεζιών από μεγάλου βάθους οπή.



Σχήμα 5.63 Μείωση της πρόωσης μόλις ξεπροβάλει η άκρη του τρυπανιού.



Σχήμα 5.64 Εξάλειψη της αξονικής χάρης μεταξύ ατρακτού και περιβλήματός της.

5.6 ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΜΕ ΤΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

Το βύθισμα

Το βύθισμα είναι μία μέθοδος τρυπανισμού για την δημιουργία διαφόρων επιφανειών, οι οποίες είναι κάθετες προς τον άξονα περιστροφής (κωνικές επιφάνειες ή προφίλ), σε προϋπάρχουσες οπές, οι οποίες προέρχονται από διάτρηση ή από ζουμπά. Διακρίνουμε:

Ισοπέδωση:

για τη δημιουργία μιας προεξέχουσας επίπεδης επιφάνειας, π.χ. την επιφάνεια εδράσεως της κεφαλής ενός εξαγωνικού κοχλία

Εσωτερική εκβάθυνση:

για την δημιουργία μιας επίπεδης επιφάνειας, η οποία ευρίσκεται σε κάποιο βάθος, π.χ. ενός κυλινδρικού βυθίσματος για την κυλινδρική κεφαλή ενός κοχλία

Εσωτερικό προφίλ:

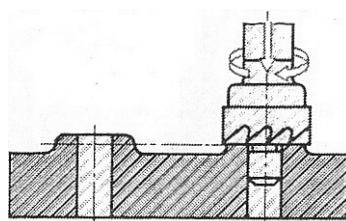
για την δημιουργία ενός κωνικού βυθίσματος ή άλλου είδους προφίλ, π.χ. ενός κωνικού προφίλ για φρεζάτο κοχλία.

Εργαλεία για βυθίσματα (φρεζοτρύπανα)

Τα εργαλεία βυθίσματος (ή φρεζοτρύπανα) έχουν, σε σχέση με τα τρυπάνια μικρότερη γωνία ελευθερίας και μεγαλύτερη επιφάνεια ελευθερίας. Έτσι, "στηρίζεται" το εργαλείο στις κόψεις του και παίρνει κανείς μια επιφάνεια χωρίς ίχνη από κραδασμούς. Η ταχύτητα κοπής πρέπει να είναι μικρότερη, ενώ η πρόωση μπορεί να είναι μεγαλύτερη από το αντίστοιχο τρύπημα.

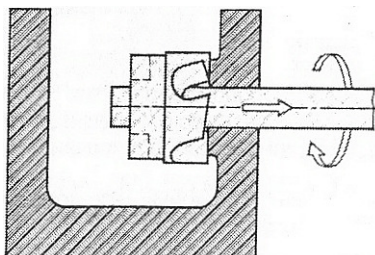
Τα φρεζοτρύπανα κατασκευάζονται από ταχυχάλυβα ή φέρουν πλακίδια από σκληρομέταλλο. Τα μεγαλύτερα φρεζοτρύπανα έχουν ειδικές κοπτικές κεφαλές, οι οποίες προσαρμόζονται σε άξονα. Για την κατεργασία υλικών με μεγάλα απόβλητα π.χ. κράματα αλουμινίου ή χαλκού, τα εργαλεία έχουν μεγαλύτερη γωνία αποβλήτου, μικρότερη γωνία σφηνώσεως και μεγαλύτερα αυλάκια για τα απόβλητα.

Τα φρεζοτρύπανα ισοπεδώσεως χρησιμοποιούνται για την δημιουργία επιπέδων επιφανειών εξωτερικά, για στήριξη κοχλίων και περικοχλίων (σχήμα 5.65).



Σχήμα 5.65 Φρεζοτρύπανο εξωτερικής ισοπεδώσεως

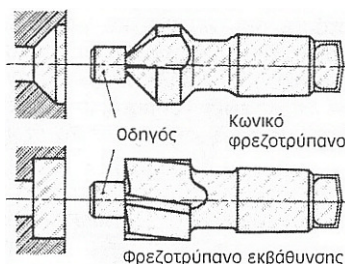
Τα φρεζοτρύπανα ισοπεδώσεως με ειδική κεφαλή χρησιμοποιούνται όπως και παραπάνω, αλλά σε δυσπρόσιτες θέσεις, όπου πρέπει να προσαρμοσθούν στον προωθημένο άξονα, για να είναι δυνατή η κατεργασία από την οπισθία πλευρά των επιφανειών (σχήμα 5.66).



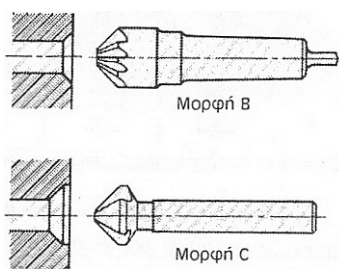
Σχήμα 5.66 Προσαρμοζόμενη κεφαλή εξωτερικής ισοπεδώσεως

Τα φρεζοτρύπανα με κυλινδρικό οδηγό χρησιμοποιούνται για εσωτερικές εκβαθύνσεις και δημιουργία εσωτερικών προφίλ για βυθίσματα κεφαλών κοχλιών. Υπάρχουν εργαλεία για επίπεδες και για κωνικές επιφάνειες με σταθερό ή εναλλάξιμο κυλινδρικό οδηγό (σχήμα 5.67). Ο οδηγός οδηγεί το εργαλείο στην προϋπάρχουσα οπή. Οι εναλλάξιμοι οδηγοί διευκολύνουν το τρόχισμα των εργαλείων και επιτρέπουν την χρησιμοποίησή τους σε διάφορες διαμέτρους οπών.

