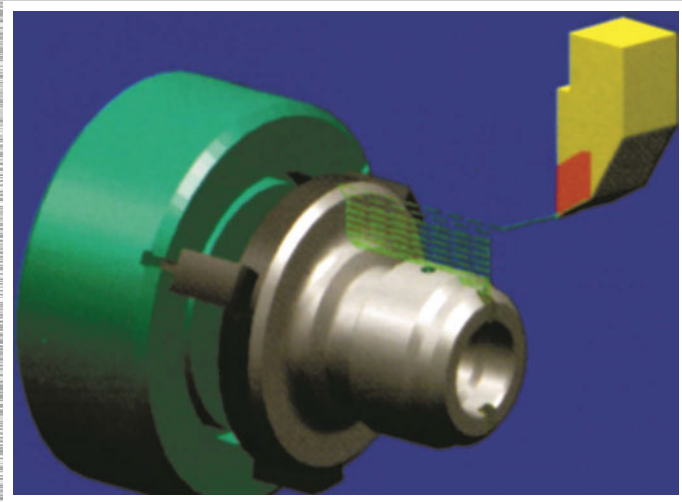


# ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι

## (ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ)



Γ' ΕΠΑ.Λ.



ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ





**ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι**  
**(ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ)**



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

### ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

- Γκαμπριέλ Μανσούρ
- Αγγελική Σαλονικίδου

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ:

- Σπυρίδων Πέτρος

### ΚΡΙΤΕΣ:

- Μπιλάλης Νικόλαος
- Πάγκαλος Σταύρος
- Σκιτίδης Φιλήμων

### ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

- Λαμπάκη - Κόλλια Αικατερίνη

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

**Γκαμπριέλ Μανσούρ**

**Αγγελική Σαλονικίδου**

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε  
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

# **ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι**

## **(ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ)**

---

**Γ΄ ΕΠΑ.Λ.**

**Ειδικότητα: *Τεχνικών Μηχανολογικών Εγκαταστάσεων  
και Κατασκευών***



**ΤΟΜΕΑΣ  
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ  
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»





## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό με τον τίτλο **Μηχανουργική Τεχνολογία Ι (Κατεργασίες Κοπής)** προορίζεται για τους μαθητές της Β΄ Τάξης του 1ου Κύκλου του Μηχανολογικού Τομέα των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων.

Η συγγραφή του βιβλίου έγινε με βάση το αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων.

Το κείμενο διαιρείται σε έντεκα κεφάλαια. Τα πρώτα τρία κεφάλαια είναι γενικού περιεχομένου και παρέχουν στον μαθητή-τρια επαρκείς γνώσεις για την καλύτερη κατανόηση των επιμέρους κατεργασιών, οι οποίες αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται μια κατάταξη των κατεργασιών και των

αντίστοιχων εργαλειομηχανών ενώ περιγράφονται η κινηματική των κατεργασιών κοπής και οι συνθήκες κατεργασίας αφαίρεσης υλικού.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων και αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία και οι βασικές αρχές της κοπής των μετάλλων, όπως τα είδη κοπτικών εργαλείων και υγρών κοπής, η θερμότητα που εκλύεται κατά τη κοπή των μετάλλων και οι δυνάμεις κοπής.

Στο τρίτο κεφάλαιο 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.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η κατεργασία της τόννευσης, τα χαρακτηριστικά στοιχεία της κατεργασίας και η δομή ενός τόννου, ενώ παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα είδη των τόννων που χρησιμοποιούνται στα μηχανουργεία. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα και ανάλυση γιατί η κατεργασία της τόννευσης αποτελεί την πλέον συνηθισμένη και εύχρηστη κατεργασία σε ένα μηχανουργείο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας του φρεζαρίσματος και τα χαρακτηριστικά στοιχεία για την σωστή εκτέλεση της κατεργασίας, όπως πρόσδεση εργαλείου και κομματιού, επιλογή συνθηκών κατεργασίας, κ.λπ. Τέλος, περιγράφονται τα διάφορα είδη φρεζομηχανών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία.

Στο έκτο, έβδομο και όγδοο κεφάλαιο αναπτύσσονται οι κατεργασίες της λείανσης, του πλανίσματος και της διάτρησης αντίστοιχα. Στα συγκεκριμένα κεφάλαια δίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία της κάθε κατεργασίας, αναλύεται η κινηματική της, περιγράφονται τα είδη των αντίστοιχων εργαλειομηχανών και παρέχονται όλες οι γνώσεις για την σωστή εκτέλεση της κατεργασίας (πρόσδεση εργαλείου και κομματιού, επιλογή εργαλείου και συνθηκών κατεργασίας, κ.λπ.).

Στο ένατο κεφάλαιο περιγράφεται η αρχή λειτουργίας της ηλεκτροδιάβρωσης, η οποία είναι η σημαντικότερη κατεργασία στη κατηγορία των μη συμβατικών κατεργασιών αφαίρεσεως υλικού, αναλύονται όλα τα χαρακτηριστικά στοιχεία της κατεργασίας και παρουσιάζονται οι αντίστοιχες εργαλειομηχανές ηλεκτροδιάβρωσης.

Στο δέκατο κεφάλαιο δίνονται οι απαραίτητες γνώσεις για τη σωστή συντήρηση και επισκευή των εργαλειομηχανών κοπής ενώ στο τελευταίο κεφάλαιο δίνονται οι αρχές λειτουργίας και η εξέλιξη των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου (N.C - C.N.C.)

Κατά τη συγγραφή του βιβλίου καταβάλαμε κάθε προσπάθεια για την καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου του βιβλίου με την εισαγωγή πληθώρας σχημάτων, παραδειγμάτων και ασκήσεων τα οποία κρίνουμε ότι βοηθούν το μαθητή στην εμπέδωση της ύλης.

Με την ελπίδα, ότι το βιβλίο αυτό θα ανταποκριθεί στο σκοπό για τον οποίο γράφτηκε, ευχαριστούμε θερμά όλους όσους εργάστηκαν για την ολοκλήρωση και την αρτιότερη εμφάνιση του βιβλίου.

*Οι συγγραφείς*





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|                   |                                                                                   |          |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> | <b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΣ</b>                            |          |
|                   | <b>ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ</b>                                    |          |
|                   | <b>ΚΟΠΗΣ</b> .....                                                                | <b>1</b> |
| 1.1               | Το μηχανουργείο .....                                                             | 3        |
| 1.2               | Κατάταξη των κατεργασιών .....                                                    | 4        |
| 1.3               | Κατάταξη των εργαλειομηχανών κοπής .....                                          | 7        |
| 1.4               | Κινηματική των κατεργασιών κοπής – συνθήκες κατεργασίας<br>αφαίρεσης υλικού ..... | 14       |



|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1.5 Ασφάλεια στο μηχανουργείο ..... | 16 |
|-------------------------------------|----|

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ..... 19**

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων .....               | 21 |
| 2.2 Θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή του μετάλλου ..... | 29 |
| 2.3 Κοπτικά εργαλεία .....                                  | 30 |
| 2.4 Υγρά κοπής .....                                        | 40 |
| 2.5 Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής .....   | 45 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ - ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ ..... 53**

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 3.1 Τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών ..... | 55 |
| 3.2 Συσκευές προσδέσεως .....               | 75 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΤΟΡΝΕΥΣΗ - ΤΟΡΝΟΣ ..... 85**

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Μέτρα ασφαλείας κατά τη χρήση του τόρνου .....           | 91  |
| 4.2 Δομή του τόρνου .....                                    | 93  |
| 4.3 Συγκράτηση κοπτικού εργαλείου στον τόρνο .....           | 98  |
| 4.4 Συγκράτηση τεμαχίων στον τόρνο .....                     | 101 |
| 4.5 Εργαλεία κοπής τόρνου .....                              | 108 |
| 4.6 Χαρακτηριστικά στοιχεία της κατεργασίας στον τόρνο ..... | 119 |
| 4.7 Κωνική τórνευση .....                                    | 136 |
| 4.8 Κοπή σπειρώματος στον τόρνο .....                        | 143 |
| 4.9 Ειδικές κατεργασίες στον τόρνο .....                     | 154 |
| 4.10 Τόρνοι ρεβόλβερ .....                                   | 165 |

|                                                        |                |
|--------------------------------------------------------|----------------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ - ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ .....</b>       | <b>183</b>     |
| 5.1 Φρεζάρισμα .....                                   | 185            |
| 5.2 Φρεζομηχανή .....                                  | 189            |
| 5.3 Κοπτικά εργαλεία .....                             | 200            |
| 5.4 Συνθήκες κατεργασίας .....                         | 206            |
| 5.5 Διαιρέτης .....                                    | 219            |
| 5.6 Κατασκευή οδοντοτροχών .....                       | 226            |
| 5.7 Γραναζοκόπτες .....                                | 236            |
| 5.8 Φρεζοδράπανα .....                                 | 248            |
| 5.9 Φρεζοπλάνες .....                                  | 252            |
| <br><b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΛΕΙΑΝΣΗ - ΛΕΙΑΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ .....</b> | <br><b>257</b> |
| 6.1 Λειαντικός τροχός .....                            | 260            |
| 6.2 Ψύξη κατά τη λείανση .....                         | 271            |
| 6.3 Είδη λείανσης .....                                | 272            |
| 6.4 Συνθήκες κοπής κατά τη λείανση .....               | 282            |
| 6.5 Τύποι λειαντικών μηχανών .....                     | 285            |
| 6.6 Λείανση (τρόχισμα) των εργαλείων .....             | 292            |
| 6.7 Μέτρα ασφαλείας .....                              | 298            |
| <br><b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΠΛΑΝΙΣΜΑ - ΠΛΑΝΗ .....</b>           | <br><b>301</b> |
| 7.1 Πλάνισμα .....                                     | 303            |
| 7.2 Μηχανές πλανίσματος - Πλάνες .....                 | 305            |
| 7.3 Συνθήκες κατεργασίας στην πλάνη .....              | 311            |
| 7.4 Κοπτικά εργαλεία πλανίσματος .....                 | 313            |
| 7.5 Πρόσδεση κατεργαζόμενων τεμαχίων στην πλάνη .....  | 316            |
| 7.6 Αποφυγή ατυχημάτων κατά το πλάνισμα .....          | 323            |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΔΙΑΤΡΗΣΗ - ΔΡΑΠΑΝΟ..... 325**

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1 Μηχανές διάτρησης - Δράπανα .....                                       | 328 |
| 8.2 Τρυπάνια .....                                                          | 332 |
| 8.3 Χαρακτηριστικά στοιχεία κατά τη διάτρηση .....                          | 335 |
| 8.4 Συγκράτηση των τεμαχίων στο δράπανο .....                               | 338 |
| 8.5 Μέτρα ασφαλείας - Βασικοί κανόνες κατά την εκτέλεση της διάτρησης ..... | 346 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ ..... 351**

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 9.1 Περιγραφή της κατεργασίας .....               | 353 |
| 9.2 Είδη της κατεργασίας .....                    | 355 |
| 9.3 Συνθήκες κατεργασίας .....                    | 358 |
| 9.4 Εργαλεία - Προϊόντα της κατεργασίας .....     | 360 |
| 9.5 Εργαλειομηχανή ηλεκτροδιάβρωσης .....         | 363 |
| 9.6 Κοπή με τη χρήση σύρματος - Ηλεκτροδίου ..... | 364 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ ..... 367**

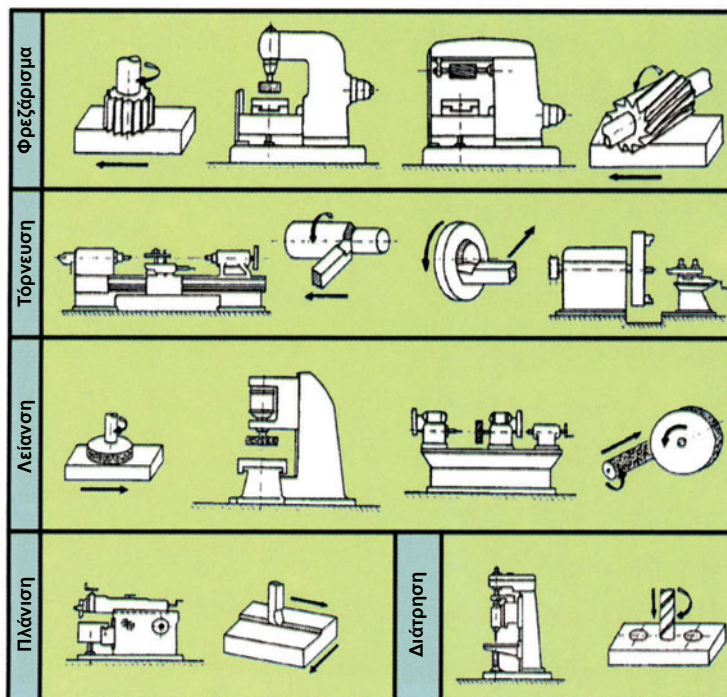
|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 10.1 Προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών ..... | 370 |
| 10.2 Λίπανση των εργαλειομηχανών .....              | 373 |
| 10.3 Επίσκευή των εργαλειομηχανών .....             | 375 |

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC - CNC ..... 377**

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 11.1 Γενικά .....                                      | 379 |
| 11.2 Καθοδηγούμενα μέρη της εργαλειομηχανής .....      | 384 |
| 11.3 Συστήματα ελέγχου .....                           | 392 |
| 11.4 Εισαγωγή δεδομένων στις CNC εργαλειομηχανές ..... | 394 |

|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| 11.5 Συστήματα συντεταγμένων .....           | 396        |
| 11.6 Χαρακτηριστικά σημεία .....             | 399        |
| 11.7 Προγραμματισμός σε κώδικα μηχανής ..... | 402        |
| 11.8 Κέντρα κατεργασίας .....                | 411        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>                    | <b>419</b> |





# ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΦΑΙΡΕΣΕΩΣ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

- 1.1 Το μηχανουργείο
- 1.2 Κατάταξη των κατεργασιών
- 1.3 Κατάταξη των εργαλειομηχανών κοπής
- 1.4 Κινηματική των κατεργασιών κοπής – συνθήκες κατεργασίας αφαίρεσης υλικού
- 1.5 Ασφάλεια στο μηχανουργείο



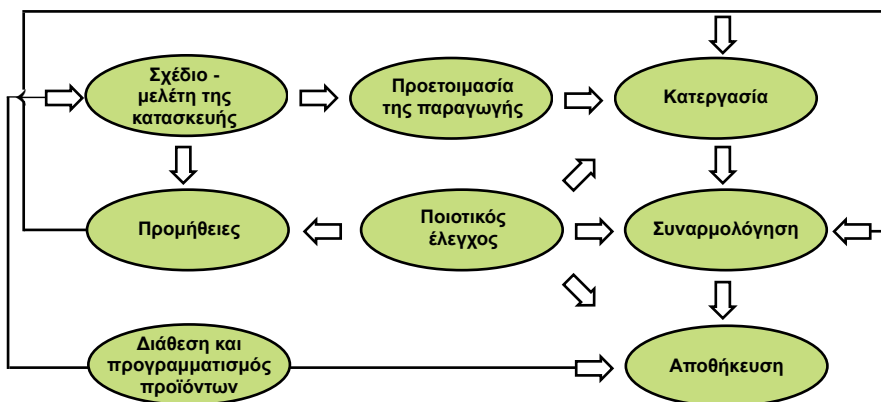


## Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια το μηχανουργείο, τις δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων, τα βασικά χαρακτηριστικά και τις ουσιώδεις διαφορές των κατεργασιών διαμόρφωσης των μετάλλων.
- ✓ Να γνωρίζει την κινηματική των κατεργασιών κοπής και τις συνθήκες κατεργασίας αφαίρεσης υλικού.
- ✓ Να διακρίνει τις εργαλειομηχανές κοπής και να τηρεί τα ατομικά μέτρα ασφαλείας της εργασίας.

### 1.1 ΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ

Το μηχανουργείο αποτελεί τη βάση για οποιαδήποτε παραγωγή βασισμένη σε μηχανολογικά εξαρτήματα. Είναι δυνατόν να υφίσταται ως ανεξάρτητη παραγωγική μονάδα ή ως τμήμα μιας ολοκληρωμένης παραγωγικής μονάδας σε ένα εργοστάσιο. Οι κύριοι σταθμοί κατά τη διαδικασία παραγωγής μηχανολογικών τεμαχίων σε ένα μηχανουργείο φαίνονται στο σχήμα 1.1.



**Σχήμα 1.1:** Σταθμοί κατά τη διαδικασία παραγωγής μηχανολογικών τεμαχίων.

Οι προϋποθέσεις παραγωγής υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους τεμαχίων σε ένα μηχανουργείο είναι οι εξής:

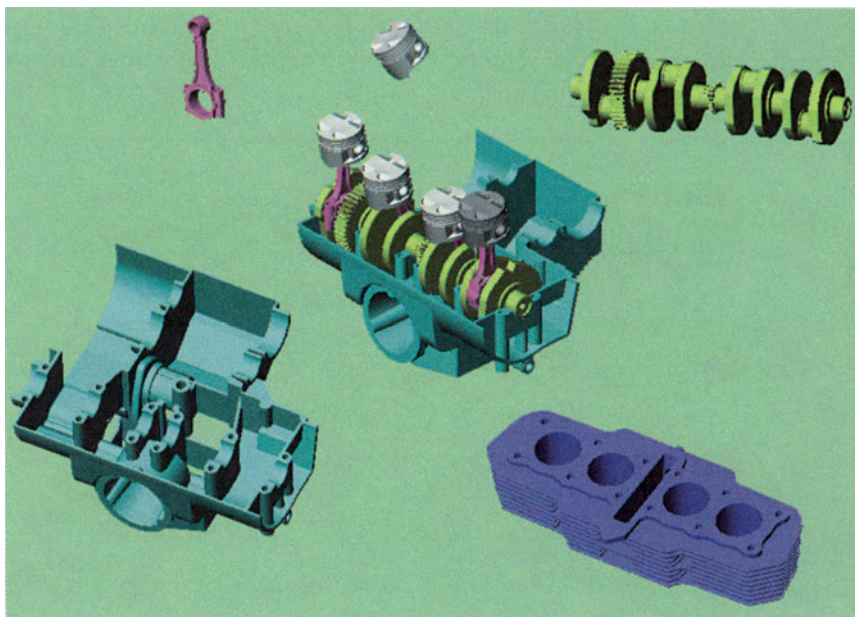


#### 4 ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Ι (ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ)

- ♦ Η εκλογή κατάλληλης εργαλειομηχανής που θα χρησιμοποιηθεί και των συνθηκών κατεργασίας για τις κατεργασίες κοπής.
- ♦ Ο χώρος του μηχανουργείου να είναι άνετος, για να έχει τη δυνατότητα να δέχεται μεγάλες παρτίδες πρώτων υλών, ώστε να επιτυγχάνεται χαμηλή τιμή στην αγορά της πρώτης ύλης.
- ♦ Η υψηλή εξειδίκευση σε επίπεδο προσωπικού.
- ♦ Εφαρμογή νέων τεχνολογιών.
- ♦ Να διαθέτει το μηχανουργείο μόνιμο τμήμα συντήρησης, έτσι ώστε να υπάρχει προγραμματισμένη προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών.
- ♦ Να υπάρχει αποθηκευτικός χώρος πρώτων υλών και προϊόντων με δυνατότητα γρήγορης και εύκολης διακίνησής τους.

##### 1.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

Μηχανήματα διαφόρων τύπων, κατασκευές, εργαλεία κ.λπ., αποτελούνται κατά κανόνα από μηχανολογικά εξαρτήματα, όπως άξονες, οδοντωτοί τροχοί, κοχλίες κ.ά., όπως φαίνονται στο σχήμα 1.2.