Τα κωνικά φρεζοτρύπανα χρησιμοποιούνται για την δημιουργία εσωτερικών κωνικών προφίλ για κοχλίες και ήλους καθώς και για το καθάρισμα από προεκτάματα στα χείλη οπών (σχήμα 5.68). Οι γωνίες κορυφής είναι τυποποιημένες, π.χ. 60° για καθάρισμα, 75° για κεφαλές ήλων, 90° για φρεζάτους κοχλίες και 120° για ήλους λαμαρίνας.



Σχήμα 5.67 Φρεζοτρύπανα με κυλινδρικό οδηγό



Σχήμα 5.68 Κωνικά φρεζοτρύπανα για δημιουργία προφίλ

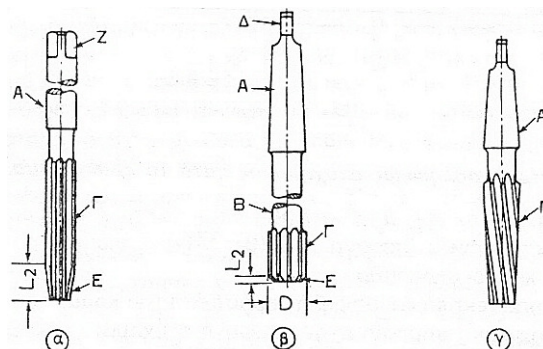
Με κωνικά φρεζοτρύπανα της μορφής Β γίνεται κυρίως καθάρισμός προεκταμάτων, ενώ με κωνικά φρεζοτρύπανα τριών κόψεων της μορφής C μπορεί να γίνει κατεργασία σε βαθέα βυθίσματα χωρίς ίχνη κραδασμών, διότι τα απόβλητα μπορούν να απομακρυνθούν από τα αυλάκια του εργαλείου.

Τα ελικοειδή φρεζοτρύπανα χρησιμοποιούνται για την διεύρυνση οπών μεγαλύτερου βάθους.

Η γλύφανση.

A. Γενικά για τη γλύφανση.

Η γλύφανση είναι κατεργασία παρόμοια με το τρυπάνισμα, όπου το κοπτικό εργαλείο, δηλαδή το γλύφανο (σχήμα 5.69) περιστρέφεται (πρωτεύουσα κίνηση), ενώ συγχρόνως προωθείται αξονικά (κίνηση προώσεως).



Σχήμα 5.69 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, D ονομαστική διάμετρος γλυφάνου.

Η γλύφανση εκτελείται τόσο με το χέρι [με τη βοήθεια του χειρογλυφάνου, σχήμα 5.69(α)], όσο και μηχανικά [με το μηχανογλύφανο, σχήμα 5.69(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 διευρύνουμε (με ακρίβεια) τρύπες ανοιγμένες με τρυπάνισμα ή με εσωτερική τόννευση αφαιρώντας μικρή ποσότητα υλικού, το οποίο αφήνουμε για τη γλύφανση κάνοντας τις τρύπες υποδιάστατες. Με την κατεργασία αυτή από το ένα μέρος επιτυγχάνουμε αυξημένη ακρίβεια στο μέγεθος (στη διάμετρο) της τρύπας και της δίνουμε το ορθό κυλινδρικό της σχήμα και από το άλλο βελτιώνουμε την τραχύτητα της. Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι με τη γλύφανση δεν διορθώνουμε 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 ανοίγουμε 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 ($\frac{3}{8}$ '') μέχρι 40 mm ($\frac{1}{2}$ '') περίπου. Είναι δυνατή όμως η γλύφανση και σε μικρότερες διαμέτρους, όπως και σε μεγαλύτερες (π.χ. μέχρι 75 mm ή 3''), με γλύφανα όμως που προμηθευόμαστε με

ειδική παραγγελία.

Η διαστατική ακρίβεια που επιτυγχάνεται με τη γλύφανση ποικίλλει συνήθως από 25 μm μέχρι 75 μm (0,001'' μέχρι 0,003''), ενώ μπορεί να επιτευχθεί και να διατηρηθεί ακρίβεια και μικρότερη από 25 μm με πιο αυστηρό έλεγχο της ονομαστικής διαστάσεως του γλυφάνου, της στηρίξεως του κομματιού και των συνθηκών κατεργασίας. Σχετικά με την τραχύτητα επιφάνειας, είναι δυνατό να επιτύχουμε κάτω από καλές συνθήκες γλυφάνσεως μέσο ύψος τραχύτητας της τάξεως του 1 μm (40 μ'') ή και μικρότερο.

B. Το γλύφανο.

Το γλύφανο είναι ένα περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο με πολλές κύριες κάψεις (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).

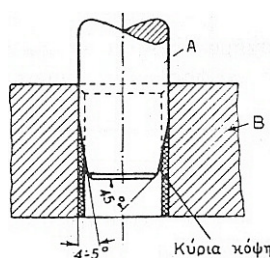
Η ονοματολογία του γλυφάνου δίνεται στο σχήμα 5.69. Τα αυλάκια χρειάζονται στα γλύφανα για τους ίδιους λόγους που χρειάζονται και στα τρυπάνια.

Τα μηχανογλύφανα, παρουσιάζουν τις παρακάτω διαφορές συγκρινόμενα με τα χειρογλύφανα:

α) Τα μηχανογλύφανα έχουν κωνικό στελέχος, 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 μανέλας [σχήμα 5.69(α)].

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

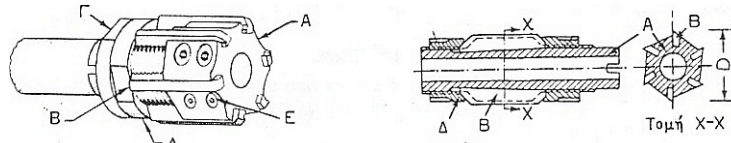
γ) στα μηχανογλύφανα το εμπρόσθιο κολουροκωνικό μέρος έχει πολύ μικρότερο μήκος L_2 . Το μεγαλύτερο μήκος L_2 στα χειρογλύφανα επιτρέπει ευκολότερη έναρξη και οδήγηση (στο στάδιο αυτό) της γλυφάνσεως.



Σχήμα 5.70 Πώς κόβει με το κολουροκωνικό του άκρο ένα γλύφανο. A γλύφανο, B κομμάτι

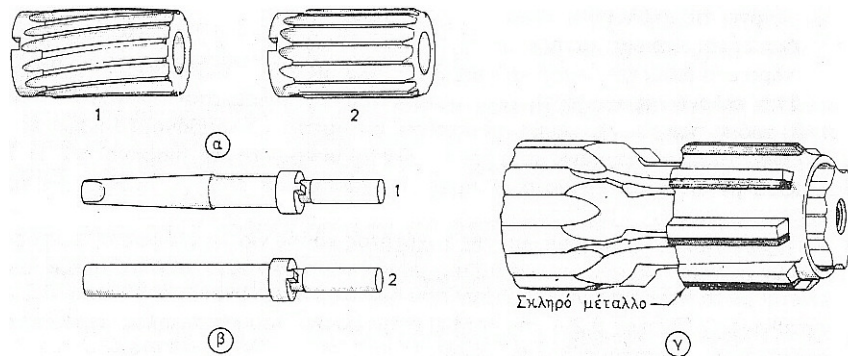
Την κυρίως κοπή κατά τη γλύφανση την αναλαμβάνει το κολουροκωνικό μέρος του γλυφάνου (σχήμα 5.69, 5.70), ενώ το υπόλοιπο σώμα του οδηγεί το γλύφανο και λειαίνει την τρύπα. Για καλή οδήγηση του γλυφάνου μέσα στην τρύπα αφήνονται οδηγητικές λωρίδες μικρού πλάτους. Για πιο αποδοτική εργασία του γλυφάνου (αποφυγή δονήσεων και επίτευξη καλύτερης τραχύτητας επιφάνειας), τα δόντια του

έχουν άνισο βήμα.



Σχήμα 5.71 Γλύφανα με ρυθμιζόμενη διάμετρο. Α σώμα, Β λεπίδα, Γ ασφαλιστικό περικόχλιο, Δ ρυθμιστικό περικόχλιο, Ε κοχλίας στερεώσεως.

Τα γλύφανα ταξινομούνται ως κυλινδρικά [σχήμα 5.69,(α),(β)] και ως κωνικό [σχήμα 5.69(γ)] για γλύφανση κυλινδρικών και κωνικών οπών αντιστοίχως. Τα κυλινδρικά πάλι γλύφανα διακρίνονται σε γλύφανα με σταθερή διάμετρο και σε γλύφανα με ρυθμιζόμενη διάμετρο (σχήμα 5.71). Τα γλύφανα με σταθερή διάμετρο τα συναντούμε 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 (σχήμα 5.72) για γλύφανση μεγάλων σχετικά οπών, τα οποία έχουν συνήθως σταθερή διάμετρο, και προσαρμόζονται σε κατάλληλο άξονα.



Σχήμα 5.72 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.

Τα μηχανογλύφανα κατασκευάζονται ως επί το πλείστο από ταχυχάλυβα 18 - 4 - 1 ή άλλο ισοδύναμης ποιότητας. 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 παίρνουμε. Διαφορές παρατηρούνται στην εκλογή των συνθηκών κατεργασίας, του υγρού κοπής και στον έλεγχο των ετοιμών οπών. Παρακάτω δίνουμε 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 τórνευση, για να γίνει η γλύφανση. Για κανονικό σχηματισμό του αποβλήτου 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 γλύφανση 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 λαμβάνουμε υπόψη και το γεγονός ότι με το τρυπάνισμα η τρύπα γίνεται υπερδιάστατη. Για ελαφρά μέταλλα και κράματα οι τιμές της χάρης που δώσαμε αυξάνονται κατά 50%.