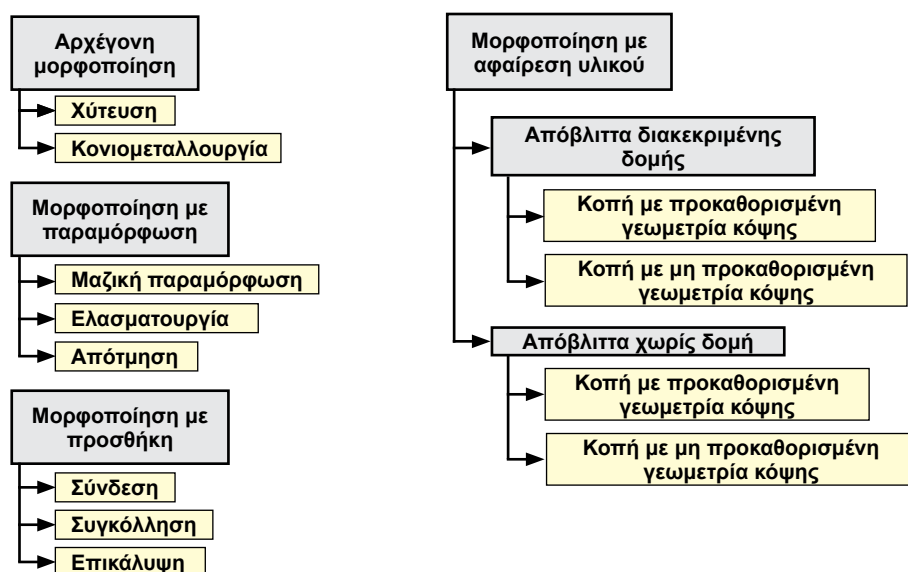
**Σχήμα 1.2:** Μηχανολογικά εξαρτήματα.

Κάθε τέτοιο ξεχωριστό τεμάχιο έχει πάρει την τελική του μορφή με συνδυασμό κάποιων κατεργασιών μορφοποίησης. Τέτοιες κατεργασίες μορφοποίησης είναι:

1. η αρχέγονη μορφοποίηση (χύτευση ή κονιομεταλλουργία),
2. η μορφοποίηση με αφαίρεση υλικού (τόρνευση, φρεζάρισμα, διάτρηση, πλάνιση, λείανση, κ.ά.),
3. η μορφοποίηση με παραμόρφωση (απότμηση, εξέλαση, κ.ά.),
4. η μορφοποίηση με προσθήκη (συγκόλληση, επικάλυψη, κ.ά.).

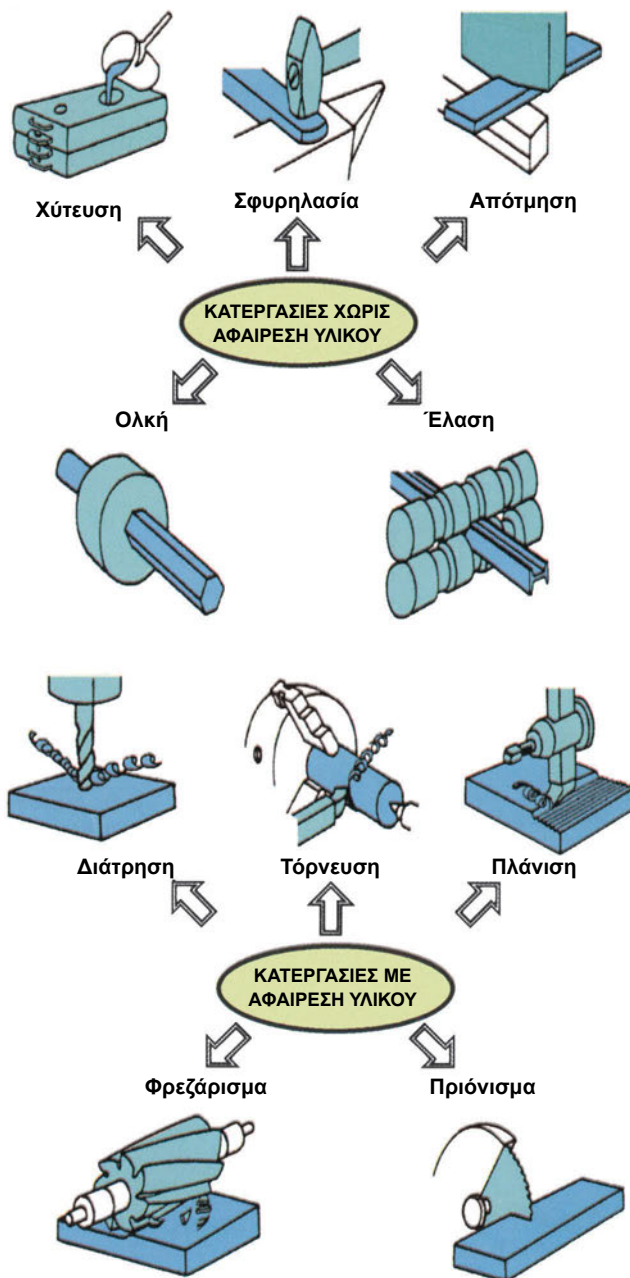
Στο σχήμα 1.3 παρουσιάζεται η δομή των δυνατοτήτων μορφοποίησης των τεμαχίων. Τα διάφορα μηχανολογικά εξαρτήματα παίρνουν την αρχική τους μορφή κατά κανόνα με μεθόδους μορφοποίησης χωρίς αφαίρεση υλικού (ιδιαίτερα χύτευση), αφήνοντας μικρή ποσότητα υλικού για την τελική κατεργασία. Στο σχήμα 1.4 παρουσιάζονται μερικές βασικές κατεργασίες, χωρίς και με αφαίρεση υλικού.

Η τελική κατεργασία στη διαμόρφωση ενός εξαρτήματος μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με αφαίρεση υλικού, που επιτυγχάνει μεγαλύτερη διαστατική ακρίβεια και καλύτερη ποιότητα επιφάνειας. Η αφαίρεση υλικού μπορεί να γίνεται



Σχήμα 1.3: Δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων.

χειροκίνητα με τη χρήση εργαλείων χειρός, όπως η λίμα, το πριόνι κ.ά., ή με κατάλληλες εργαλειομηχανές, όπως είναι ο τórνος, η φρέζα, η πλάνη, το δράπανο κ.λπ. Οι εργαλειομηχανές παρέχουν τη δυνατότητα παραγωγής



Σχήμα 1.4: Μηχανουργικές κατεργασίες.

απλών κυλινδρικών ή επίπεδων τεμαχίων και ειδικών διαμορφώσεων, όπως το σπείρωμα, η οδόντωση, και επιφάνειες διαφόρων μορφών.

Κάθε κατεργασία με αφαίρεση υλικού μπορεί να διαιρεθεί σε τρία κύρια στάδια:

- 1. αρχική κατεργασία:** αποτελεί το πρώτο “πέρασμα” του κοπτικού εργαλείου για την απομάκρυνση άχρηστων στρωμάτων υλικού από την προηγηθείσα διαμόρφωσή του,
- 2. βασική κατεργασία:** το κοπτικό εργαλείο εκτελεί μια σειρά “περασμάτων”, ώστε να δοθεί το επιθυμητό σχήμα στο κατεργαζόμενο τεμάχιο,
- 3. κατεργασία αποπερατώσεως (φινίρισμα):** είναι το τελικό “πέρασμα” του κοπτικού εργαλείου που επιτυγχάνει τις προδιαγραφές διαστατικής ακρίβειας και ποιότητας επιφανείας.

Το κόστος των κατεργασιών με αφαίρεση υλικού είναι μεγαλύτερο, συγκριτικά με το αντίστοιχο κόστος των κατεργασιών διαμορφώσεως και το κόστος των άλλων μεθόδων μορφοποιήσεως τεμαχίων. Η ελαχιστοποίηση του κόστους στην κατεργασία σημαίνει οικονομικότερη κατεργασία, η οποία επιτυγχάνεται με:

1. ελαχιστοποίηση του χρόνου κατεργασίας,
2. βέλτιστη χρησιμοποίηση των κοπτικών εργαλείων για αύξηση του χρόνου ζωής τους,
3. ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας για την κατεργασία,
4. κατάλληλες συνθήκες κοπής για αξιοποίηση των δυνατοτήτων των υλικών των κοπτικών εργαλείων, σε συνδυασμό με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και τη μέθοδο κατεργασίας.

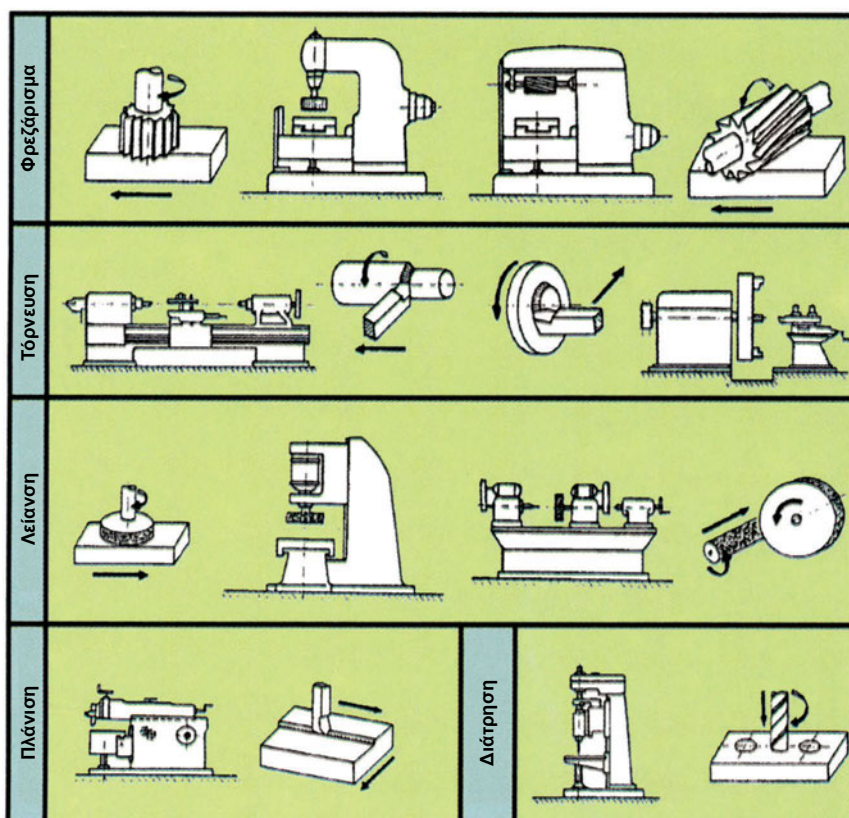
### 1.3 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

Οι βασικότερες κατεργασίες με αφαίρεση υλικού, οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση κάθε κατεργασίας, οι τεχνικές επιφάνειες και η κίνηση του κοπτικού εργαλείου και του τεμαχίου φαίνονται στον πίνακα 1.1.

Στο σχήμα 1.5 παρουσιάζονται οι κυριότερες κατεργασίες με αφαίρεση υλικού και σχηματικά οι αντίστοιχες χρησιμοποιούμενες εργαλειομηχανές.

**Πίνακας 1.1: Οι βασικότερες κατεργασίες κοπής.**

| Κατεργασία | Εργαλειομηχανή   | Τεχνικές Επιφάνειες                                       | Κίνηση Εργαλείου           | Κίνηση Τεμαχίου            |
|------------|------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Τόρνευση   | Τόρνος           | Κυκλικές                                                  | Μετατόπιση                 | Περιστροφή                 |
| Φρεζάρισμα | Φρέζα            | Επίπεδες<br>Κυκλικές<br>Εσοχές<br>Αυλάκια<br>Οδοντοτροχοί | Περιστροφή                 | Μετατόπιση                 |
| Διάτρηση   | Δράπανο          | Άνοιγμα οπών                                              | Περιστροφή                 | Ακίνητο                    |
| Πλάνισμα   | Πλάνη            | Επίπεδες                                                  | Μετατόπιση                 | Μετατόπιση                 |
| Λείανση    | Λειαντική Μηχανή | Επίπεδες<br>Κυκλικές                                      | Περιστροφή +<br>Μετατόπιση | Μετατόπιση +<br>Περιστροφή |

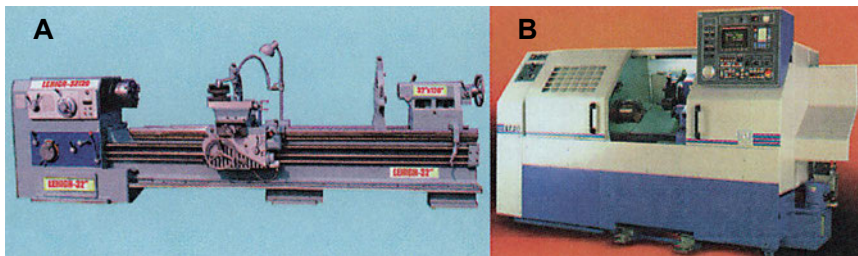
**Σχήμα 1.5: Μορφοποίηση τεμαχίων με αφαίρεση υλικού.**

Οι εργαλειομηχανές με αφαίρεση υλικού κατατάσσονται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- ως προς το είδος της κατεργασίας (πίνακας 1.1)
- ως προς το είδος της πρωτεύουσας κίνησης
  - εργαλειομηχανές με περιστροφική κίνηση

□ **τόρνοι (σχήμα 1.6)**

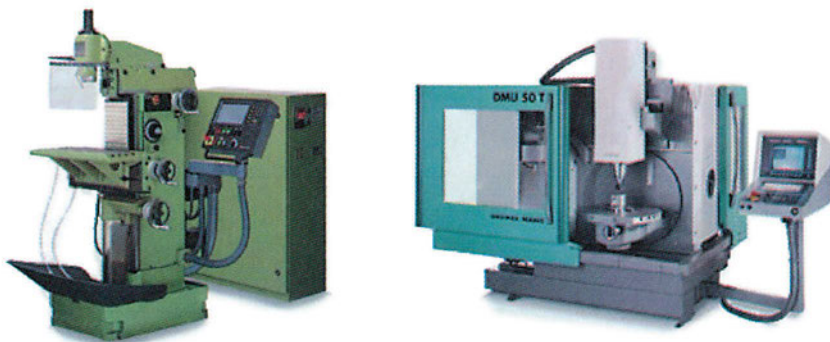
- οριζόντιοι
- κατακόρυφοι
- περιστροφικοί (ή Revolver)
- αυτόματοι ή ημιαυτόματοι



**Σχήμα 1.6:** Τόρνοι, A: συμβατικός τόρνος, B: Τόρνος με ψηφιακή καθοδήγηση CNC.

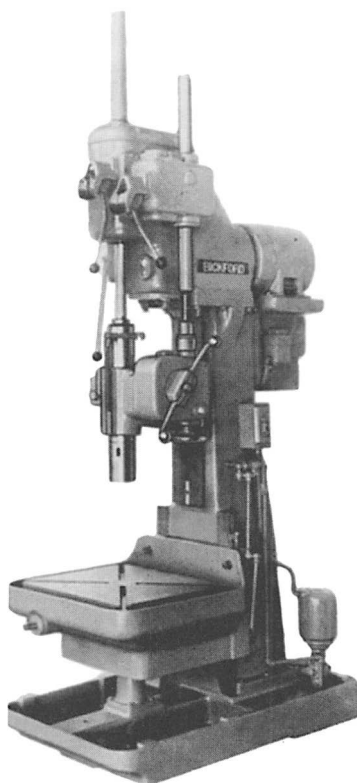
□ **φρεζομηχανές (σχήμα 1.7)**

- οριζόντιες
- κατακόρυφες
- αντιγραφής (παντογράφος)



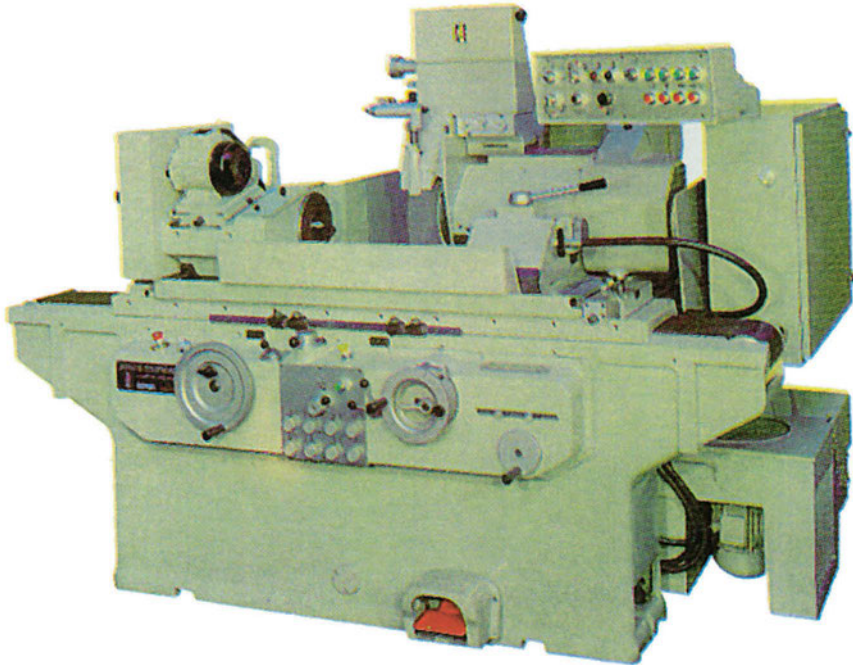
**Σχήμα 1.7:** Φρέζες.

- ❑ **Δράπανα** (σχήμα 1.8)
  - κατακόρυφα
  - οριζόντια
  - ακτινωτά
  - ειδικά (κατακόρυφα και οριζόντια με πολλές ατράκτους)
- ❑ **Φρεζοδράπανα**
- ❑ **Λειαντικοί τροχοί** (σχήμα 1.9)
  - επιπέδων επιφανειών
  - κυλινδρικών επιφανειών
  - άνευ κέντρων
  - οδοντώσεων
  - σπειρωμάτων
  - ειδικά (π.χ. για στροφαλοφόρους άξονες)
  - τροχιστικά (π.χ. για κοπτικά εργαλεία)



**Σχήμα 1.8:** Δράπανο.

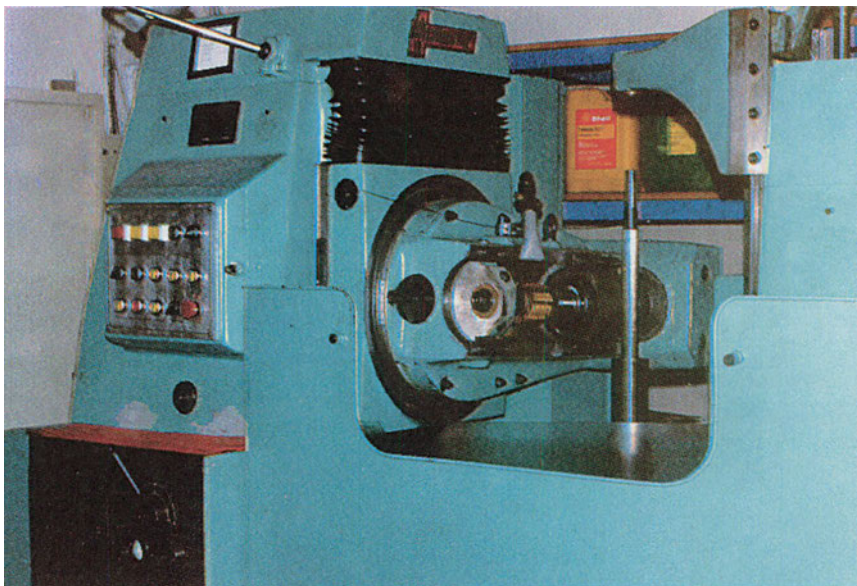




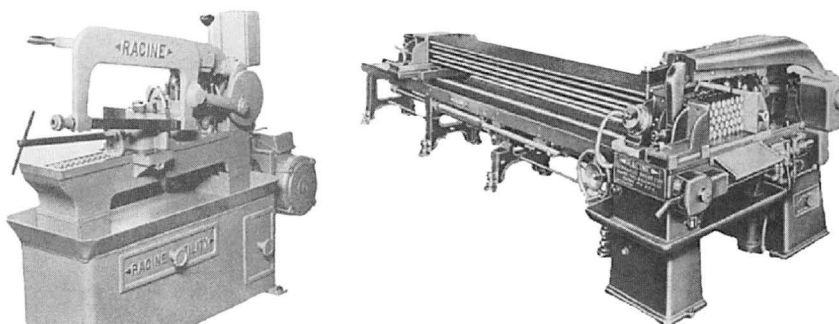
Σχήμα 1.9: Λειαντική μηχανή.

- ❑ **πριόνια**
  - περιστροφικά
- ❑ **μηχανήματα κοπής οδοντώσεων** (γρاناζοκόπτες) (σχήμα 1.10)
  - παραλλήλων οδοντωτών τροχών
  - κωνικών οδοντωτών τροχών
  - εργαλειομηχανές με ευθύγραμμη πρωτεύουσα κίνηση
- ❑ **πριόνια** (σχήμα 1.11)
  - παλινδρομικά
- ❑ **πλάνες** (σχήμα 1.12)
  - εγκάρσιες
  - επιμήκεις
  - κατακόρυφες
- ως προς το βαθμό εξειδικεύσεως
  - ♦ εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως (τόρνος)
  - ♦ εργαλειομηχανές ειδικής χρήσεως (γρاناζοκόπτης, λειαντικός τροχός οδοντώσεων, κ.ά.)