Η εκλογή της ταχύτητας κοπής και της προώσεως για τη γλύφανση διαφόρων υλικών με γλύφانو από ταχυχάλυβα ή με γλύφانو με κόψεις από σκληρομέταλλο γίνεται με τη βοήθεια των στοιχείων που δίνουμε στους Πίνακες 5.6 και 5.7 αντιστοίχως. Ο Πίνακας 5.8 μας βοηθάει στην εκλογή του κατάλληλου υγρού κοπής ανάλογα με το κατεργαζόμενο υλικό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6

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

Είδος υλικού	Όριο θραύσεως (kp/mm^2) ή σκληρότητα Brinell	Ταχύτητα κοπής, v (m/min)	
		Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλα
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50	8...10	12...16
	50... 70	6... 8	10...14
	70... 90	4... 7	9...13
	90...110	3... 5	8...12
Χαλυβοκράματα	100...120	2... 3	5... 8
Ανοξείδωτοι χάλυβες		3... 5	9...16
Χυτοχάλυβες	38... 52	3... 5	9...16
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell άνω 200 Brinell	7... 9	12...15
		4... 6	8...11
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		4... 6	8...11
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		3... 4	6... 9
Κράματα αργιλίου		14...17	15...20
Ορείχαλκος		11...14	12...15
Κρατέρωμα		9...11	10...12
Πλαστικά			10...16

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7

Συνιστώμενες τιμές της προώσεως *s* για γλύφανση διαφόρων υλικών.

Είδος υλικού	Όριο θραύσεως (κρ/mm ²) ή σκληρότητα σε Brinell	Πρόωση <i>s</i> , (mm/στρ)	
		Ταχυχάλυβας	Σκληρομέταλλα
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50	0,3 ...1,2	0,2 ...0,6
	50... 70	0,3 ...1,2	0,2 ...0,6
	70... 90	0,16...0,8	0,2 ...0,6
	90...110	0,16...0,8	0,2 ...0,6
	100...120	0,1 ...0,6	0,1 ...0,4
Χαλυβοκράματα			
Ανοξείδωτοι χάλυβες		0,16...0,8	0,2 ...0,4
Χυτοχάλυβες	38... 52	0,16...0,8	0,2 ...0,7
Φαιός χυτοσίδηρος	ως 200 Brinell	0,4 ...2,0	0,25...1,0
	άνω 200 Brinell	0,3 ...2,0	0,2 ...0,8
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη		0,3 ...2,0	0,2 ...0,8
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος		0,3 ...1,2	0,2 ...0,6
Κράματα αργιλίου		0,4 ...2,0	0,25...0,7
Ορείχαλκος		0,4 ...2,0	0,2 ...0,8
Κρατέρωμα		0,4 ...2,0	0,2 ...0,6
Πλαστικά			0,2 ...0,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8

Συνιστώμενα υγρά κοπής για τρυπάνισμα, γλύφανση και εσωτερική σπειροτόμηση.

Υλικό κομματιού	Τρυπάνισμα	Γλύφανση	Εσωτερική σπειροτόμηση
Μαλακοί χάλυβες	Γ	Γ	ΛΚ(Θ)
Σκληροί χάλυβες	Γ,ΛΚ	Γ	ΛΚ(Θ - Χ)
Ανοξείδωτοι χάλυβες	Γ,ΛΚ	Γ	ΛΚ(Θ), ΛΚ(Θ - Χ)
Φαιός χυτοσίδηρος	ΞΚ*	ΞΚ	Γ,**ΞΚ
Μαλακτικοποιημένος χυτοσίδηρος,			
Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	ΞΚ	Γ	ΛΚ(Θ),Γ
Αργίλιο και κράματά του	Γ,Ο	Γ,ΛΚ	Γ
Χαλκός και κράματά του	ΞΚ,Ο,Γ	Γ,ΞΚ	Γ,Ο

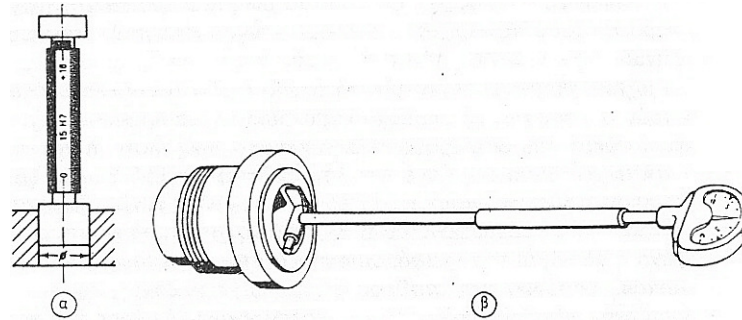
Γ γαλάκτωμα, ΛΚ λάδι κοπής: θειωμένο (Θ), θείο - χλωριωμένου (Θ - Χ), Ο μίγμα ορυκτελαίου - λιπαρού ελαίου, ΞΚ ξηρά κοπή (χωρίς υγρό κοπής).

* Έχουμε πιο ευνοϊκά αποτελέσματα, αν διοχετεύουμε ρεύμα αέρος στη θέση της κοπής.

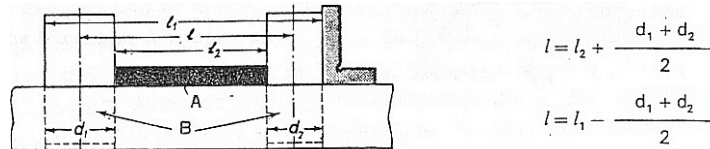
** Προτιμάμε χρήση γαλακτώματος από την ξηρά κοπή.

Σχετικά με τον έλεγχο οπών που προέρχονται από γλύφανση έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

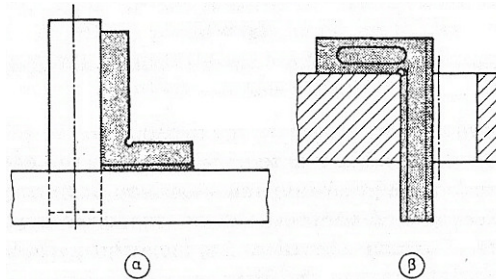
Με τη γλύφανση που, όπως είπαμε, αποτελεί κατεργασία αποπερατώσεως, κατεργαζόμαστε τρύπες με ακρίβεια και με αρκετά καλή τραχύτητα. Την τραχύτητα (μέσο ή μέγιστο ύψος τραχύτητας κλπ.), τη μετρούμε με κατάλληλο τραχύμετρο. Το μέγεθος (διάμετρος) και το σχήμα της τρύπας ανάλογα και με τον αριθμό των κομματιών τα ελέγχουμε με κατάλληλο οριακό ελεγκτήρα [σχήμα 5.73(α)] ή με μετρητικό ρολόι κοίλων [σχήμα 5.73(β)]. Η απόσταση ανάμεσα στους άξονες δύο οπών μετριέται με τη βοήθεια προτύπων πλακιδίων και προτύπων κυλίνδρων ή ελεγκτήρων, όπως βλέπουμε στο σχήμα 5.74. Τέλος, η καθετότητα του άξονα μιας οπής ως προς κάποια επιφάνεια αναφοράς του κομματιού ελέγχεται, όπως εικονίζεται στο σχήμα 5.75.



Σχήμα 5.73 Έλεγχος της διαμέτρου και της μορφής οπών ανοιγμένων με ακρίβεια.



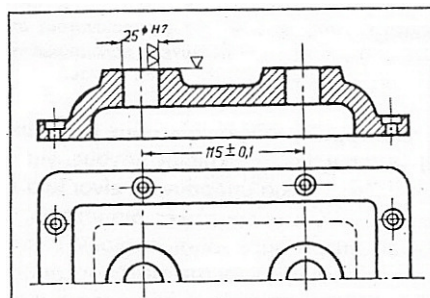
Σχήμα 5.74 Πως ελέγχουμε την απόσταση ανάμεσα στους άξονες δύο οπών ακριβείας. Α πρότυπα πλακίδια, Β πρότυποι κύλινδροι ή ελεγκτήρες.



Σχήμα 5.75 Έλεγχος της καθετότητας του άξονα μιας τρύπας: α) Με τη βοήθεια πρότυπης ελεγκτικής ορθής γωνίας και πρότυπου κυλίνδρου ή ελεγκτήρα. β) Με ορθή πρότυπη ελεγκτική γωνία μόνο.

Δ) Ένα παράδειγμα ανοίγματος οπών με ακρίβεια.

Στο κάλυμμα από φαιό χυτοσίδηρο του σχήματος 5.76 πρόκειται να ανοίξουμε δύο παράλληλες τρύπες Φ25H7. Η επιφάνεια Α του κομματιού είναι κατεργασμένη με φρεζάρισμα και μπορεί να θεωρηθεί ως επιφάνεια αναφοράς, ως προς την οποία οι άξονες των δύο οπών θα πρέπει να είναι κάθετοι. Επίσης οι επιφάνειες Β και Γ χρειάζεται επιπέδωση.



Σχήμα 5.76 Παράδειγμα ανοίγματος οπών με ακρίβεια.

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

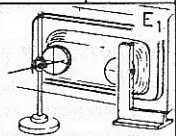
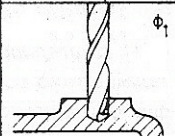
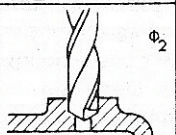
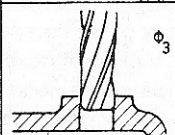
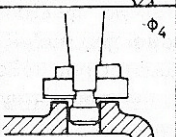
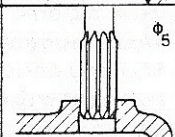
n [στρ/min]: 31,5 45 63 90 125 180 250 355 500 710 1000 1400
 s [mm/στρ]: 0,11 0,16 0,22 0,32 0,45 0,62 0,88 1,26 1,75

Ζητούμε να καταρτισθεί το φύλλο κατεργασίας του κομματιού αυτού. Από το συμβολισμό των δύο οπών (Φ25H7 για τη διάμετρό τους και nν για την τραχύτητα επιφάνειας) συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για τρύπες με ακρίβεια (ποιότητας H7 που έχει ανοχή 21 μm) 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 που δίνεται παρακάτω, όπου E₁, E₂ οι βοηθητικές εργασίες και Φ_{1...5} οι φάσεις εργασίας. Στο ίδιο φύλλο περιλαμβάνονται τα απαιτούμενα εργαλεία και μετρητικά όργανα, όπως και οι συνθήκες κατεργασίας