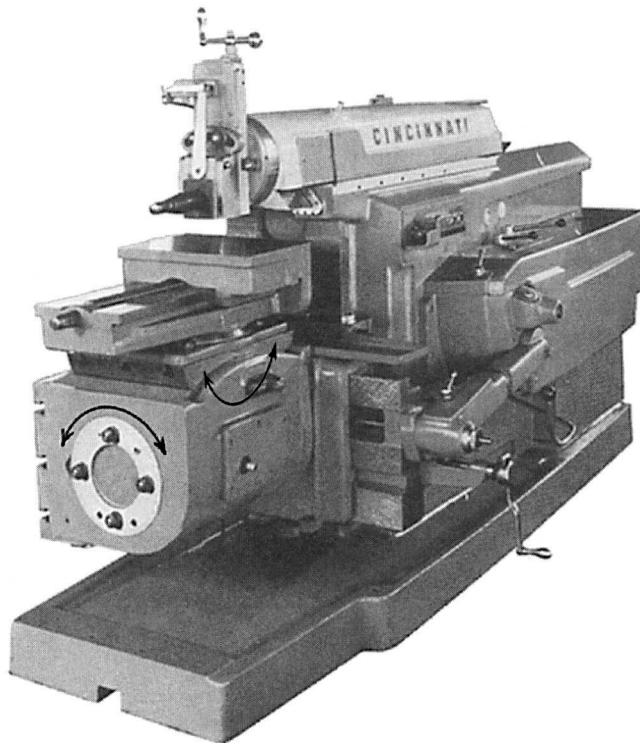
Σχήμα 1.10: Γραναζοκόπτης.



Σχήμα 1.11: Πρίονια.

- ♦ εξειδικευμένες εργαλειομηχανές (εργαλειομηχανές που είναι μελετημένες μόνο για την εκτέλεση ορισμένης φάσης κατεργασίας σε ορισμένο κομμάτι)
- ♦ εργαλειομηχανές μεταφοράς (ροϊκή παραγωγή)
- ως προς την ακρίβεια κατεργασίας
  - ♦ εργαλειομηχανές συνήθους ακριβείας
  - ♦ εργαλειομηχανές ακριβείας
  - ♦ εργαλειομηχανές μεγάλης ακριβείας
  - ♦ εργαλειομηχανές υψίστης ακριβείας

- ως προς το βάρος
  - ♦ εργαλειομηχανές ελαφρές (βάρος μικρότερο του 1 τόνου)
  - ♦ εργαλειομηχανές μέσου βάρους (βάρος μεταξύ 1 και 10 τόνων)
  - ♦ εργαλειομηχανές βαριές (βάρος μεγαλύτερο των 10 τόνων)
- ως προς το βαθμό αυτοματισμού
  - ♦ κοινές εργαλειομηχανές
  - ♦ ημιαυτόματες εργαλειομηχανές (οι κινήσεις γίνονται αυτόματα)
  - ♦ αυτόματες εργαλειομηχανές (οι κινήσεις και η τροφοδοσία γίνονται αυτόματες)

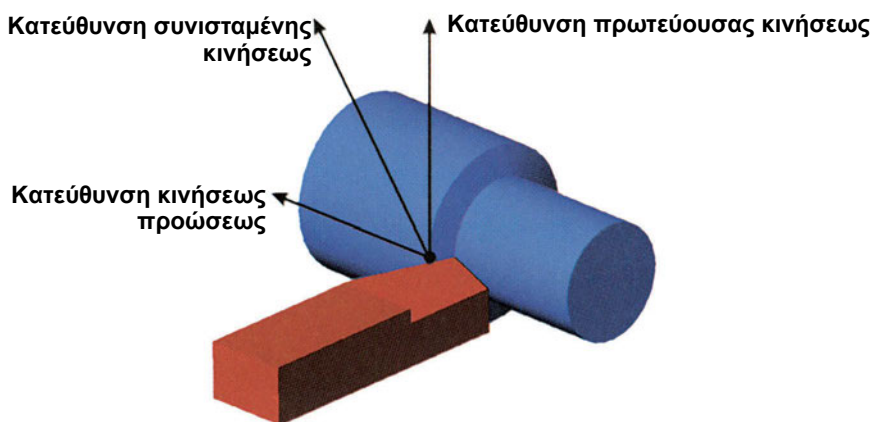


**Σχήμα 1.12:** Πλάνη.

#### 1.4 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 1.13).

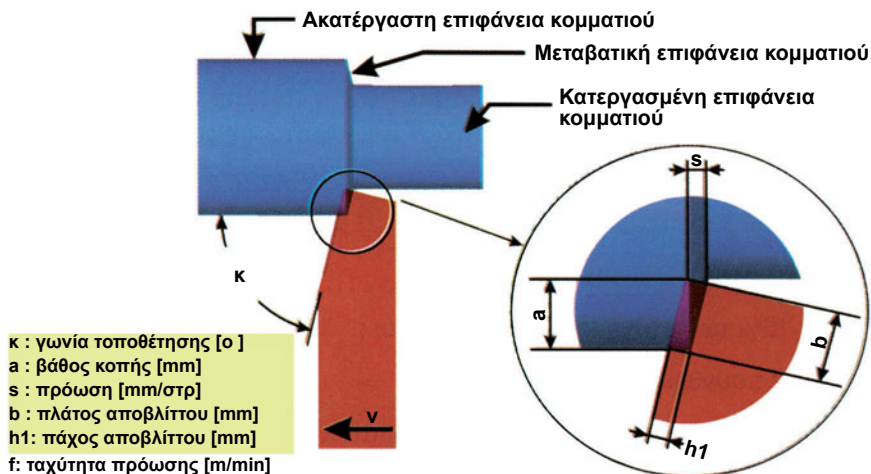


Σχήμα 1.13: Κοπή κατά την τórνευση.

**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 αποβλήτου. 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 1.14). Οι τρεις αυτοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατεργασία και η σωστή κάθε φορά επιλογή τους αποτελεί απαραίτητη γνώση του χειριστή της εργαλειομηχανής.



Σχήμα 1.14: Συνθήκες κατεργασίας κατά τη διαμήκη τόρνευση.

**Ταχύτητα κοπής:** είναι ο ρυθμός κοπής στην κύρια κίνηση. Η ταχύτητα κοπής μετράται συνήθως σε μέτρα ανά λεπτό [m/min] για την τόρνευση, 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 τόρνευση, π.χ., η ταχύτητα κοπής υπολογίζεται από τη σχέση:

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

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 τόρνευση 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].

## 1.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ

Κατά την εργασία στο μηχανουργείο υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να συμβούν ατυχήματα, τα οποία μπορούν υπό συνθήκες να προξενήσουν σωματικές βλάβες και υλικές ζημιές. Οι εργαζόμενοι σε τέτοιους χώρους πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη τέτοιων ατυχημάτων. Το 80% περίπου των εργατικών ατυχημάτων οφείλεται στον ίδιο τον εργαζόμενο από:

- Επικίνδυνες ή απερίσκεπτες ενέργειες.
- Σφάλματα εργαζομένων.

Το 15% των ατυχημάτων οφείλεται σε:

- Κακές συνθήκες εργασίας.
- Επικίνδυνη κατάσταση των μηχανημάτων, των εργαλείων ή ακόμα και των κτιριακών εγκαταστάσεων.

Το 5% οφείλεται σε διάφορα απρόβλεπτα γεγονότα.

Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την ασφάλεια διακρίνονται σε προσωπικά μέτρα ασφαλείας καθενός, που κινείται και εργάζεται στο χώρο του μηχανουργείου, αλλά και σε γενικότερα μέτρα, που αφορούν τη χρήση των μηχανημάτων του.

### 1.5.1 Ατομικά προστατευτικά μέτρα

Τα απαραίτητα προστατευτικά μέτρα που πρέπει να παίρνει κάθε εργαζόμενος για την πρόληψη των ατυχημάτων είναι:

- οι φόρμες εργασίας,
- κοντά μαλλιά κατά προτίμηση ή στην αντίθετη περίπτωση δεμένα,
- τα προστατευτικά γυαλιά, τα οποία προστατεύουν τα μάτια από εκτοξευόμενα γρέζια, από σπινθήρες κ.λπ.,
- οι μάσκες για τη συγκόλληση,
- τα γάντια που προστατεύουν τα χέρια κατά τη μεταφορά ή επεξεργασία υλικών,
- τα υποδήματα ασφαλείας, που προφυλάσσουν τα πόδια από πτώσεις βαρέων αντικειμένων.

Εκτός όμως των μέτρων ασφαλείας, που έχουν να κάνουν με την ένδυση του εργαζόμενου, η χρήση των διαφόρων εργαλείων και μηχανημάτων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και μέτρα ασφαλείας. Έτσι, για τη χρησιμοποίηση εργαλείων χειρός απαιτούνται ειδικά μέτρα που είναι:

- η χρησιμοποίηση του κατάλληλου εργαλείου για κάθε περίπτωση,

- η χρησιμοποίηση του κάθε εργαλείου με το σωστό τρόπο,
- η διατήρηση των εργαλείων σε καλή κατάσταση,
- η με τάξη τοποθέτηση των εργαλείων σε ασφαλές μέρος.

### **1.5.2 Μέτρα ασφαλείας για εργασία σε εργαλειομηχανές**

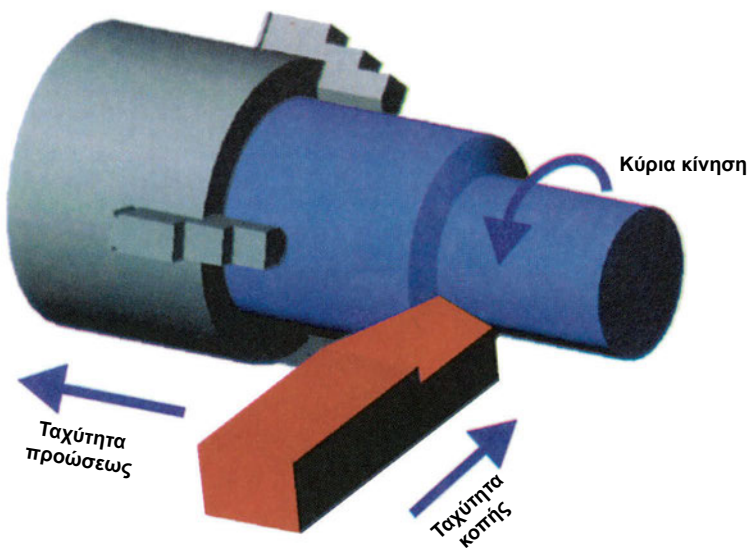
Τα βασικά μέτρα για την προστασία των εργαζομένων, που εργάζονται σε περιστροφικά μηχανήματα και γενικά σε όλες τις εργαλειομηχανές, είναι:

- 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, όσο μικρά και αν είναι.



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι προϋποθέσεις για την υψηλή ποιότητα τεμαχίων και το χαμηλό κόστος παραγωγής σε ένα μηχανουργείο;
2. Αναφέρατε τις κατεργασίες μορφοποίησης.
3. Ποιες είναι οι δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων;
4. Αναφέρατε τα στάδια κατεργασίας με αφαίρεση υλικού.
5. Πώς επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση του κόστους της κατεργασίας;
6. Ποια κίνηση λέγεται πρωτεύουσα κίνηση;
7. Ποια ονομάζεται κίνηση προώσεως;
8. Ποιοι είναι οι παράγοντες των συνθηκών κοπής;
9. Δώστε τους εξής ορισμούς: α) ταχύτητα κοπής, β) πρόωση, γ) βάθος κοπής.
10. Αναφέρατε τις βασικότερες κατεργασίες κοπής.
11. Με βάση ποια κριτήρια κατατάσσονται οι εργαλειομηχανές κοπής, αναφέρατε τα είδη των εργαλειομηχανών για κάθε κριτήριο.
12. Πού οφείλονται τα εργατικά ατυχήματα στο μηχανουργείο;
13. Αναφέρατε τα ατομικά μέτρα ασφαλείας, τα οποία πρέπει να παίρνει κάθε εργαζόμενος κατά τη διάρκεια της εργασίας.
14. Ονομάστε τα μέτρα ασφαλείας που είναι απαραίτητα κατά τη χρήση των εργαλείων χειρός.
15. Ποια είναι τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται για εργασία σε εργαλειομηχανές;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 2

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

- 2.1 Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων
- 2.2 Θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή του μετάλλου
- 2.3 Κοπτικά εργαλεία
- 2.4 Υγρά κοπής
- 2.5 Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής







### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ☒ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια τη γεωμετρία κόψης του κοπτικού εργαλείου, τις μορφές αποβλίττου, τη σημασία των τιμών της γωνίας διάτμησης και του δείκτη συμπίεσης του αποβλίττου καθώς και τη θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή.
- ☒ Να γνωρίζει τα κοπτικά εργαλεία, τα υλικά τους, τα αίτια φθοράς και τη διάρκεια ζωής τους.
- ☒ Να γνωρίζει τις δράσεις του υγρού κοπής.
- ☒ Να προσδιορίζει τις δυνάμεις και τις ισχύεις κοπής.

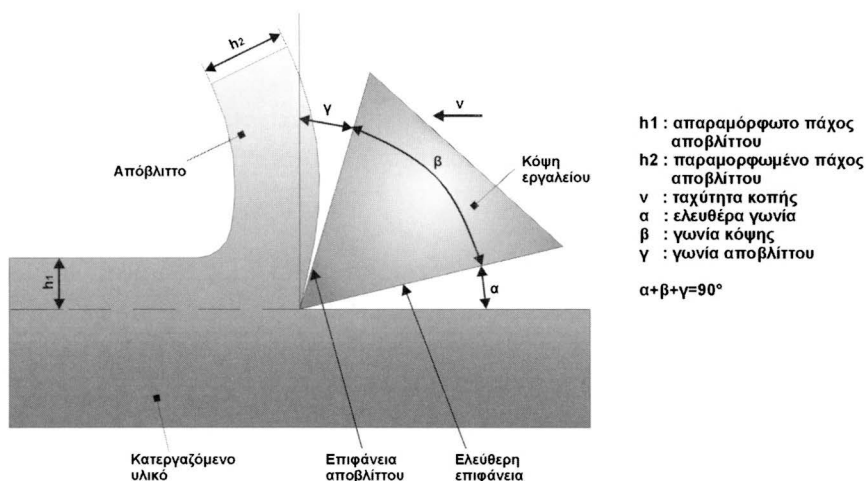
## 2.1 Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

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 2.1 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 2.1:** Γεωμετρία κόψης κοπτικού εργαλείου κατά την κοπή.

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

Το κοπτικό εργαλείο έχει τις εξής γωνίες:

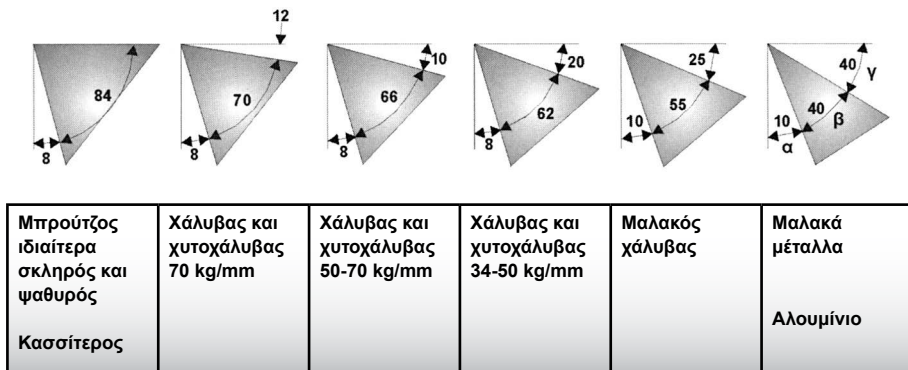
- ♦ Τη **γωνία ελευθερίας  $\alpha$** , η οποία σχηματίζεται ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου (δηλαδή στην επιφάνεια που κείται προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου) και την κατεύθυνση της κόψης. Η γωνία  $\alpha$  επηρεάζει τη φθορά του κοπτικού εργαλείου.
- ♦ Τη **γωνία κοπτικού σφήνα  $\beta$** , η οποία είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στις επιφάνειες αποβλίπτου και ελευθερίας του κοπτικού εργαλείου.
- ♦ Τη **γωνία αποβλίπτου  $\gamma$** , η οποία σχηματίζεται ανάμεσα στην επιφάνεια αποβλίπτου του εργαλείου (δηλαδή στην επιφάνεια επάνω στην οποία κινείται το απόβλιπτο) και την κάθετο στην κατεύθυνση της κόψης. Η γωνία  $\gamma$  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 :

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

- ♦ Οι γωνίες κοπής μεταβάλλονται ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου (σχήμα 2.2). Τα πιο μαλακά κατεργαζόμενα υλικά απαιτούν πιο αιχμηρή κόψη του κοπτικού σφήνα, δηλαδή μικρότερη γωνία σφήνας  $\beta$  και μεγαλύτερη γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , επίσης μεγαλύτερη γωνία αποβλίπτου  $\gamma$ . Τα σκληρά υλικά απαιτούν στιβαρότερη και άρα πιο χοντρή σφήνα, δηλαδή μεγαλύτερη γωνία σφήνας  $\beta$  και μικρότερη γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , επίσης μικρότερη γωνία αποβλίπτου  $\gamma$ .



**Σχήμα 2.2:** Γωνίες κοπής για διάφορα κατεργαζόμενα υλικά.

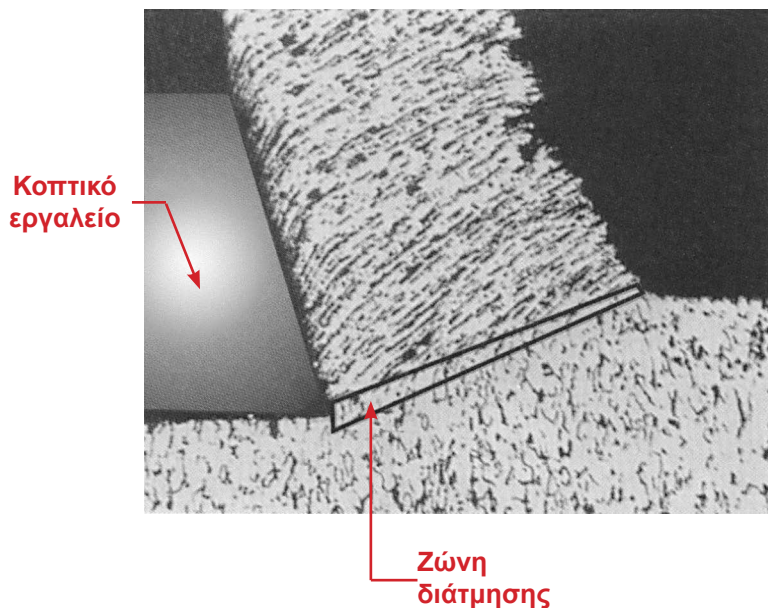
Γενικά μπορεί να παρατηρηθεί πως όσο πιο μαλακό είναι ένα υλικό, τόσο οι γωνίες κοπής του κοπτικού εργαλείου πρέπει να τείνουν αντίστοιχα σε :

- ♦ αύξηση της γωνίας ελευθερίας  $\alpha$ ,
- ♦ μείωση της γωνίας σφήνας  $\beta$ ,
- ♦ αύξηση της γωνίας αποβλίπτου  $\gamma$ .

### 2.1.1 Είδη αποβλίπτων

Η κατεργασία με αφαίρεση υλικού στις εργαλειομηχανές επιτυγχάνεται μέσω της διαφορετικής κινηματικής του κοπτικού εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου, με καθορισμένο βάθος κοπής και προδιαγεγραμμένη ταχύτητα εισχώρησης. Το υλικό του τεμαχίου που απομακρύνεται λέγεται **αποβλίστο**.

(γρέζι). Το απόβλιττο δημιουργείται σε μία στενή περιοχή που ονομάζεται **ζώνη διάτμησης** (σχήμα 2.3).



**Σχήμα 2.3:** Ζώνη διάτμησης.

Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες κατεργασίας και το υλικό του τεμαχίου, το απόβλιττο μπορεί να έχει διάφορες μορφές (σχήμα 2.4):

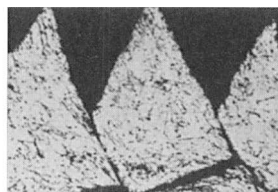
- ♦ το ασυνεχές απόβλιττο,
- ♦ το συνεχές απόβλιττο,
- ♦ το συνεχές απόβλιττο με ψευδόκοψη.