Φύλλο κατεργασίας

Εργαστάσιο, Τμήμα: Ονομασία (ή κωδικός αριθμός) κομματιού: Κάλυμμα (. . .) Υλικό κομματιού: Φαιός χυτοσίδηρος. Αριθμός κομματιών στην παρτίδα: ... Παρατηρήσεις: ...						
Συμβολισμός εργασίας ή φάσεως	Εργασία ή φάση	Εργαλείο ή όργανο	υ [m/min]	n* [στρ/min]	s [mm/στρ]	Υγρό κοπής
E ₁	Χάραξη	Πλάκα εφαρμογής, υψομετρικός χαρακτήρας, γωνία, χαρακτήρας, 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, ηλεκτρήρας τρύματος, πρότυπα πλακίδια [παράγρ. 8.3.1(Γ)]				
* Αναγράφονται οι προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες που διαθέτει το δράπανο. Εκλέγονται οι πλησιέστερες προς τις υπολογιζόμενες από την ταχύτητα κοπής [σχέση (4.1)].						
						

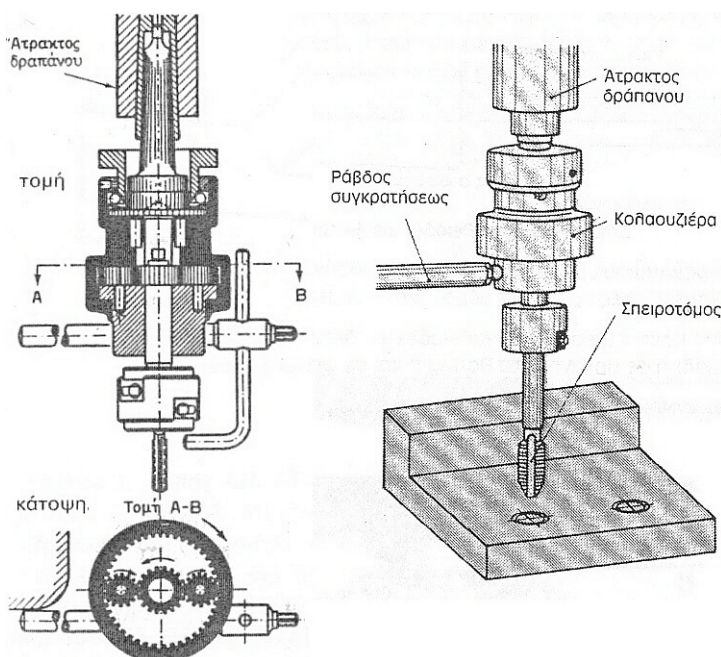
και το υγρό κοπής για τις σπουδαιότερες φάσεις. Η εκλογή των συνθηκών

κατεργασίας γίνεται με βάση τα στοιχεία των σχετικών πινάκων που έχουμε δώσει (Πίνακες 5.4, 5.5 κ.α.). Θα μας ήταν δυνατό ακόμα να υπολογίσουμε και την ισχύ κοπής (όπως στο παράδειγμα της σελίδας 265) στη δυσμενέστερη φάση κατεργασίας από άποψη ισχύος για την εκλογή του κατάλληλου δραπάνου λαμβάνοντας όμως υπόψη και τους διορθωτικούς συντελεστές K_{ϕ} και K_{κ} .

Η εσωτερική σπειροτόμηση.

Α. Γενικά για την εσωτερική σπειροτόμηση και τους αντίστοιχους σπειροτόμους.

Η εσωτερική σπειροτόμηση γίνεται με το σπειροτόμο εσωτερικών σπειρωμάτων (κοπτικό εργαλείο με πολλές κύριες κόψεις, σχήμα 5.78) με συνδυασμό περιστροφικής (πρωτεύουσα κίνηση) και αξονικής (κίνηση προώσεως) κινήσεώς του. Εκτελείται κατά κανόνα στο δράπανο, αν δεν συνδυάζεται και με άλλες κατεργασίες. οπότε είναι δυνατό να γίνει σε ημιαυτόματους ή αυτόματους τόνους ή σε άλλες εργαλειομηχανές. Το δράπανο θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με ειδική συσκευή τη κολαουζιέρα (σχήμα 5.77), ώστε από το ένα μέρος να είναι δυνατός ακριβής έλεγχος στο βάθος σπειροτομήσεως και από το άλλο να υπάρχει δυνατότητα ανάστροφης κινήσεως της ατράκτου για την έξοδο του σπειροτόμου από την τρύπα. Διατίθενται ακόμα και μηχανισμοί που ρυθμίζουν την πρόωση του σπειροτόμου ανάλογα με το βήμα του σπειρώματος που κόβουμε έτσι, ώστε να προκύπτει σπείρωμα καλύτερης ποιότητας από εκείνη που επιτυγχάνεται με τυχόν έλεγχο της προώσεως με το χέρι.

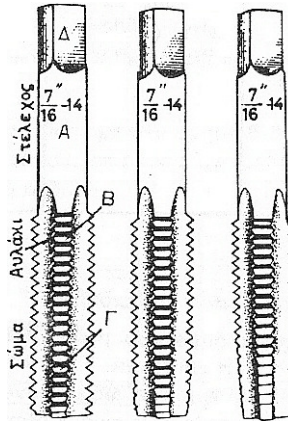


Σχήμα 5.77 Συσκευή κοπής σπειρωμάτων (κολαουζιέρα).