Συνεχές απόβλιττο



Μερικώς συνεχές απόβλιττο



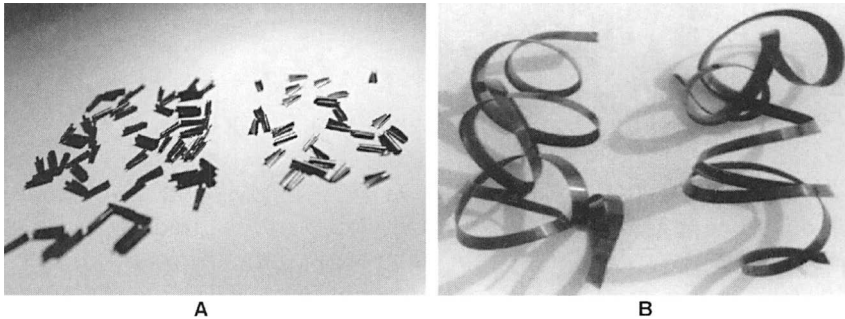
Ασυνεχές απόβλιττο

**Σχήμα 2.4:** Μορφές αποβλίττου.

Το **ασυνεχές απόβλιττο** (σχήμα 2.5) δημιουργείται με την περιοδική θραύση του αποβλίττου κατά τη διέλευσή του από τη ζώνη διατμήσεως. Τέτοιο απόβλιττο συναντάται σε ψαθυρά υλικά, όπως ο χυτοσίδηρος, ή σε πολύ χαμηλές ταχύτητες κοπής, σε μεγάλες προώσεις ή σε κοπή με εργαλεία με

μικρές γωνίες αποβλίπτου.

Το **συνεχές απόβλιπτο** (σχήμα 2.5) δημιουργείται από συνεχή πλαστική παραμόρφωση, η οποία υφίσταται στην περιοχή της ζώνης διάτμησης. Το σχηματιζόμενο απόβλιπτο ρέει ως ταινία επάνω στην επιφάνεια αποβλίπτου του κοπτικού εργαλείου.



**Σχήμα 2.5:** Μικρογραφική εικόνα από απόβλιπτα, A: ασυνεχές, B: συνεχές.

Το συνεχές απόβλιπτο είναι και το επιθυμητό στην πράξη, μια και σχετίζεται με ευνοϊκές συνθήκες όσον αφορά τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής, την καταναλισκόμενη ισχύ, την προκύπτουσα τραχύτητα επιφάνειας του τεμαχίου, καθώς και την αναπτυσσόμενη φθορά στο κοπτικό εργαλείο. Το συνεχές απόβλιπτο επιτυγχάνεται με:

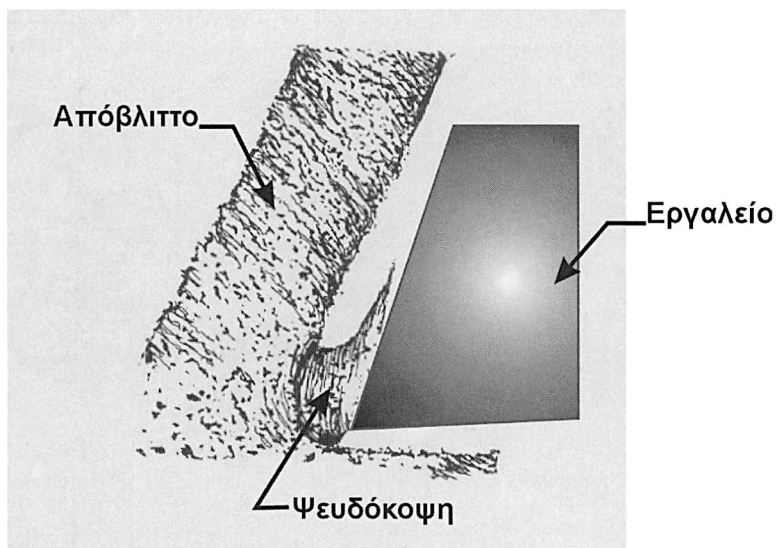
- ♦ μεγάλη ταχύτητα κοπής,
- ♦ μικρή πρόωση,
- ♦ μεγάλη γωνία αποβλίπτου.

Σε περιπτώσεις που το συνεχές απόβλιπτο αποκτά μεγάλο μήκος, με αποτέλεσμα να επιφέρει δυσκολίες, αλλά και κινδύνους κατά την ώρα της κατεργασίας, χρησιμοποιούνται κατάλληλες διαμορφώσεις του κοπτικού εργαλείου, που ονομάζονται **γρεζοθραύστες**.

#### **2.1.1.1 Συνεχές απόβλιπτο με ψευδόκοψη**

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας του συνεχούς αποβλίπτου, υπό κατάλληλες προϋποθέσεις, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί στην κόψη του εργαλείου η ψευδόκοψη. Πρόκειται για σφηνοειδές, ασύμμετρο σώμα από ισχυρά παραμορφωμένο και σκληρωμένο υλικό του τεμαχίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.6. Στο σχήμα αυτό διακρίνονται η κοπτική ακμή του εργαλείου, που έχει μορφή σφήνας, το κατεργαζόμενο τεμάχιο, το απόβλιπτο που παράγεται και η ψευδόκοψη ανάμεσα στο κοπτικό εργαλείο και το τεμάχιο.

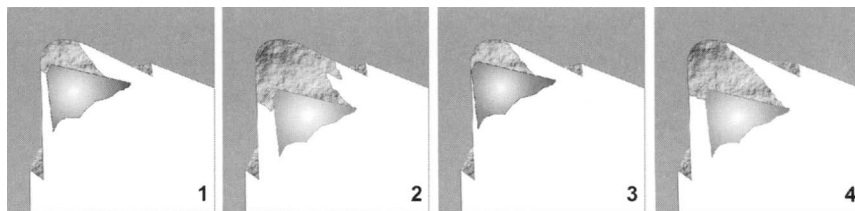
Η ψευδόκοψη αυτή δημιουργείται από επάλληλα στρώματα υλικού του τεμαχίου, που προσκολλώνται στην επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου.



**Σχήμα 2.6:** Ψευδόκοψη.

Η ψευδόκοψη αναπτύσσεται καθώς η κοπή προχωρεί. Όταν η ψευδόκοψη αποκτά ένα ορισμένο μέγεθος, αποχωρίζονται από το σώμα της, λόγω των δυνάμεων κοπής, μικρά κομμάτια, τα οποία προσκολλώνται είτε στο απόβλιττο, που ρέει, είτε στη νεοσχηματιζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Ο περιοδικός αυτός σχηματισμός και τεμαχισμός της ψευδόκοψης φαίνεται στο σχήμα 2.7, όπου παρατηρείται στη φάση 2 ο διαχωρισμός της ψευδόκοψης προς το απόβλιττο και την κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου, τεμαχισμός που ολοκληρώνεται στη συνέχεια.

Η ύπαρξη της ψευδόκοψης χειροτερεύει την ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας, ενώ η συμπεριφορά της ως προς το κοπτικό εργαλείο εξαρτάται από τις συνθήκες κοπής.



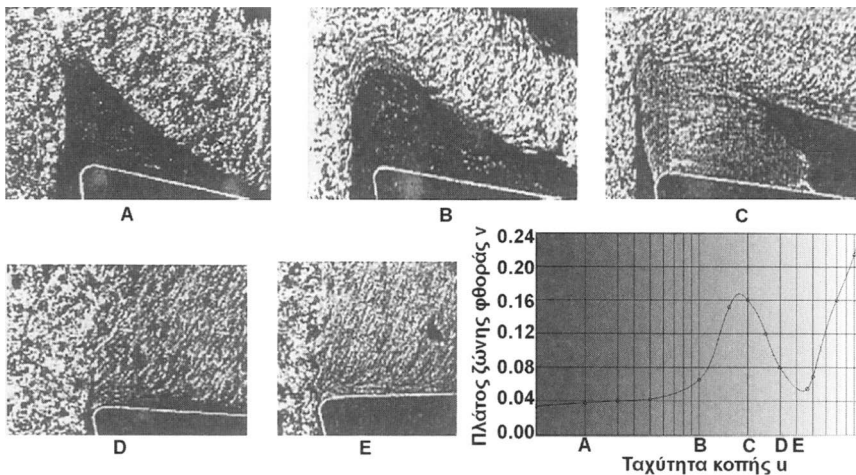
**Σχήμα 2.7:** Φάσεις σχηματισμού της ψευδόκοψης.

Με βάση τα παραπάνω, υπάρχει περίπτωση η σταθερή παρουσία της ψευδόκοπης να προστατεύει το κοπτικό εργαλείο, μια και κόβει αυτή και όχι άμεσα η κοπτική ακμή του, ενώ υπάρχει και η περίπτωση, ανάλογα με τις συνθήκες κοπής, η ψευδόκοψη να φθείρει το εργαλείο, κυρίως στην επιφάνεια αποβλίπτου του.

Η δημιουργία ή η αποφυγή της ψευδόκοπης μπορεί να ελεγχθεί από την κατάλληλη επιλογή των συνθηκών κατεργασίας. Έτσι, το μέγεθος της ψευδόκοπης μειώνεται αν :

- ♦ αυξηθεί η ταχύτητα κοπής,
- ♦ χρησιμοποιηθεί εργαλείο με μεγαλύτερη γωνία αποβλίπτου,
- ♦ μειωθεί η χρησιμοποιούμενη πρόωση,
- ♦ χρησιμοποιηθεί κατάλληλο υγρό κοπής.

Η παρουσία της ψευδόκοπης επηρεάζεται από τους παράγοντες, που προαναφέρθηκαν ενώ ισχυρότερη επίδραση έχει η ταχύτητα κοπής στην αναπυσσόμενη φθορά ελεύθερης επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου (σχήμα 2.8), φθορά που σχετίζεται με την ύπαρξη της ψευδόκοπης.



**Σχήμα 2.8:** Επίδραση της ταχύτητας κοπής στην ψευδόκοψη.

Στο σχήμα 2.8 οι πέντε φωτογραφίες αντιστοιχούν σε πέντε διαφορετικές ταχύτητες κοπής:

**A:**  $v=2\text{m/min}$    **B:**  $v=10\text{m/min}$    **C:**  $v=20\text{m/min}$    **D:**  $v=30\text{m/min}$    **E:**  $v=40\text{m/min}$

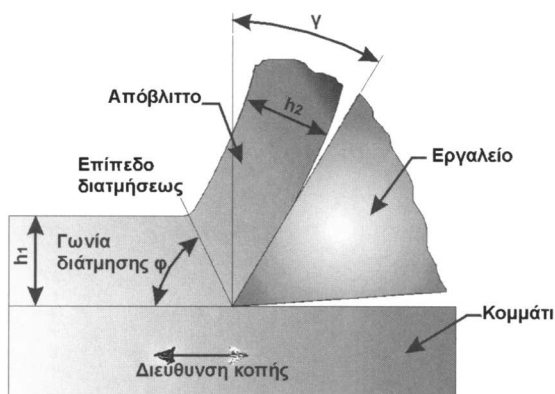
Το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου είναι ο χάλυβας Ck53N, ενώ το κοπτικό εργαλείο είναι σκληρομέταλλο P30 με γωνία αποβλίπτου  $\gamma=10^\circ$ . Από το σχήμα γίνεται φανερό πως το πλάτος ζώνης φθοράς της ελεύθερης επιφά-



νειας του κοπτικού εργαλείου αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας, αλλά παρουσιάζεται μια περιοχή (στην περίπτωση του σχήματος 18 m/min με 40 m/min), όπου η αύξηση της ταχύτητας οδηγεί σε ελάττωση της παρουσίας της ψευδόκοψης και αντίστοιχα μείωση του πλάτους ζώνης φθοράς, όπως στη φωτογραφία C, όπου η ψευδόκοψη δεν υπερβαίνει σε μέγεθος κάποια δέκατα του χιλιοστού.

### 2.1.2 Γωνία διάτμησης

Η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στο επίπεδο διάτμησης και τη διεύθυνση κοπής ονομάζεται **γωνία διάτμησης  $\Phi$** , (σχήμα 2.9).



Σχήμα 2.9: 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  $\Phi$  εξαρτάται από τη γωνία αποβλίτου. Όταν αυξάνεται η γωνία αποβλίτου  $\gamma$ , μειώνεται ο συντελεστής τριβής  $\mu$  ανάμεσα στο εργαλείο και στο απόβλιτο, με συνέπεια να αυξάνεται η γωνία διάτμησης.

### 2.1.3 Δείκτης συμπίεσης του αποβλίτου

Ο δείκτης συμπίεσης του αποβλίτου είναι ο λόγος του πραγματικού πάχους του αποβλίτου  $h_2$  προς το θεωρητικό πάχος  $h_1$  και συμβολίζεται με  $\lambda$ , όπου:

$$\lambda = h_2 / h_1 \quad (2.2)$$

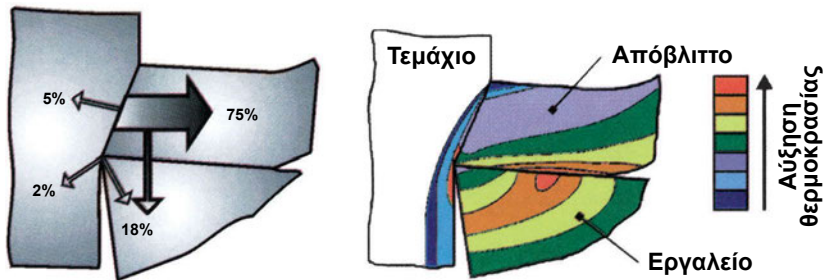
## 2.2 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΕΚΛΥΕΤΑΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΟΠΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ

Η συνολική ενέργεια, που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η κοπή, καταναλώνεται σε δύο βασικά περιοχές, στη ζώνη διάτμησης και στη ζώνη τριβής. Πολύ λιγότερη ενέργεια καταναλώνεται στη θέση τριβής της ελεύθερης επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου και της κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου. Όλες αυτές οι περιοχές κατανάλωσης ενέργειας αποτελούν και πηγές έκλυσης θερμότητας.

Η θερμότητα που εκλύεται κατά την κοπή παράγεται κατά κύριο λόγο στη ζώνη διάτμησης και σε ποσοστό που κυμαίνεται από 65% έως 80%. Η υπόλοιπη θερμότητα παράγεται στη ζώνη τριβής του αποβλίττου, επάνω στο κοπτικό εργαλείο, αλλά και στη θέση, που εφάπτεται η ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου με το τεμάχιο.

Το σύνολο της παραγόμενης θερμότητας παραλαμβάνεται κύρια από το απόβλιττο και σε μικρότερο ποσοστό από το κοπτικό εργαλείο και το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

Στο σχήμα 2.10, για μια περίπτωση κατεργασίας τόννευσης χάλυβα από κοπτικό εργαλείο σκληρομέταλλο P30 με γωνία αποβλίττου  $\gamma=10^\circ$  και ταχύτητα  $v=60\text{m/min}$ , φαίνονται οι ισοθερμοκρασιακές καμπύλες στο κοπτικό εργαλείο, στο απόβλιττο και στο τεμάχιο, καθώς και τα ποσοστά κατανομής της θερμότητας.



**Σχήμα 2.10:** Κατανομή θερμότητας στο τεμάχιο, απόβλιττο και εργαλείο.

Από το σχήμα γίνεται φανερό πως οι θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται στο κοπτικό εργαλείο, είναι πιο υψηλές από τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο απόβλιττο ή στο τεμάχιο, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία του εργαλείου δε βρίσκεται στη μύτη του εργαλείου, αλλά σε θέση που απέχει αρκετά από αυτήν. Το γεγονός αυτό, που έχει σχέση με τη ροή του αποβλίττου επάνω στην επιφάνεια αποβλίττου του κοπτικού εργαλείου, οδηγεί σε δημιουργία κοιλώματος ή κρατήρα επάνω στην επιφάνεια αυτή.

Ο κρατήρας αποτελεί χαρακτηριστική αιτία για την φθορά του κοπτικού εργαλείου. Ταυτόχρονα, όμως, οι υψηλές θερμοκρασίες στην περιοχή της κοπής έχουν και ευνοϊκή επίδραση επάνω στην κατεργαστικότητα του υλικού του τεμαχίου, μια και μειώνεται το όριο διαρροής του. Οι θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται κατά την κοπή, αυξάνονται, όσο αυξάνεται η ταχύτητα κοπής ή η ειδική αντίσταση κοπής του κατεργαζόμενου μετάλλου.

## 2.3 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

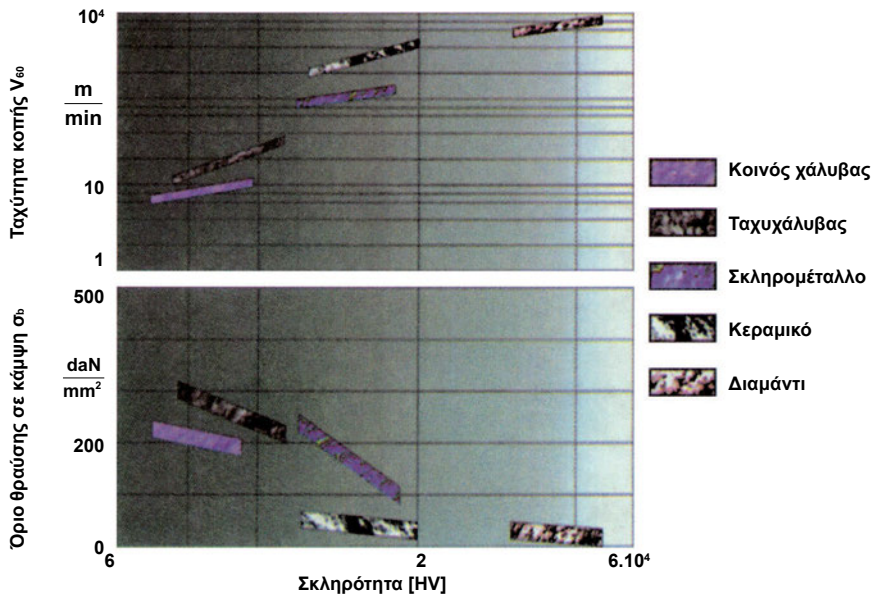
### 2.3.1 Υλικά κοπτικών εργαλείων

Οι ιδιότητες, που πρέπει να έχουν τα υλικά των κοπτικών εργαλείων (σχήμα 2.11), τα οποία χρησιμοποιούνται στην κοπή στις εργαλειομηχανές, είναι οι εξής:

- ♦ μεγάλη σκληρότητα και ικανότητα διατήρησής της στις υψηλές θερμοκρασίες,
- ♦ μεγάλη αντίσταση στη φθορά,
- ♦ αντοχή σε θλίψη και κάμψη,
- ♦ διατήρηση της μορφής τους κατά την κατεργασία,
- ♦ καλή κατεργαστικότητα και διαμορφωσιμότητα,
- ♦ χαμηλό κόστος και διαθεσιμότητα.

Τα υλικά των κοπτικών εργαλείων κατασκευάζονται από:

- ♦ Χάλυβες:
  - ανθρακούχοι χάλυβες,
  - κεκραμένοι χάλυβες,
  - ταχυχάλυβες,
- ♦ χυτευτά κράματα (στελλίτες),
- ♦ σκληρομέταλλα,
- ♦ κεραμικά,
- ♦ διαμάντια.



**Σχήμα 2.11:** Χαρακτηριστικές ιδιότητες και τυπικές περιοχές ταχυτήτων κοπής διαφόρων κοπτικών εργαλείων.

### 2.3.1.1 Χάλυβες

Οι **ανθρακούχοι χάλυβες** περιέχουν 0.6 – 1.5% άνθρακα (C). Το πλεονέκτημά τους είναι το χαμηλό κόστος παραγωγής τους. Το μειονέκτημα τους είναι η μικρή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Κατά τη διάρκεια της κοπής εκλύεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας και αναπτύσσεται στο κοπτικό εργαλείο μεγάλη θερμοκρασία, η οποία είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία επαναφοράς.

Η θερμοκρασία επαναφοράς είναι η μέγιστη θερμοκρασία στην οποία το υλικό δεν χάνει την σκληρότητά του. Η θερμοκρασία επαναφοράς των ανθρακούχων χαλύβων είναι μεταξύ 180° και 300° C. Η αύξηση της θερμοκρασίας στο κοπτικό εργαλείο δημιουργεί απότομη πτώση της σκληρότητάς του και μείωση των ικανοτήτων του.

Για τον παραπάνω λόγο, τα κοπτικά εργαλεία από ανθρακούχους χάλυβες χρησιμοποιούνται σε χαμηλές ταχύτητες κοπής, χαμηλές προώσεις, μικρά βάθη κοπής και για κατεργασίες ευκολοκατέργαστων υλικών, που η θερμοκρασία κατεργασίας δεν ξεπερνά τους 180° C.

Οι **κεκραμένοι χάλυβες** διαφέρουν από τους ανθρακούχους στο ότι περιέχουν στη σύνθεσή τους επιπλέον Χρώμιο (Cr), Βανάδιο (V), Βολφράμιο (W), Μολυβδαίνιο (Mo) και Μαγγάνιο (Mn). Τα στοιχεία αυτά βοηθούν στη βελτίωση

των μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα. Έτσι, οι κεκραμένοι χάλυβες έχουν μεγαλύτερη αντίσταση σε φθορά από τους ανθρακούχους. Η αντοχή τους όμως σε επαναφορά παραμένει χαμηλή. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζονται, για μερικούς τυπικούς κεκραμένους χάλυβες, η χημική σύσταση, οι μηχανικές ιδιότητες και η ειδική αντίσταση κοπής.

**Πίνακας 2.1: Χημική σύνθεση, μηχανικές ιδιότητες για μερικούς κεκραμένους χάλυβες.**

| ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ                  | ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ |         |         |        | Όριο<br>θραύσης<br>σε κάμψη      | Σκληρότητα                 | ΕΙΔΙΚΗ<br>ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ<br>ΚΟΠΗΣ     |
|------------------------------|----------------|---------|---------|--------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
|                              | C<br>%         | Mn<br>% | Cr<br>% | V<br>% | $\sigma_B$<br>daN/m <sup>2</sup> | HV10<br>daN/m <sup>2</sup> | $K_{S1.1}$<br>daN/m <sup>2</sup> |
| <b>C15</b><br><b>16MnCr5</b> | 0.13           | 0.41    | —       | —      | 37.3                             | 108                        | 135.2                            |
|                              | 0.15           | 1.00    | 1.00    | —      | 51.0                             | 163                        | 128.7                            |
| <b>C35</b><br><b>34Cr4</b>   | 0.32           | 0.58    | —       | —      | 49.0                             | 145                        | 139.1                            |
|                              | 0.36           | 0.60    | 0.91    | —      | 55.9                             | 150                        | 149.4                            |
| <b>Ck60</b><br><b>50CrV4</b> | 0.61           | 0.74    | —       | —      | 60.8                             | 180                        | 160.2                            |
|                              | 0.52           | 1.00    | 1.06    | 0.10   | 66.7                             | 197                        | 161.6                            |
| <b>100Cr6</b>                | 1.01           | 0.36    | 1.43    | —      | 62.4                             | 202                        | 163.5                            |

Τα κοπτικά εργαλεία από κεκραμένους χάλυβες χρησιμοποιούνται σε χαμηλές ταχύτητες κοπής και κυρίως ως σπειροτόμοι, τρυπάνια και γλύφανα.

Οι **ταχυχάλυβες (HSS)** που σημαίνει **High Speed Steels**) περιέχουν στη βασική τους σύνθεση Βολφράμιο (W), Χρώμιο (Cr), βανάδιο (V). Για καλύτερη ποιότητα περιέχουν Κοβάλτιο (Co) και Μολυβδαίνιο (Mo). Στον πίνακα 2.2 παρουσιάζεται ταξινόμηση των ταχυχαλύβων σύμφωνα με τη χημική τους σύσταση και τις κοπτικές ιδιότητές τους.

Οι ταχυχάλυβες έχουν μεγάλη σκληρότητα και μεγάλη αντοχή σε επαναφορά. Τα κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβες χρησιμοποιούνται για χαμηλές και μέσες ταχύτητες κοπής και είναι το βασικό υλικό κατασκευής των κοπτικών φρέζας.

Οι επιδράσεις των διαφόρων προσθηκών στους χάλυβες είναι:

- **Χρώμιο (Cr).** Η σύνθεση του χρωμίου με άλλα στοιχεία βοηθά στην αύξηση της αντοχής σε επαναφορά και αύξηση της αντίστασης στη φθορά.

- **Βολφράμιο (W).** Δημιουργεί μεγάλη τάση σχηματισμού σκληρών καρβιδίων που συντελούν στην αύξηση της αντοχής σε επαναφορά και βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων ως προς την αντοχή στη φθορά.
- **Μολυβδαίνιο (Mo).** Ελαττώνει την κρίσιμη ταχύτητα αποψύξεως και αυξάνει την αντοχή σε επαναφορά και την αντίσταση στη φθορά του κοπτικού εργαλείου.
- **Βανάδιο (V).** Χρησιμοποιείται σε μικρή ποσότητα (0.1 – 0.25%), συνοδεύεται με σύγχρονη αύξηση του άνθρακα για αύξηση του βαθμού βαφής, επίσης για αύξηση της αντοχής στη φθορά.
- **Κοβάλτιο (Co).** Έχει μικρή τάση σχηματισμού καρβιδίων, αυξάνει όμως την αντοχή σε επαναφορά και φθορά. Οι χάλυβες, που περιέχουν 5% Co, έχουν καλές κοπτικές ικανότητες και αντέχουν σε αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες μέχρι 650° C. Τα κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβες που περιέχουν κοβάλτιο έχουν υψηλές κοπτικές ικανότητες, όμως έχουν μικρή αντοχή στη κρούση.
- **Μαγγάνιο (Mn).** Δε δημιουργεί καρβίδια, βελτιώνει όμως την αντοχή σε επαναφορά.

**Πίνακας 2.2: Ταξινόμηση ταχυχαλύβων.**

| Ομάδα<br>χάλυβα       | Κωδική<br>Ονομασία<br>W-Mo-V-Co | Παλαιά<br>κωδική<br>ονομασία | Κατεργασία χάλυβα       |                     |           |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|
|                       |                                 |                              | Μέτριες<br>καταπονήσεις | Υψηλές καταπονήσεις |           |
|                       |                                 |                              |                         | Εκχόνδρισμα         | Φινίρισμα |
| <b>18% W</b>          | S 18-0-1                        | B 18                         | *                       |                     |           |
|                       | S 18-1-2-5                      | E 18 Co 5                    | *                       | *                   |           |
|                       | S 18-1-2-10                     | E 18 Co 10                   |                         | **                  |           |
|                       | S 18-1-2-15                     | E 18 Co 15                   |                         | **                  |           |
| <b>12% W</b>          | S 12-1-2                        | D                            | *                       |                     |           |
|                       | S 12-1-4                        | EV 4                         |                         |                     | *         |
|                       | S 12-1-2-3                      | E Co 3                       |                         | *                   | *         |
|                       | S 12-1-4-5                      | EV 4 Co                      |                         | *                   | **        |
|                       | S 3-3-2                         | ABC III                      | *                       |                     |           |
| <b>6% W+5%<br/>Mo</b> | S 6-5-2                         | D Mo 5                       | **                      |                     |           |
|                       | S 6-5-3                         | E Mo 5 V 3                   |                         |                     | *         |
|                       | S 6-5-2-5                       | E Mo 5 Co5                   |                         | **                  |           |
|                       | S 10-4-3-10                     | EW 9 Co 10                   |                         | **                  | **        |
| <b>2% W+9%<br/>Mo</b> | S 2-9-1                         | B Mo 9                       | *                       |                     |           |
|                       | S 2-9-2                         | M 7                          | *                       |                     |           |
|                       | S 2-9-2-5                       | M 30                         |                         | *                   |           |
|                       | S 2-9-2-8                       | M 34                         |                         | **                  | **        |

### 2.3.1.2 Σκληρομέταλλα

Τα σκληρομέταλλα, προϊόντα της κονιομεταλλουργίας, αποτελούνται από καρβίδια μετάλλων (Βολφραμίου (W), Τιτανίου (TiC), Τανταλίου (TaC)) με συνδετικό υλικό συνήθως το Κοβάλτιο (Co). Τα σκληρομέταλλα διατηρούν τη σκληρότητά τους σε υψηλές θερμοκρασίες (900 – 1000C), έχουν μεγάλη δυσκαμψία, υψηλή αντοχή σε θλίψη, χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής και υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας. Τα κοπτικά εργαλεία από σκληρομέταλλα είναι κατάλληλα για κατεργασίες με υψηλές ταχύτητες κοπής, ακόμα και 5 φορές μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των ταχυχαλύβων. Στον πίνακα 2.3 φαίνεται η επίδραση της σύνθεσης και της κρυσταλλικής δομής στις ιδιότητες των σκληρομετάλλων.

**Πίνακας 2.3: Επίδραση της σύνθεσης και της κρυσταλλικής δομής στις ιδιότητες των σκληρομετάλλων.**

| ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ                     | ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ                                                 | ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ | ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΠΡΟΣΚΟΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ | ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΑΚΜΩΝ | ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΥΨΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΣΕ ΦΘΟΡΑ ΔΙΑΧΥΣΕΩΝ |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ TiC ΚΑΙ TaC | ↑                                                          | ↓                                                                      | ↑                                       | ↓                | ↑                                                    |
| ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ Co          | ↑                                                          | ↓                                                                      | ↑                                       | ΚΑΜΙΑ ΕΞΑΡΤΗΣΗ   | ↑                                                    |
| ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ            | ↑                                                          | ↓                                                                      | ↑                                       | ↓                | ΚΑΜΙΑ ΕΞΑΡΤΗΣΗ                                       |
| ΝΕΟΤΕΡΑ ΜΕΤΑΛΛΑ                           | ΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΑ |                                                                        |                                         |                  |                                                      |
| HM +TiC                                   | ↑                                                          | ΑΝΑΛΛΟΙΩΤΟ                                                             | ↑                                       | ↓                | ↑                                                    |
| ΜΕΓΑΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ TiC              | ΚΑΜΙΑ ΕΞΑΡΤΗΣΗ                                             | ↓                                                                      | ΚΑΜΙΑ ΕΞΑΡΤΗΣΗ                          | ↓                | ↑                                                    |
| ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ ΑΥΞΗΣΗ Co                      | ↑                                                          | ↑                                                                      | ↑                                       | ↑                | ↓                                                    |

Τα σκληρομέταλλα είναι τυποποιημένα σε ομάδες, σύμφωνα με το ISO (International Standard Organization). Η τυποποίηση αυτή διακρίνει τα σκληρομέταλλα σε τρεις κύριες ομάδες **P**, **M** και **K** και έχουν ως διακριτικό χρώμα αντίστοιχα το μπλε, το κίτρινο και το κόκκινο. Στον πίνακα 2.4 παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι των σκληρομετάλλων, η χημική σύνθεσή τους και οι ιδιότητές τους.

Τα σκληρομέταλλα, που ανήκουν στην κατηγορία Ρ, έχουν μεγάλη αντοχή σε θερμικές καταπονήσεις, γιατί περιέχουν μεγάλη ποσότητα σε καρβίδιο τιτανίου (TiC) και καρβίδιο τανταλίου (TaC), τα οποία δε διασπώνται και σχηματίζουν συνεχές απόβλιπτο. Τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας Ρ χρησιμοποιούνται για την κατεργασία κατά κύριο λόγο χαλύβων, χυτοχαλύβων και μαλακτοποιημένου χυτοσιδήρου.

Τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας Μ χρησιμοποιούνται για κατεργασία χαλύβων και χυτοχαλύβων και μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων. Τα σκληρομέταλλα της κατηγορίας Μ σχηματίζουν κατά την κατεργασία ενδιάμεσο απόβλιπτο.

Τα σκληρομέταλλα, που ανήκουν στην κατηγορία Κ, έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε καρβίδιο βολφραμίου (WC) και διασπώνται εύκολα. Τα σκληρομέταλλα, που ανήκουν στη κατηγορία Κ, χρησιμοποιούνται στην κατεργασία με ασυνεχές απόβλιπτο, π.χ. στην κατεργασία των χαλύβων κατασκευών, φαιού και λευκού χυτοσιδήρου, μαλακτοποιημένου χυτοσιδήρου, μη σιδηρούχων μετάλλων και κραμάτων, πλαστικών και ξύλου.

**Πίνακας 2.4: Χημική σύνθεση και ιδιότητες των σκληρομετάλλων.**

| ΟΜΑΔΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ISO | ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΒΕΛΟΥΣ                                                 | ΣΥΝΘΕΣΗ |             |      | ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ HV30 | ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ N/mm <sup>2</sup> | ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ N/mm <sup>2</sup> | ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ N/mm <sup>2</sup> | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ μ/m grd |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------|------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
|                       |                                                                                     | WC%     | TiC + TaC % | Co % |                 |                                   |                                   |                                       |                                        |
| P02                   |  | 33      | 59          | 8    | 16500           | 800                               | 5100                              | 444000                                | 7.5                                    |
| P03                   |                                                                                     | 32      | 56          | 12   | 15000           | 1000                              | 5250                              | 430000                                | 8.0                                    |
| P04                   |                                                                                     | 62      | 33          | 5    | 17000           | 1000                              | 5250                              | 500000                                | 7.0                                    |
| P10                   |                                                                                     | 55      | 36          | 9    | 16000           | 1300                              | 5200                              | 530000                                | 6.5                                    |
| P15                   |                                                                                     | 71      | 20          | 9    | 15000           | 1400                              | 5100                              | 530000                                | 6.5                                    |
| P20                   |                                                                                     | 76      | 14          | 10   | 15000           | 1500                              | 5000                              | 540000                                | 6.0                                    |
| P25                   |                                                                                     | 70      | 20          | 10   | 14500           | 1750                              | 4900                              | 550000                                | 5.5                                    |
| P30                   |                                                                                     | 82      | 8           | 10   | 14500           | 1800                              | 4800                              | 560000                                | 5.5                                    |
| P40                   |                                                                                     | 74      | 12          | 14   | 13500           | 1900                              | 4600                              | 560000                                | 5.5                                    |
| M10                   |                                                                                     | 84      | 10          | 6    | 17000           | 1350                              | 6000                              | 580000                                | 5.5                                    |
| M15                   |                                                                                     | 81      | 12          | 7    | 15500           | 1550                              | 5500                              | 570000                                | 5.5                                    |
| M20                   |                                                                                     | 82      | 10          | 8    | 15500           | 1650                              | 5000                              | 560000                                | 5.5                                    |
| M40                   |                                                                                     | 79      | 6           | 15   | 13500           | 2100                              | 4400                              | 540000                                | 5.5                                    |
| K03                   |                                                                                     | 92      | 4           | 4    | 18000           | 1200                              | 6200                              | 630000                                | 5.0                                    |
| K05                   |                                                                                     | 92      | 2           | 6    | 17500           | 1350                              | 6000                              | 630000                                | 5.0                                    |
| K10                   |                                                                                     | 92      | 2           | 6    | 16500           | 1500                              | 5800                              | 630000                                | 5.0                                    |
| K20                   |                                                                                     | 92      | 6           | 6    | 15500           | 1700                              | 5500                              | 620000                                | 5.0                                    |
| K30                   |                                                                                     | 93      | 7           | 7    | 14000           | 2000                              | 4600                              | 600000                                | 5.5                                    |
| K40                   |                                                                                     | 88      |             | 12   | 13000           | 2200                              | 4500                              | 580000                                | 5.5                                    |



### 2.3.1.3 Κεραμικά

Τα κεραμικά περιέχουν κατά βάση οξείδιο του αργιλίου ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) με πρόσμειξη άλλων οξειδίων για βελτίωση των ιδιοτήτων του υλικού. Τα πλεονεκτήματά τους είναι:

- ♦ μεγάλη σκληρότητα, που παραμένει αμετάβλητη και σε μεγάλες θερμοκρασίες,
- ♦ αντοχή στη φθορά,
- ♦ μικρός συντελεστής τριβής με το απόβλιττο.

Τα μειονεκτήματά τους είναι:

- ♦ μικρή αντοχή σε κάμψη,
- ♦ μικρός συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας,
- ♦ μειωμένο σχετικά μέτρο ελαστικότητας,
- ♦ μειωμένη δυσθραυστότητα.

Χρησιμοποιούνται σε πάρα πολύ μεγάλες ταχύτητες κοπής και σε μικρές διατομές αποβλίττου. Το κοπτικό εργαλείο πρέπει να είναι πολύ ισχυρό στην περιοχή της κόψης, γι' αυτό χρησιμοποιείται αρνητική γωνία αποβλίττου  $\gamma$  (μέχρι  $-15^\circ$ ). Χρησιμοποιούνται κυρίως για τórνευση χαλύβων και έπειτα χυτοσιδήρων, μη σιδηρούχων και μη μεταλλικών υλικών.

### 2.3.1.4 Διαμάντια

Το κοπτικό εργαλείο από διαμάντι, που είναι το σκληρότερο υλικό, έχει το μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής, υψηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας, μεγάλο μέτρο ελαστικότητας και πολύ μικρό συντελεστή τριβής ολίσθησης. Είναι ακριβό και περιορισμένης χρήσης και έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από το σκληρό μέταλλο.

Χρησιμοποιείται για κοπή μαλακών σχετικά μετάλλων ή κραμάτων (γωνία αποβλίττου  $\gamma \approx 0^\circ$  και γωνία ελευθερίας  $\alpha \approx 5^\circ$  για εξωτερική τórνευση και  $\alpha \approx 8^\circ - 15^\circ$  για εσωτερική τórνευση) και μεγάλες ταχύτητες κοπής ( $>170\text{m/min}$ ).

### 2.3.1.5 Λειαντικές σκόνες

Είναι σκληροί και εύθραυστοι κόκκοι. Οι κυριότερες λειαντικές σκόνες είναι:

- **κορούνδιο:** για μαλακούς χάλυβες,
- **σμύριδα:** για χάλυβες, μαλακτοποιημένο χυτοσίδηρο,
- **διαμάντι:** για λειάνση εργαλείων

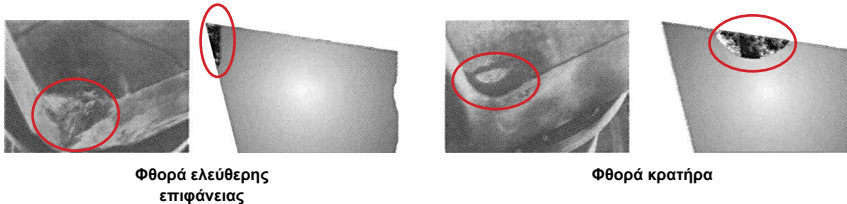
➤ **καρβίδιο του βορίου:** για σκληρομέταλλα.

### 2.3.2 Φθορά κοπτικού εργαλείου

Το κοπτικό εργαλείο, κατά την κοπή, υπόκειται σε υψηλές θερμοκρασίες και τάσεις. Αυτό έχει ως συνέπεια το κοπτικό εργαλείο σταδιακά να **φθείρεται** και τελικά να **αστοχεί**, που σημαίνει πως είναι πλέον άχρηστο και πρέπει να επανατροχιστεί ή να απορριφθεί. Η φθορά που αναπτύσσεται παρουσιάζεται με τις παρακάτω μορφές:

- φθορά της ελεύθερης επιφάνειας,
- φθορά κρατήρα στην επιφάνεια αποβλίττου,
- απολέπιση της κόψης,
- μικροθραύσεις, ρωγμές.

Στο σχήμα 2.12 παρουσιάζονται οι μορφές φθοράς των κοπτικών εργαλείων, καθώς και τα μεγέθη με τα οποία αυτή μετράται. Γενικά, η φθορά του κοπτικού εργαλείου επηρεάζεται σημαντικά από το είδος της κατεργασίας, τις συνθήκες κοπής, τη γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου και το συνδυασμό υλικών εργαλείου - κατεργαζόμενου τεμαχίου.