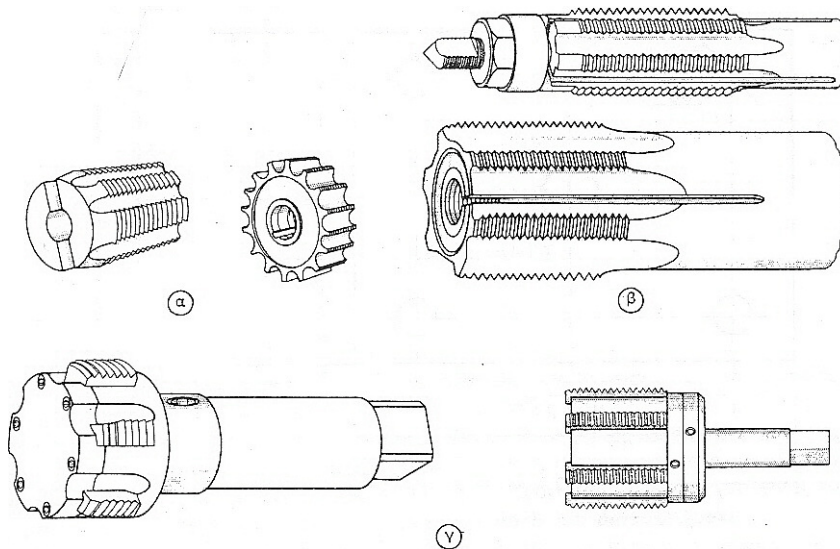
Η εσωτερική σπειροτόμηση γίνεται αποδοτικά σε υλικά με σκληρότητα μέχρι 250 Brinell περίπου, ενώ για σκληρότερα υλικά η αποδοτικότητα της πέφτει και το κόστος της ανεβαίνει. Κόβονται με αυτή σπειρώματα μέσα σε πολύ μεγάλη περιοχή βημάτων, δηλαδή από σπειρώματα με πολύ μικρό βήμα (π.χ. 0,07 mm η 360 σπειρώματα στην ίντσα) μέχρι σπειρώματα με πολύ μεγάλο βήμα (π.χ. 8,5 mm η 3

σπειρωμάτων στην ίντσα).

Τους σπειροτόμους τους διακρίνουμε σε ολόσωμους [σχήμα 5.78], σε κοίλους [σχήμα 5.79(α)], σε εκτεινόμενους ή διαστελλόμενους [σχήμα 5.79(β)], σε ρυθμιζόμενους και σε σπειροτόμους με ένθετες οδοντωτές λεπίδες [σχήμα 5.79(γ)].



Σχήμα 5.78 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.



Σχήμα 5.79 Διάφορα είδη σπειροτόμων εσωτερικών σπειρωμάτων.

Τους ολόσωμους σπειροτόμους τους συναντούμε ως κυλινδρικούς και ως κωνικούς. Φέρουν αυλάκια για τους ίδιους ακριβώς λόγους, για τους οποίους φέρουν τα τρυπάνια και τα γλύφανα. Τα αυλάκια μπορούν να είναι ίσια ή ελικοειδή. Οι κοίλοι σπειροτόμοι κατασκευάζονται για ονομαστικές διαμέτρους μεγαλύτερες από 25 mm (1"). Οι εκτεινόμενοι σπειροτόμοι χρησιμοποιούνται συνήθως για αποπεράτωση σπειρωμάτων, ενώ οι ρυθμιζόμενοι σπειροτόμοι χρησιμοποιούνται και αυτοί για αποπεράτωση, όπου όμως οι απαιτήσεις για ακρίβεια είναι αυξημένες. Διατίθενται ύστερα από ειδική παραγγελία και το κόστος τους είναι ψηλό. Τέλος οι σπειροτόμοι με ένθετες οδοντωτές λεπίδες συναντώνται σε μεγάλες διαμέτρους (από 40 mm η

1½'' ως 150 mm η 6''). Συμφέρει η χρησιμοποίηση τους σε σπειροτόμηση κομματιών εν σειρά.

Ως υλικό κατασκευής των σπειροτόμων εσωτερικών σπειρώματων 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 ρυθμιζόμενους σπειροτόμους είναι δυνατή και η χρησιμοποίηση πλακιδίων από κατάλληλο για κάθε περίπτωση σκληρομέταλλο.

B. Εκτέλεση της εσωτερικής σπειροτομήςσεως.

Για την κοπή εσωτερικών σπειρώματων πρέπει πρώτα να κατασκευαστεί μία οπή με διάμετρο την εσωτερική διάμετρο του σπειρώματος (διάμετρος πυρήνα). Για μετρικά σπειρώματα κατά ISO, αυτή η διάμετρος του πυρήνα αντιστοιχεί προς την διάμετρο του σπειρώματος μείον το βήμα του σπειρώματος (πίνακας 5.9).