**Σχήμα 2.12:** Μορφές φθοράς.

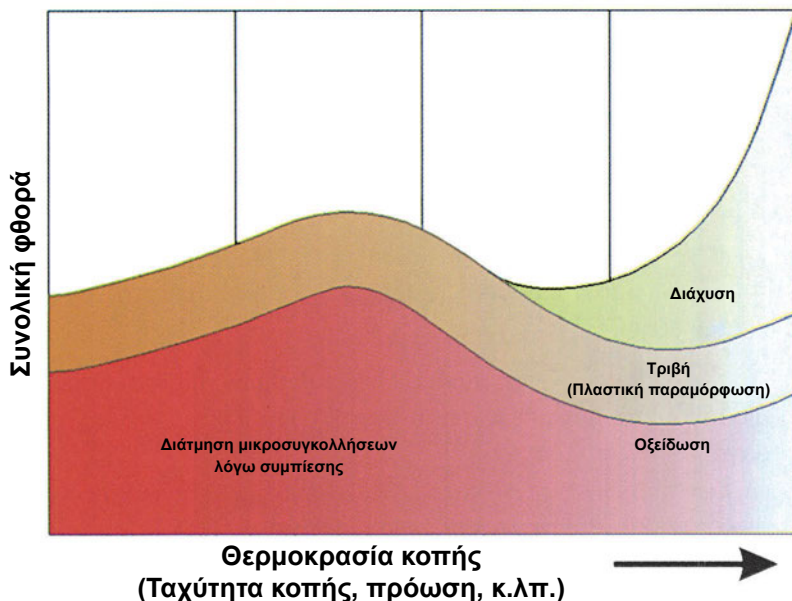
Οι μηχανισμοί βάσει των οποίων εξελίσσεται η φθορά στα κοπτικά εργαλεία είναι οι εξής:

- ♦ **Σχηματισμός και λύση συγκολλητών δεσμών.** Οι δεσμοί αυτοί δημιουργούνται λόγω της τριβής μεταξύ αποβλίττου και εργαλείου ή εργαλείου και τεμαχίου. Ο διαρκής σχηματισμός και η καταστροφή των δεσμών αυτών, κατά τη διάρκεια της κοπής, έχει ως συνέπεια την απόσπαση μικρών τεμαχίων από το εργαλείο προς το απόβλιττο ή το τεμάχιο αντίστοιχα.
- ♦ **Απόξεση.** Σκληρά τεμαχίδια του αποβλίττου κινούμενα και συγχρόνως πιεζόμενα επάνω στην επιφάνεια αποβλίττου του κοπτικού εργαλείου, την φθείρουν συνεχώς, εκτελώντας κοπή σε μικρή κλίμακα.

Τα τεμαχίδια αυτά μπορεί να προέρχονται και από μικρά κομμάτια της ψευδόκοφης.

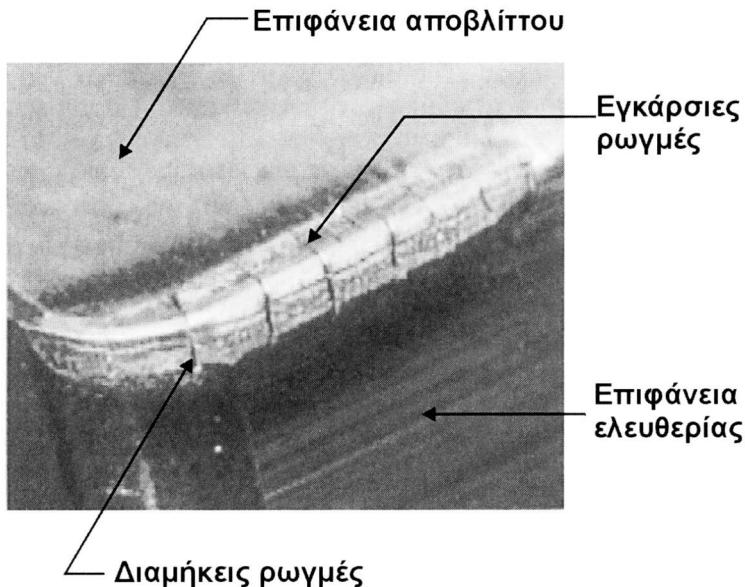
- ♦ **Διάχυση στερεάς κατάστασης.** Άτομα από το υλικό του κοπτικού εργαλείου διαχέονται προς το απόβλιττο ή το τεμάχιο, λόγω της ύπαρξης ευνοϊκών συνθηκών για διάχυση που προσφέρουν οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες και η μεταλλική επαφή του εργαλείου με το απόβλιττο ή το τεμάχιο.

Συνολικά, η φθορά που αναπτύσσεται στα κοπτικά εργαλεία είναι συνήθως προϊόν και των τριών προαναφερόμενων μηχανισμών. Στο σχήμα 2.13 παρουσιάζεται η επίδραση της θερμοκρασίας, που αναπτύσσεται κατά την κοπή, στην ενεργοποίηση των διαφόρων μηχανισμών φθοράς. Έτσι, ενώ σε χαμηλές ταχύτητες κοπής και πρόωσεις, η φθορά ακολουθεί κυρίως τους μηχανισμούς της απόξεσης (μέσω της ύπαρξης της ψευδόκοφης) και της φθοράς λόγω σχηματισμού και λύσης συγκολλητών δεσμών (μέσω της τριβής εργαλείου-κατεργαζόμενου τεμαχίου), όσο αυξάνεται η ταχύτητα κοπής και η πρόωση, αναπτύσσονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες και η φθορά ακολουθεί κυρίως το μηχανισμό της διάχυσης στερεάς κατάστασης, ενώ παρουσιάζεται και οξείδωση του κοπτικού εργαλείου. Σε υψηλές θερμοκρασίες η φθορά που οφείλεται σε απόξεση είναι ελάχιστη λόγω της ελάττωσης του φαινομένου της ψευδόκοφης στις ταχύτητες αυτές.



Σχήμα 2.13: Είδη φθοράς.

Στο σχήμα 2.14 παρουσιάζονται οι διαμήκεις ρωγμές που αναπτύσσονται στα κοπτικά εργαλεία από σκληρομέταλλα λόγω πολύ υψηλών θερμοκρασιών κοπής. Οι αντίστοιχες διαμήκεις ρωγμές εμφανίζονται λόγω υψηλών μηχανικών καταπονήσεων.



**Σχήμα 2.14:** Ρωγμές σε κοπτικά εργαλεία από σκληρομέταλλο.

### 2.3.3 Ζωή κοπτικού εργαλείου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου είναι οι εξής:

- **Συνθήκες κοπής.** Η ταχύτητα κοπής επηρεάζει κατά μεγάλο βαθμό τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου. Ο Taylor μελέτησε τη σχέση ανάμεσα στη ζωή του εργαλείου και στην ταχύτητα κοπής και κατέληξε στην παρακάτω σχέση:

$$uT^n = C \quad (2.3)$$

όπου: **u** = ταχύτητα κοπής σε [m/min],

**T** = ζωή κοπτικού εργαλείου σε [min] και

**n, C** = εκθέτης και σταθερά που εξαρτώνται από τις συνθήκες κοπής, από το υλικό του κατεργαζόμενου υλικού και από το υγρό κοπής. Η σταθερά C ισούται με την ταχύτητα κοπής για ζωή κοπτικού εργαλείου ίση με 1 min.

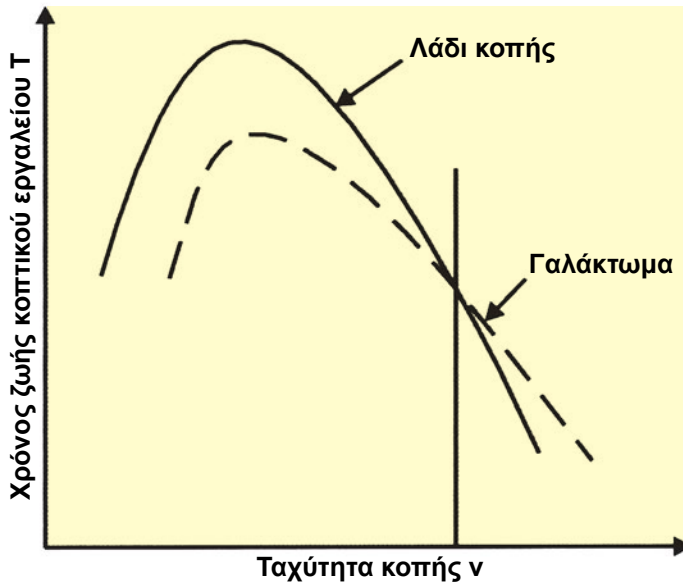
Εκτός από την ταχύτητα κοπής και άλλοι παράγοντες των συνθηκών κοπής επηρεάζουν τη ζωή του κοπτικού εργαλείου. Με αύξηση της πρόωσης ή του βάθους κοπής, η ταχύτητα κοπής μειώνεται και η ζωή του κοπτικού εργαλείου παραμένει σταθερή.

- **Γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου.** Μεγάλη γωνία αποβλίπτου  $\gamma$ , έχει ευνοϊκά αποτελέσματα στη ζωή του εργαλείου. Επίσης, αύξηση της γωνίας ελευθερίας συντελεί στην ελάττωση του πλάτους της ζώνης φθοράς και επομένως αύξηση στην ζωή του κοπτικού εργαλείου.
- **Το υλικό του κοπτικού εργαλείου.** Η αύξηση της θερμοκρασίας ή της ταχύτητας κοπής σε σκληρά κοπτικά εργαλεία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση στη φθορά του κοπτικού εργαλείου και συνεπώς στη μείωση της ζωής του.
- **Το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου.** Η αύξηση της σκληρότητας του κατεργαζόμενου τεμαχίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της ζωής του κοπτικού εργαλείου. Επίσης, σκληρά εγκλείσματα και επιφανειακές σκουριές επιδρούν στη μείωση της ζωής του εργαλείου.
- **Το υγρό κοπής.** Η χρησιμοποίηση του υγρού κοπής κατά τη διάρκεια της κατεργασίας επιδρά ευνοϊκά στη φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου.

## 2.4 ΥΓΡΑ ΚΟΠΗΣ

Τα υγρά κοπής χρησιμοποιούνται στις κατεργασίες κοπής για πιο αποδοτική κοπή σε σύγκριση με τη λεγόμενη **ξηρή κοπή** που εκτελείται χωρίς υγρό κοπής. Η επίδραση του υγρού κοπής εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως τη χημική σύνδεση του υγρού, το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου, το υλικό του κοπτικού εργαλείου, τη γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου, την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα και την ταχύτητα κοπής. Το υγρό κοπής μπορεί να ενεργήσει είτε ως λιπαντικό είτε ως ψυκτικό.

Η χρησιμοποίηση του κατάλληλου υγρού κοπής επιδρά ευνοϊκά τόσο στο σχηματισμό αποβλίπτου, όσο και στη φθορά και στη ζωή του κοπτικού εργαλείου. Στο **σχήμα 2.15** φαίνεται η επίδραση διαφόρων υγρών κοπής στη διάρκεια ζωής εργαλείων τρνέυσεως.



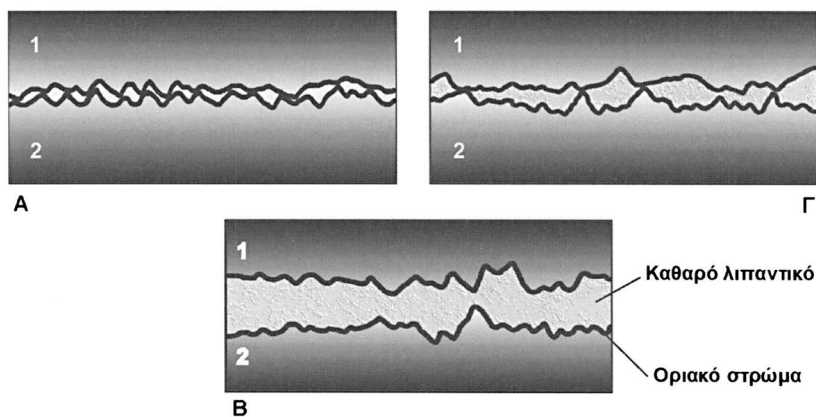
**Σχήμα 2.15:** Η επίδραση διαφόρων υγρών κοπής στη διάρκεια ζωής εργαλείων τριβής.

Με τη χρησιμοποίηση των υγρών κοπής στις κατεργασίες συντελείται:

- μείωση του συντελεστή τριβής μεταξύ αποβλίπτου – εργαλείου και εργαλείου – τεμαχίου λόγω της λιπαντικής τους δράσης,
- ελάττωση της θερμοκρασίας εργαλείου – τεμαχίου – αποβλίπτου λόγω της ψυκτικής τους δράσης,
- μείωση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου,
- βελτίωση της τραχύτητας της κατεργαζόμενης επιφάνειας,
- μείωση στις δυνάμεις και στην ισχύ κοπής,
- περιορισμός στις στρεβλώσεις του τεμαχίου,
- ευκολία στο χειρισμό των έτοιμων κομματιών,
- προστασία του τεμαχίου και των μελών της εργαλειομηχανής που έρχονται σε επαφή με το υγρό κοπής από οξείδωση και διάβρωση,
- απομάκρυνση αποβλίπτων και άλλων σωμάτων,
- καθαρισμός λειαντικού τροχού.

Στο σχήμα 2.16 παρουσιάζεται ο μηχανισμός της τριβής ολισθήσεως ανάμεσα σε δύο καθαρές επιφάνειες 1 και 2. Στο (Α), που δε χρησιμοποιείται υγρό

κοπής, στις θέσεις επαφής των δύο επιφανειών σχηματίζονται συγκολλητοί δεσμοί, λόγω πιέσεων, και η αντίσταση τριβής πρέπει να είναι μεγάλη, όση χρειάζεται για την επίτευξη της καταστροφής των συγκολλητών δεσμών. Στην περίπτωση (B) χρησιμοποιείται υγρό κοπής, το οποίο σχηματίζει μεταξύ των δυο επιφανειών λεπτό στρώμα, με αποτέλεσμα το μη σχηματισμό συγκολλητών δεσμών στην περίπτωση χαμηλών πιέσεων, γιατί δεν υπάρχει επαφή των δύο καθαρών επιφανειών. Εξαιτίας όμως των υψηλών πιέσεων (Γ), παρά το σχηματισμό του συνοριακού στρώματος ανάμεσα στις δυο επιφάνειες, παρατηρείται στις θέσεις επαφής των ανωμαλιών καθαρή μεταλλική επαφή, σε σαφώς περιορισμένη έκταση ως προς την περίπτωση της ξηρής τριβής.



Σχήμα 2.16: Μηχανισμός τριβής ολισθήσεως.

#### 2.4.1 Δράσεις του υγρού κοπής

Το υγρό κοπής μπορεί να ενεργήσει, όπως προαναφέρθηκε, είτε ως λιπαντικό είτε ως ψυκτικό.

♦ **Λιπαντική δράση.** Είναι έντονη στις χαμηλές ταχύτητες κοπής (μικρότερες των 30 m/min), ενώ σε υψηλές ταχύτητες κοπής εξασθενεί μέχρι να εξαφανισθεί. Αυτό οφείλεται στο μικρό χρόνο κατεργασίας που δεν είναι αρκετός για τη διείσδυση του υγρού κοπής. Καλή λιπαντική δράση σημαίνει:

- Αύξηση της γωνίας διάτμησης και κατά συνέπεια ελάττωση των δυνάμεων κοπής.
- Μείωση φθοράς του κοπτικού εργαλείου λόγω μείωσης των θερμοκρασιών.

- Καλύτερη τραχύτητα επιφανείας λόγω περιορισμού της ψευδόκοψης.
- ♦ **Ψυκτική δράση.** Είναι έντονη σε σχετικά υψηλές ταχύτητες κοπής, ενώ σε πολύ υψηλές ταχύτητες κοπής περιορίζεται η ψυκτική δράση τους. Το υγρό κοπής συντελεί στη μείωση του ορίου διαρροής σε διάτμηση του επιφανειακού στρώματος του τεμαχίου. Επίσης, επιτυγχάνεται η πτώση της θερμοκρασίας στο κοπτικό εργαλείο με αποτέλεσμα την αύξηση της ζωής του.

#### 2.4.2 Χαρακτηριστικά ενός υγρού κοπής

Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός υγρού κοπής είναι τα εξής:

- Μεγάλη ικανότητα απαγωγής θερμότητας.
- Καλές ιδιότητες αντιτριβής.
- Ευστάθεια κατά την αποθήκευση και χρησιμοποίησή τους.
- Να μην εμφανίζουν τάση για διάβρωση του κατεργαζόμενου τεμαχίου και της εργαλειομηχανής.
- Να μην έχουν δυσάρεστη οσμή, να μη βγάζουν αναθυμιάσεις και να μην αφήνουν στερεά κατάλοιπα.
- Να είναι διαυγή έτσι ώστε να είναι δυνατή η παρατήρηση της κατεργασίας.

#### 2.4.3 Είδη υγρών κοπής

Τα υγρά κοπής κατατάσσονται ως εξής:

**Λάδια κοπής.** Είναι υγρά κοπής χωρίς νερό. Τα λάδια κοπής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. **Τα απλά λάδια κοπής.** Είναι χημικώς μη ενεργά, όπως τα λιπαρά λάδια και τα ορυκτέλαια, και έχουν λιπαντική δράση. Το μειονέκτημά τους ότι δεν αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις.
2. **Τα λάδια με πρόσθετα υψηλής πίεσεως.** Περιέχουν ειδικά πρόσθετα υψηλής πίεσεως και άλλες ουσίες που προσδίδουν στο υγρό κοπής άλλες χαρακτηριστικές ιδιότητες. Είναι κατάλληλα για μεγάλες θερμοκρασίες και πιέσεις.



**Υδατικά υγρά κοπής.** Περιέχουν νερό και χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

1. **Τα γαλακτώματα.** Σχηματίζονται από νερό και μία ποσότητα διαλυτό λάδι (1– 10%). Έχουν ψυκτική δράση και μπορούν να δεχθούν υψηλές πιέσεις.
2. **Τα υδατικά διαλύματα.** Είναι διαλύματα ανοργάνων αλάτων σε νερό. Έχουν ψυκτική δράση και ικανότητα προστασίας του κατεργαζόμενου τεμαχίου και των μελών της εργαλειομηχανής που έρχονται σε επαφή με το υγρό από την οξείδωση.

#### 2.4.4 Επιλογή υγρού κοπής

Η επιλογή του υγρού κοπής στις κατεργασίες γίνεται με βάση τα παρακάτω:

- Το είδος κατεργασίας (τόρνευση, φρεζάρισμα, λείανση, κ.λπ.).
- Τις συνθήκες κατεργασίας.
- Το αν η κατεργασία είναι εκχόνδριση ή αποπεράτωση (φινίρισμα).
- Το υλικό του κοπτικού υλικού.
- Το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

#### 2.4.5 Μέτρα προστασίας

- Η παροχή του υγρού κοπής πρέπει να είναι σταθερή και όχι μικρότερη από 5l/min.
- Το υγρό κοπής πρέπει να καθαρίζεται από τα απόβλητα για τους παρακάτω λόγους:
  1. Μεγαλύτερη ζωή και προστασία του κοπτικού εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
  2. Αποφυγή ανάπτυξης βακτηριδίων.
  3. Περιορισμός κινδύνου δερματίτιδας στα χέρια του τεχνίτη. Γι' αυτό το λόγο ο τεχνίτης πρέπει να πλένει συνέχεια τα χέρια του.

Οι τρόποι καθαρισμού του υγρού κοπής είναι οι εξής:

1. Με φίλτρο ταινίας.
2. Με μαγνητικό διαχωρισμό.
3. Με φυγοκεντρικό διαχωρισμό.

4. Με υδροκυκλώνα (για μεγάλες πιέσεις).
- Το νερό που χρησιμοποιείται στο υγρό κοπής δεν πρέπει να είναι σκληρό.
  - Τα υγρά κοπής να αποθηκεύονται σε εσωτερικό χώρο και σε θερμοκρασία δωματίου (20C).

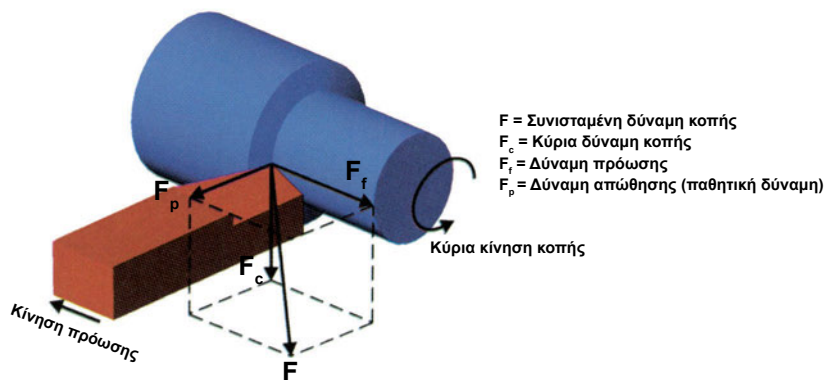
## 2.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΟΠΗΣ

Ο χρήστης της εργαλειομηχανής ενδιαφέρεται να κατέχει στοιχεία σχετικά με τις αναμενόμενες δυνάμεις κοπής για λόγους αποδοτικής εκμετάλλευσης της εργαλειομηχανής. Έτσι, καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός της ισχύος κοπής που επηρεάζει τη σωστή επιλογή του μεγέθους της εργαλειομηχανής, ο υπολογισμός παραμορφώσεων του κοπτικού εργαλείου, που εισάγουν σφάλματα διαστάσεων και μορφής στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, όπως επίσης και η μελέτη της δυναμικής ευστάθειας του συστήματος εργαλειομηχανή-κοπτικό-τεμάχιο.

Για τον προσδιορισμό των δυνάμεων κοπής χρησιμοποιούνται αναλυτικές-προσεγγιστικές σχέσεις, οι σταθερές των οποίων προσδιορίζονται πειραματικά για κάθε συνδυασμό κοπτικού εργαλείου-κατεργασμένου υλικού-συνθηκών κοπής. Με τη βοήθεια αυτών των σχέσεων υπολογίζονται οι δυνάμεις κοπής ως συνάρτηση της διατομής του απαραμόρφωτου αποβλίπτου (πάχος-πλάτος), των επιλεγμένων συνθηκών κατεργασίας, της φθοράς των εργαλείων κ.λπ.

### 2.5.1 Προσδιορισμός των συνιστωσών δυνάμεων κοπής

Σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων (XYZ), η δύναμη κοπής αναλύεται σε τρεις συνιστώσες κατά μήκος των τριών αξόνων (σχήμα 2.17).



Σχήμα 2.17: Δύναμη κοπής και οι συνιστώσες της στην τórνευση.

Στην καθημερινή εργαστηριακή και βιομηχανική πράξη καθιερώνεται η σχέση των Kienzle και Victor για τον υπολογισμό της κύριας συνιστώσας δύναμης κοπής  $F_c$ . Η σχέση αυτή έχει ως βάση τη λεγόμενη **ειδική αντίσταση κοπής**  $K_c$ :

$$F_c = K_c \cdot A \quad [\text{kp}] \quad (2.4)$$

Όπου:  $A$  είναι η διατομή του αποβλίττου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$A = b \cdot h_1 \quad [\text{mm}^2] \quad (2.5)$$

$b$  και  $h_1$  είναι το πλάτος και το θεωρητικό πάχος του αποβλίττου αντίστοιχα.

Η ειδική αντίσταση κοπής  $K_c$  σε συνάρτηση με το θεωρητικό πάχος αποβλίττου  $h_1$  δίνεται από τη σχέση:

$$K_c = k_{c1.1} \cdot h_1^{-m_c} \quad (2.6)$$

Με βάση τις σχέσεις (2.5) και (2.6), η σχέση (2.4) γίνεται:

$$F_c = k_{c1.1} \cdot h_1^{-m_c} \cdot b \cdot h_1 = k_{c1.1} \cdot h_1^{1-m_c} \cdot b \quad (2.7)$$

Στην παραπάνω σχέση, η σταθερά  $K_{c1.1}$  θεωρείται ως μέτρο για το απόλυτο ύψος των ανηγμένων δυνάμεων στη διατομή του αποβλίττου, ενώ ο εκθέτης  $1 - m_c$  ως μέτρο για την εξάρτηση των ανηγμένων δυνάμεων από το πάχος του αποβλίττου. Στον πίνακα 2.5 αναφέρονται πειραματικές τιμές των σταθερών  $K_{c1.1}$  και  $1 - m_c$  για μία σειρά υλικών κατεργαζόμενων κομματιών.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά της δύναμης κοπής φαίνονται στον πίνακα 2.6.

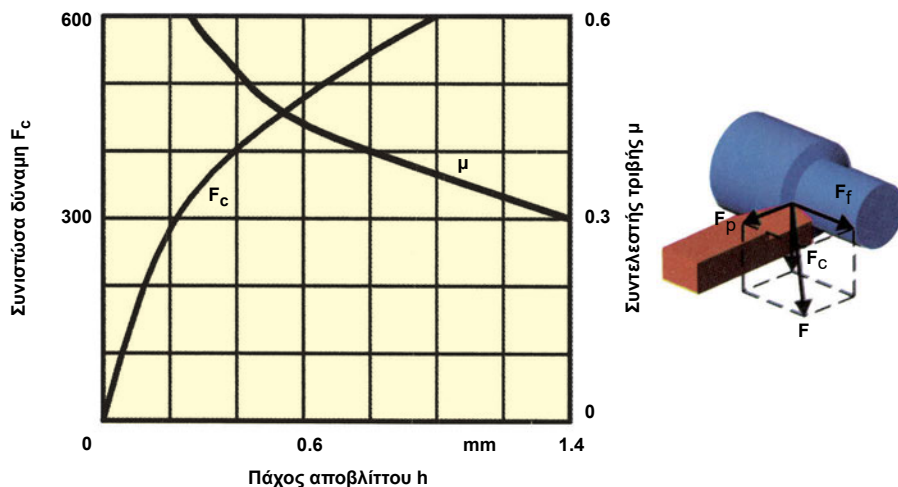
Στα σχήματα 2.18-2.20 φαίνεται η επίδραση των διαφόρων παραγόντων στην κύρια συνιστώσα δύναμης κοπής  $F_c$  και στον συντελεστή τριβής  $\mu$ .

**Πίνακας 2.5: Τιμές των σταθερών  $K_{c1.1}$  και  $1 - m_c$  για διάφορα υλικά.**

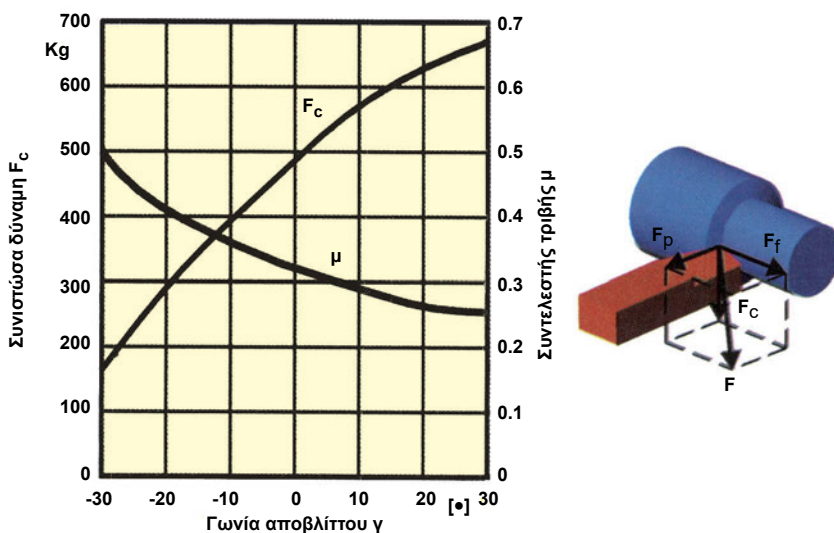
|                            | Υλικό κομματιού | $1-m_c$ | $K_{c1.1}$<br>[Kp/mm <sup>2</sup> ] |                       | Υλικό κομματιού           | $1-m_c$      | $K_{c1.1}$<br>[Kp/mm <sup>2</sup> ] |
|----------------------------|-----------------|---------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------------|
| <b>Ανθρακούχοι χάλυβες</b> | St50            | 0.74    | 199                                 | <b>Χυτοσίδηροι</b>    | Φαιός<br>Μαλακτοποιημένος | 0.74<br>0.74 | 116<br>127                          |
|                            | St60            | 0.83    | 211                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | St70            | 0.70    | 226                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | Ck45            | 0.86    | 222                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | Ck60            | 0.82    | 213                                 |                       |                           |              |                                     |
| <b>Χαλυβοκράματα</b>       | 60MnCr5         | 0.74    | 210                                 | <b>Κράματα χαλκού</b> | Κρατέρωμα<br>Ορείχαλκος   | 0.83<br>0.82 | 178<br>78                           |
|                            | 18CrNi5         | 0.70    | 226                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | 42CrMo4         | 0.74    | 250                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | 34CrMo4         | 0.79    | 224                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | 50CrV4          | 0.74    | 222                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | 55NiCrMoV6G     | 0.76    | 174                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | 55NiCrMoV6V     | 0.76    | 192                                 |                       |                           |              |                                     |
|                            | ECMo80          | 0.83    | 229                                 |                       |                           |              |                                     |

**Πίνακας 2.6: Παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά της δύναμης κοπής.**

|                                      |                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Σταθερή διατομή αποβλίττου</li> <li>• Μεταβαλλόμενη διατομή αποβλίττου</li> </ul>                                                |
| <b>ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΠΗΣ</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Πρόωση</li> <li>• Βάθος κοπής</li> <li>• Γεωμετρία κοπτικής σφήνας</li> <li>• Ταχύτητα κοπής</li> <li>• Λίπανση, ψύξη</li> </ul> |
| <b>ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χημική σύσταση</li> <li>• Θερμική κατεργασία</li> </ul>                                                                          |
| <b>ΚΟΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Υλικό</li> <li>• Φθορά</li> <li>• Καθοδηγητική βαθμίδα ροής αποβλίττου</li> </ul>                                                |

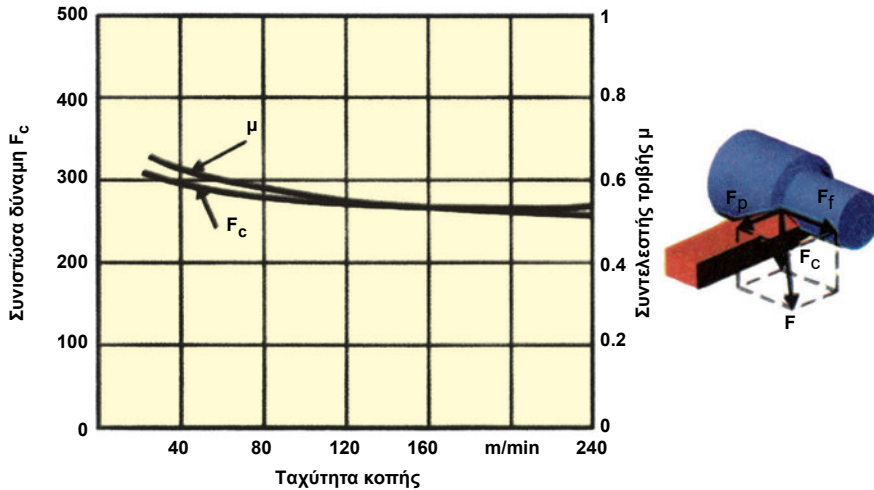


Σχήμα 2.18: Επίδραση του θεωρητικού πάχους αποβλίπτου.



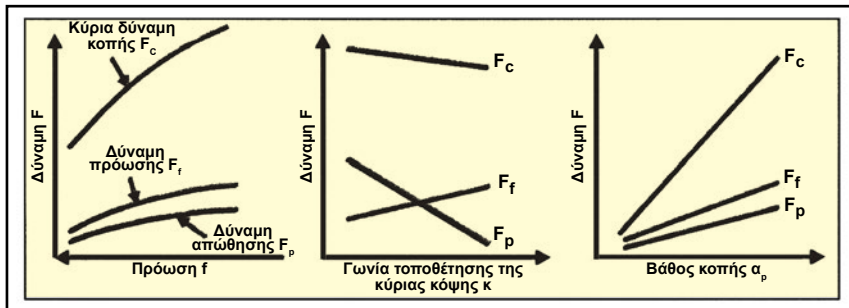
Σχήμα 2.19: Επίδραση της γωνίας αποβλίπτου.

Από το σχήμα 2.19 παρατηρείται ότι, όταν μεγαλώνει η γωνία αποβλίπτου, η κύρια συνιστώσα δύναμη κοπής μικραίνει, ενώ ο συντελεστής τριβής μεγαλώνει. Στο σχήμα 2.20 παρατηρείται η μείωση της κύριας συνιστώσας δύναμης κοπής και του συντελεστή τριβής με την αύξηση της ταχύτητας κοπής.



Σχήμα 2.20: Επίδραση της ταχύτητας κοπής.

Στο σχήμα 2.21 φαίνεται ότι, όταν μεγαλώνει η πρόωση ή το βάθος κοπής, μεγαλώνει και η κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής. Το αντίθετο συμβαίνει στη περίπτωση της γωνίας τοποθέτησης της κύριας κόψης  $\kappa$ .



Σχήμα 2.21: Εξάρτηση των συνιστωσών της δύναμης κοπής από την πρόωση, τη γωνία τοποθέτησης και το βάθος κοπής.

### 2.5.2 Προσδιορισμός της ισχύος κοπής

Η ισχύς κοπής υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$N_k = \frac{F_c \cdot u}{4500} \quad [\text{PS}] \quad \text{ή} \quad N_k = \frac{F_c \cdot u}{6120} \quad [\text{Kw}] \quad (2.8)$$

Όπου,  $F_c$  είναι η κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής σε [KP] και  $u$  είναι η ταχύτητα κοπής σε [m/min].

Στον πίνακα 2.7 φαίνεται η προτυποποιημένη ισχύς των ηλεκτροκινητήρων των εργαλειομηχανών.

**Πίνακας 2.7: Προτυποποιημένη ισχύς ηλεκτροκινητήρων εργαλειομηχανών.**

|           |     |   |     |     |    |    |    |    |    |     |     |
|-----------|-----|---|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| <b>KW</b> | 1.5 | 3 | 4   | 7.5 | 15 | 25 | 40 | 50 | 75 | 100 | 150 |
| <b>PS</b> | 2   | – | 5.5 | 10  | 20 | 30 | –  | 60 | –  | 125 | 180 |

### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.1

Πρόκειται να κατεργασθεί με ορθογωνική κοπή ένας άξονας από ανθρακούχο χάλυβα Ck60 με εργαλείο από ταχυχάλυβα, με ταχύτητα κοπής 30 m/min. Η κοπή θα γίνει σε θεωρητικό πάχος αποβλίπτου  $h_1 = 0.3$  mm και το πλάτος  $b = 4$  mm. Να υπολογισθούν η κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής και η ισχύς κοπής.

### Λύση

Από τον πίνακα 2.5 για ανθρακούχο χάλυβα Ck60, οι τιμές των σταθερών  $K_{c1-1}$  και  $1 - m_c$  είναι 213 [kp/mm<sup>2</sup>] και 0.82 αντίστοιχα.

Από τη σχέση (2.6), αντικαθιστώντας τις τιμές των παραπάνω σταθερών προκύπτει

$$K_c = 213 \cdot (0.3)^{-0.18} = 264,54 \text{ [kp/mm}^2\text{]}$$

Η κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής υπολογίζεται από τη σχέση (2.4)

$$F_c = K_c \cdot A = 264,54 \cdot 0,3 \cdot 4 = 317,45 \text{ [kp]}$$

Η ισχύς κοπής υπολογίζεται από τη σχέση (2.8):

$$N_k = \frac{317,45 \cdot 30}{4500} = 2,116 \text{ [PS]}$$

Η πλησιέστερη προτυποποιημένη τιμή σύμφωνα με τον πίνακα 2.7 είναι 2 PS ή 1.5 kw.

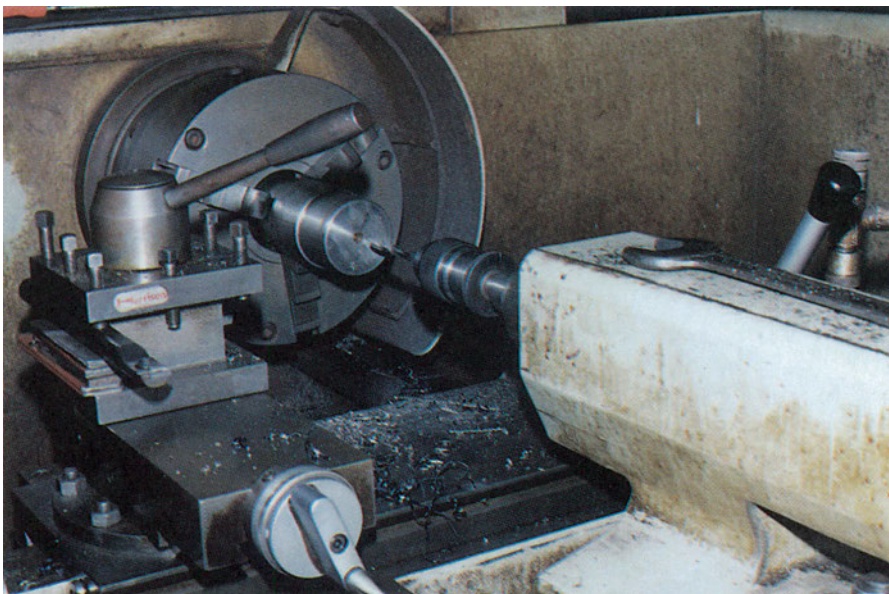


## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι γωνίες κοπής και πώς μεταβάλλονται ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου υλικού;
2. Ποια είναι τα είδη αποβλήτων και σε ποιες συνθήκες κοπής δημιουργείται το καθένα από αυτά; Ποιο είναι το πιο επιθυμητό απόβλητο και γιατί;
3. Τι είναι ψευδόκοψη; Ποιοι είναι οι κυριότεροι παράγοντες δημιουργίας που επηρεάζουν την ψευδόκοψη;
4. Ποιες είναι οι φάσεις δημιουργίας της ψευδόκοψης;
5. Πώς αποφεύγεται η ψευδόκοψη;
6. Τι είναι γωνία διατμήσεως, πού σχηματίζεται, από τι εξαρτάται, πώς επηρεάζει τη ζωή του κοπτικού εργαλείου;
7. Ποια είναι η κατανομή θερμοκρασίας στο τεμάχιο, απόβλητο και εργαλείο κατά την κοπή;
8. Ποιες είναι οι ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά κοπτικών εργαλείων;
9. Ποια είναι τα υλικά κατασκευής κοπτικών εργαλείων; Ποια είναι η επίδραση των υλικών στην ταχύτητα κοπής;
10. Ποιες είναι οι προσθήκες στους χάλυβες και ποιες είναι οι επιδράσεις τους;
11. Ποιες είναι οι ομάδες τυποποίησης των σκληρομετάλλων; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της κάθε ομάδας;
12. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των κεραμικών κοπτικών εργαλείων και ποια είναι τα μειονεκτήματά τους;
13. Ποιες είναι οι γωνίες κοπής κατά την κοπή με διαμαντένιο κοπτικό εργαλείο;
14. Ποιες είναι οι κυριότερες λειαντικές σκόνες;
15. Από τι επηρεάζεται η φθορά του κοπτικού εργαλείου;
16. Ποιες είναι οι μορφές φθοράς του κοπτικού εργαλείου;
17. Ποιοι είναι οι μηχανισμοί βάσει των οποίων εξελίσσεται η φθορά του κοπτικού εργαλείου;



18. Ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου;
19. Τι επιτυγχάνεται στις κατεργασίες με τη χρησιμοποίηση του υγρού κοπής;
20. Ποιες είναι οι δράσεις του υγρού κοπής;
21. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός υγρού κοπής;
22. Ποια είναι τα είδη υγρών κοπής και ποιες είναι οι κατηγορίες κάθε είδους;
23. Πώς επιλέγεται το υγρό κοπής;
24. Ποια είναι η σχέση της κύριας συνιστώσας της δύναμης κοπής σε σχέση με την ειδική αντίσταση κοπής;
25. Ποιοι είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά της δύναμης κοπής;
26. Ποια είναι η επίδραση του πάχους αποβλίττου και της γωνίας αποβλίττου στη δύναμη κοπής;
27. Ποια είναι η επίδραση της ταχύτητας κοπής στη δύναμη κοπής;
28. Ποια είναι η επίδραση της προώσεως και του βάθους κοπής στη δύναμη κοπής;
29. Από τι σχέση υπολογίζεται η ισχύς κοπής;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 3

### ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ - ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

3.1 Τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών

3.2 Συσκευές προσδέσεως





### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών, τα στοιχεία μετάδοσης κίνησης και τις συσκευές προσδέσεως των κοπτικών εργαλείων και των προς κατεργασία κομματιών.
- ✓ Να εκτελεί ασκήσεις στους απαραίτητους χειρισμούς και ρυθμίσεις των εργαλειομηχανών στις κατεργασίες κοπής.