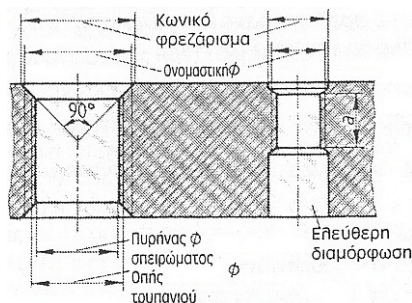
ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9

Διάμετρος οπής πυρήνος σε mm για μετρικό σπείρωμα κατά ISO

Σπείρωμα	Οπή πυρήνος	Σπείρωμα	Οπή πυρήνος
M3	2,5	M10	8,5
M4	3,3	M12	10,2
M5	4,2	M16	14,0
M6	5,0	M20	17,5
M8	6,8	M24	21,0

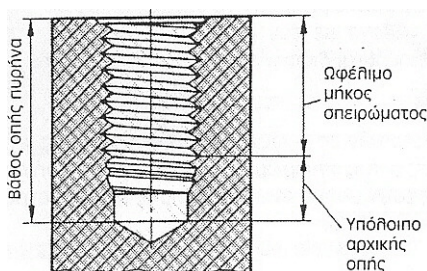
Το κολαούζο εκτελεί την κίνηση κοπής και την κίνηση προώσεως όπως έχουμε αναφέρει. Η πρόωση καθορίζεται από το βήμα του σπειρώματος. Το εργαλείο κοχλιώνεται στην οπή του πυρήνα. Το κολαούζο κατά την κοπή πιέζει το υλικό κάπως προς τα μέσα, έτσι ώστε η οπή να γίνεται μικρότερη ("διόγκωση").

Με την κατασκευή ενός κωνικού βυθίσματος με φρεζοτρύπανο, κωνικό 90° στην αρχή της οπής επιτυγχάνεται καλύτερη έναρξη κοπής και δεν υπάρχει ο κίνδυνος, τα πρώτα σπειρώματα να συμπιεστούν προς τα έξω (σχήμα 5.80).



Σχήμα 5.80 Σπειρώματα με κωνικό φρεζάρισμα

Η οπή, η οποία ευρίσκεται πέρα από το αναγκαίο μήκος κοχλιώσεως α, διαμορφώνεται ελεύθερα. Για σπειρώματα, τα οποία θα κατασκευαστούν σε τυφλές οπές, το βάθος της οπής είναι μεγαλύτερο από το ωφέλιμο μήκος κοχλιώσεως, διότι το σπείρωμα δεν επιτρέπεται να κοπεί έως τον πυθμένα της οπής (σχήμα 5.81).



Σχήμα 5.81 Σπειρώματα σε τυφλή οπή

Οι οπές πυρήνα πρέπει να ανοίγονται τόσο μεγάλες όσο επιτρέπεται. Αυτό διευκολύνει την κοπή του σπειρώματος και αποτρέπει την θραύση του σπειροτόμου.

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 5.10.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10

Συστάσεις για την εκλογή ταχύτητας κοπής v κατά την εσωτερική σπειροτόμηση.

Είδος υλικού	Όριο θραύσεως [kp/mm ²] ή σκληρότητα Brinell	Ταχύτητα κοπής v , [m/min]	
		Ανθρακούχος χάλυβας ή χαλυβόκραμα εργαλείων	Ταχυχάλυβας
Ανθρακούχοι χάλυβες	ως 50	8...10	20...25
	50... 70	4... 8	10...15
	70... 90	2... 4	6... 8
Φαίος χυτοσίδηρος	άνω 90	1... 2	2... 4
	ως 150 Brinell	6...10	12...16
Ορείχαλκος	άνω 150 Brinell	4... 6	8...12
		10...15	25...30
Κρατέρωμα	Αργίλιο και κράματά του	8...12	20...25
		ως 30	ως 50

Θα πρέπει να τονίσουμε ιδιαίτερα εδώ ότι η χρήση υγρού κοπής είναι απαραίτητη στην εσωτερική σπειροτόμηση, γιατί η κατεργασία αυτή παρουσιάζει μεγάλο βαθμό δυσκολίας στην εκτέλεσή της. Για όλα τα υλικά κομματιού (χωρίς να εξαιρείται ούτε ο φαίος χυτοσίδηρος) συνιστάται η χρησιμοποίηση υγρού κοπής, η εκλογή του οποίου γίνεται σύμφωνα με τα στοιχεία του Πίνακα 5.8.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ελευθερίου Δ. Παπαδανιήλ, Μιχαήλ Μ. Σφαντζικόπουλου, Μηχανουργική Τεχνολογία Εργαστήριο ΙΙ, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1994.
2. Λάζαρου Ε. Λαζαρίδη, Μηχανουργική Τεχνολογία, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα

- 1996.
3. Σ. Λοπρέστη, Γ. Μπάχα, Μηχανουργική Τεχνολογία, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1974.
 4. Πέτρου Γ. Πετροπούλου, Μηχανουργική Τεχνολογία Εργαστήριο ΙΙ, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1991.
 5. Σ. Μαντέμης, Εργαλειομηχανές Ι, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις 1996.
 6. Γκαμπριέλ Μανσούρ, Αγγελική Σαλονικίδου, Μηχανουργική Τεχνολογία Ι (Κατεργασίες Κοπής) Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (ΤΕΕ) Έκδοση Δ΄ Αθήνα 2003.