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

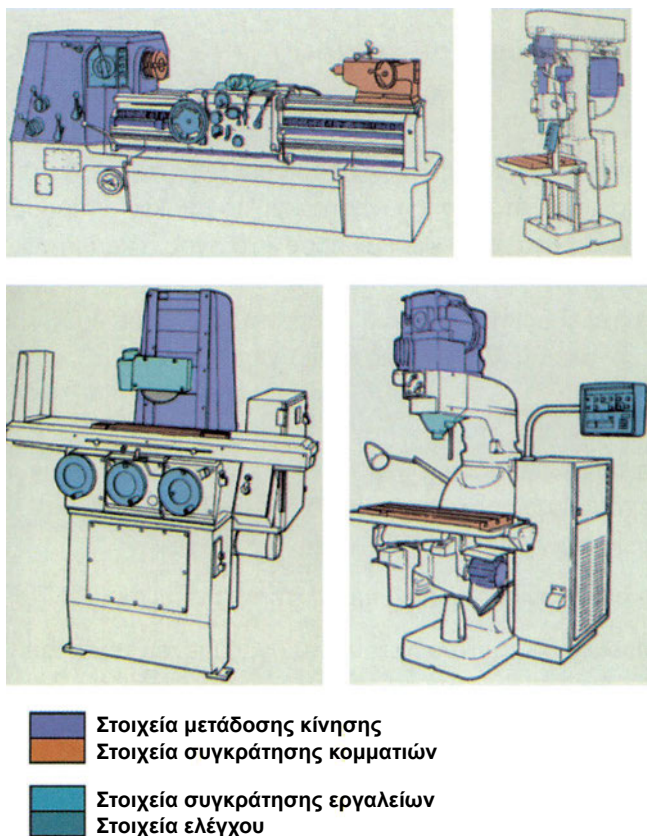
Οι βασικοί μηχανισμοί σε μια εργαλειομηχανή είναι οι εξής:

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

### 3.1 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών είναι τα ακόλουθα (σχήμα 3.1):

- **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 κίνησης σε παλινδρομική.
- **Συσκευές συγκράτησεως κομματιών.** Για περιστρεφόμενα κομμάτια (π.χ. κατεργασία στον τόρνο), είναι τα τσοκ, πλατώ, κ.ά. Για σταθερά ή μετακινούμενα κομμάτια είναι οι μέγγενες, οι μηχανισμοί συγκράτησεως, τα μαγνητικά τσοκ, (π.χ. κατεργασία στη φρέζα) κ.ά.



**Σχήμα 3.1:** Μέρη διαφόρων εργαλειομηχανών κοπής.

- **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.ά.
- **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 με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC).

### 3.1.1 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:

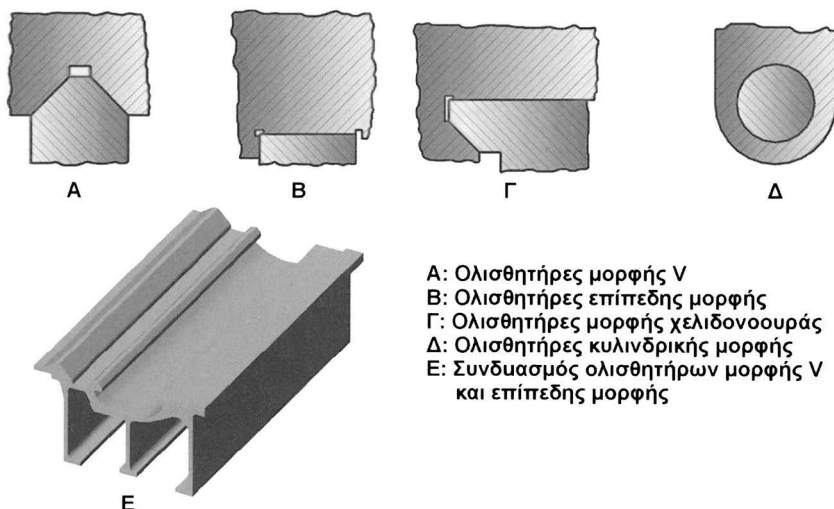
- Ο φαιός χυτοσίδηρος. Έχει χαμηλό κόστος, καλή κατεργαστικότητα, ικανοποιητικό μέτρο απόσβεσης. Είναι κατάλληλος για εργαλειομηχανές μέσου βάρους.
- Ο χυτοχάλυβας. Προτιμάται σε βαριές εργαλειομηχανές. Το πλεονέκτημά του είναι η καλή ταλαντωτική συμπεριφορά.
- Διάφορα είδη χαλύβων. Το σώμα είναι μια 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 η 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 3.2):

- ολισθητήρες μορφής V,
- ολισθητήρες επίπεδης μορφής,
- ολισθητήρες μορφής χελιδονοουράς,

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

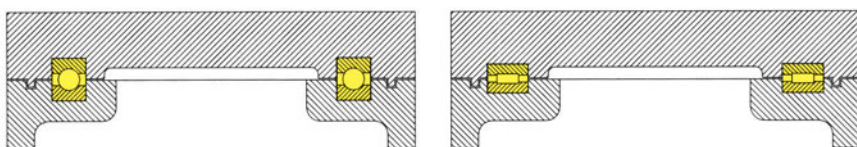


Σχήμα 3.2: Είδη ολισθητήρων.

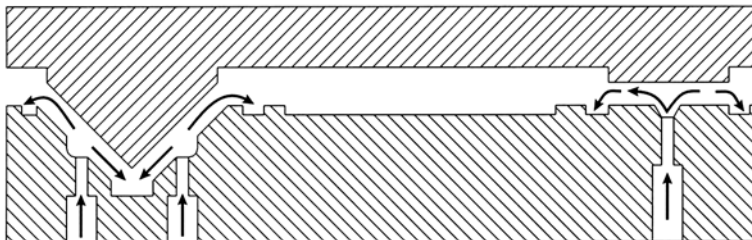
Οι ολισθητήρες κατασκευάζονται από τα ακόλουθα υλικά:

- ♦ **Φαιό χυτοσίδηρο.** Είναι ενσωματωμένοι στο χυτοσίδηρο 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 3.3). Επίσης, υπάρχουν ολισθητήρες με **υδροστατική λίπανση** (σχήμα 3.4), 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 3.3: Ολισθητήρες αντιτριβής.

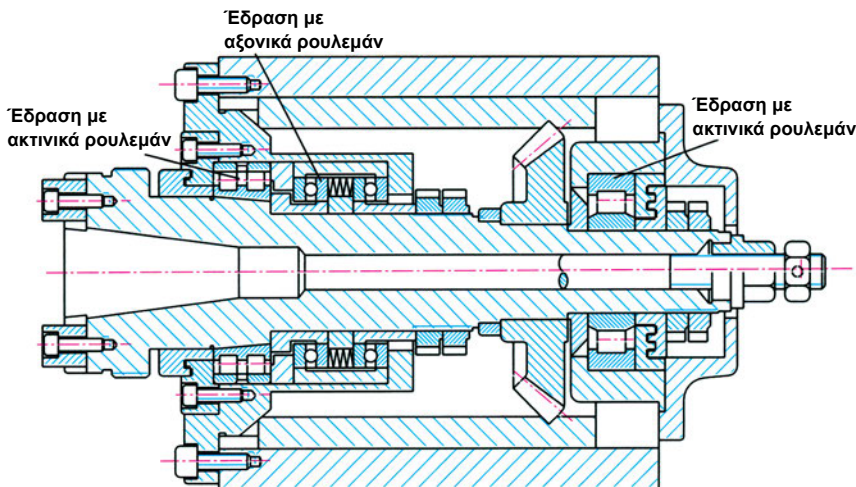


**Σχήμα 3.4:** Ολισθητήρες με υδροστατική λίπανση.

**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 πολυαξονικής 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 3.5:** 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 3.5 παρίσταται η έδραση μιας φρεζοκεφαλής, όπου φαίνεται στην κεφαλή της ατράκτου μια κωνικότητα για την πρόσδεση του κοπτικού εργαλείου.

### 3.1.2 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- ιμάντας, 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 προώσης.

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.

#### 3.1.2.1 Μετάδοση περιστροφικής κίνησης στις εργαλειομηχανές

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

$$u = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{ή} \quad n = \frac{1000 \cdot u}{\pi \cdot d} \quad (3.1)$$

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 [στροφ/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  $\alpha$ .

$$n_1, n_2 = n_1 + \alpha, n_3 = n_2 + \alpha = n_1 + 2\alpha, \dots, n_n = n_1 + (n-1)\alpha \quad (3.2)$$

Όπου:  $n_1$  είναι η ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα και

$n_n$  είναι η μέγιστη.

Σύμφωνα με τη σχέση (3.2):

$$\alpha = \frac{n_n - n_1}{n - 1} \quad (3.3)$$

2. Οι διαδοχικές περιστροφικές ταχύτητες ακολουθούν **γεωμετρική πρόοδο**: Κάθε περιστροφική ταχύτητα ισούται με την προηγούμενη πολλαπλασιάζομενη επί τον λόγο της προόδου  $\Phi$ .

$$n_1, n_2 = n_1 \cdot \Phi, n_3 = n_2 \cdot \Phi = n_1 \cdot \Phi^2, \dots, n_n = n_1 \cdot \Phi^{(n-1)} \quad (3.4)$$

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

$$\Phi = \sqrt[n-1]{\frac{n_n}{n_1}} \quad (3.5)$$

### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.1

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

α) οι ταχύτητες σχηματίζουν αριθμητική πρόοδο.

β) οι ταχύτητες σχηματίζουν γεωμετρική πρόοδο.

**Λύση**

α) Η σταθερά  $\alpha$  της αριθμητικής προόδου υπολογίζεται από τη σχέση (3.3):

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

Οι ενδιάμεσες ταχύτητες υπολογίζονται από τη σχέση (3.2):

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

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

β) Ο λόγος της γεωμετρικής προόδου υπολογίζεται από τη σχέση (3.5):

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

Οι ενδιάμεσες ταχύτητες υπολογίζονται από τη σχέση (3.4):

$$n_1 = 100, n_2 = n_1 \cdot \Phi = 129.15, n_3 = n_2 \cdot \Phi = n_1 \cdot \Phi^2 = 166.81, \dots\dots\dots,$$

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

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

|                       |     |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-----------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Αριθμητική<br>Πρόοδος | 100 | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   | 1000 |
| Γεωμετρική<br>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 3.1 παρίστανται μερικές τυποποιημένες τιμές του γεωμετρικού λόγου, της ταχύτητας περιστροφής και της ταχύτητας προώσεως.

**Πίνακας 3.1: Τυποποιημένες τιμές του γεωμετρικού λόγου  $\Phi$ , της περιστροφικής ταχύτητας και της ταχύτητας προώσεως, κατά DIN 803,804.**

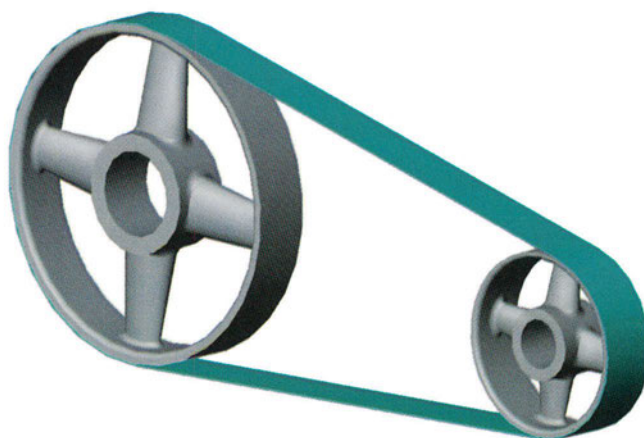
| Λόγος $\Phi$                            | 1.12               | 1.25         | 1.4        | 1.6        | 2          |            |            |             |            |            |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|--------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

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

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

#### **A. Ιμαντοκίνηση**

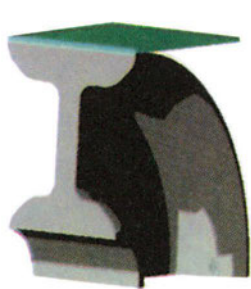
Η ιμαντοκίνηση είναι μία μέθοδος μετάδοσης κίνησης από τον ηλεκτροκινητήρα στο κιβώτιο ταχυτήτων, μέσω ιμάντα. Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η ιμαντοκίνηση είναι οι άτρακτοι, οι τροχαλίες και ο ιμάντας. Στο σχήμα 3.6 παρίσταται μια διάταξη ιμαντοκίνησης.



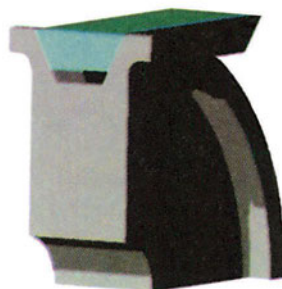
**Σχήμα 3.6: Διάταξη ιμαντοκίνησης.**

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 ιμάντες που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές κοπής είναι επίπεδοι ή τραπεζοειδείς (σχήμα 3.7).



**Επίπεδος ιμάντας**



**Τραπεζοειδής ιμάντας**

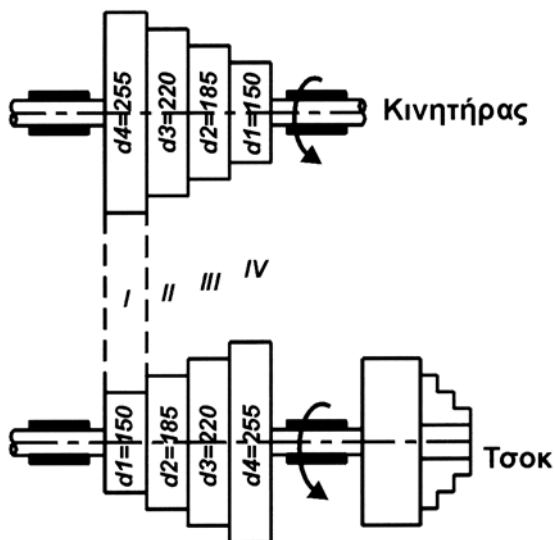
**Σχήμα 3.7:** Επίπεδος και τραπεζοειδής ιμάντας.

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:

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

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

Η κλιμακωτή ιμαντοκίνηση επιτυγχάνεται είτε με κινητήρα τροχαλία σταθερής διαμέτρου και κινούμενη τροχαλία βαθμιδωτή, είτε με βαθμιδωτές και τις δυο τροχαλίες (σχήμα 3.8).



Σχήμα 3.8: Ιμαντοκίνηση με βαθμιδωτές κινητήρια και κινούμενη τροχαλία.

## Β. Μετάδοση με οδοντωτούς τροχούς

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

$$i = \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{d_I}{d_{II}} = \frac{Z_I}{Z_{II}} \quad (3.7)$$

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:

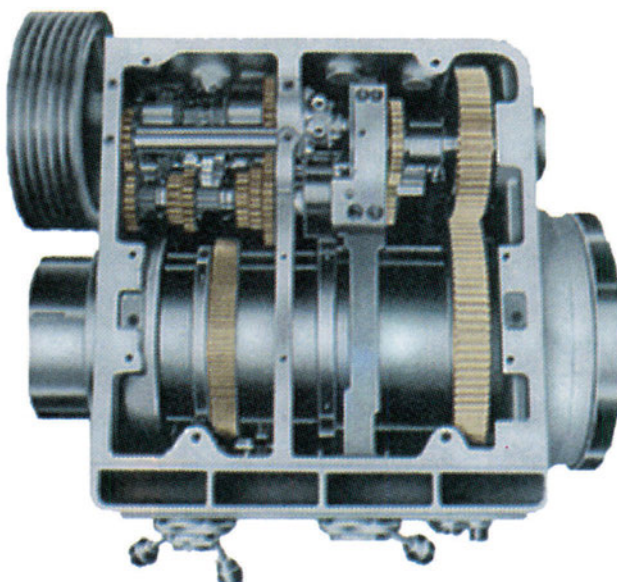
- ♦ Μετάδοση της κίνησης σε ατράκτους παράλληλες, κάθετες ή διασταυρούμενες.
- ♦ Αλλαγή φοράς της περιστροφικής κίνησης.
- ♦ Μετατροπή περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη.
- ♦ Μεταφορά μεγάλης ισχύος.

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 άτρακτος 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 3.9 φαίνεται ένα κιβώτιο ταχυτήτων με τη διάταξη των οδοντοτροχών.



**Σχήμα 3.9:** Κιβώτιο ταχυτήτων.

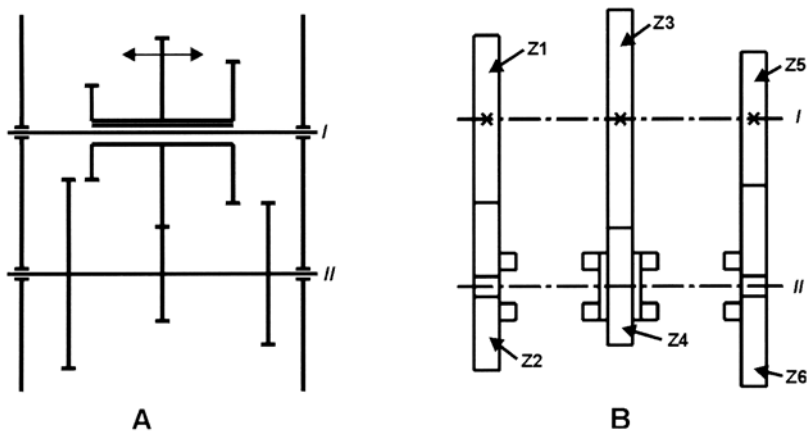
Ανάλογα με τον τρόπο αλλαγής των περιστροφικών ταχυτήτων, τα κιβώτια ταχυτήτων χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

#### **Κιβώτια ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς (σχήμα 3.10Α)**

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

#### **Κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτες (σχήμα 3.10Β)**

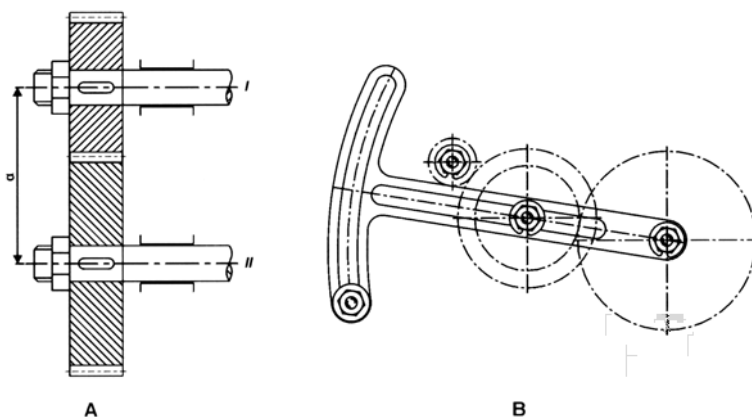
Τα κιβώτια αυτά είναι όμοια με τα κιβώτια με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς, με τη διαφορά ότι οι ολισθαίνοντες οδοντοτροχοί συνδέονται με τον άξονά τους μέσω συμπλέκτη τριβής. Στα κιβώτια ταχυτήτων με συμπλέκτη δίδεται η δυνατότητα εμπλοκής και κατά τη διάρκεια της κίνησης.



**Σχήμα 3.10:** Κιβώτιο ταχυτήτων με ολισθαίνοντες οδοντοτροχούς (Α), με συμπλέκτη (Β).

#### Κιβώτια ταχυτήτων με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς (σχήμα 3.11 Α)

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



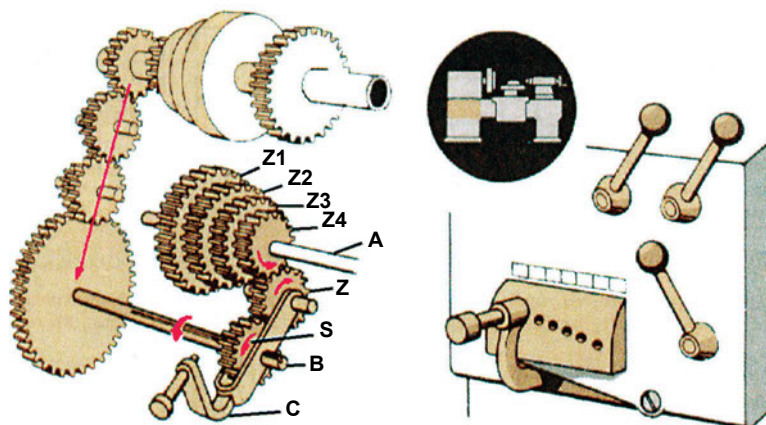
**Σχήμα 3.11:** Μετάδοση κίνησης με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς (Α), με ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς και με ενδιάμεσο άξονα (Β).

Για να επιτευχθεί μεγαλύτερη περιστροφική ταχύτητα χρησιμοποιείται ένας ρυθμιζόμενος ενδιάμεσος άξονας τύπου κιθάρας, όπως φαίνεται στη διάταξη του σχήματος 3.11Β.



### 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 τόρνοι διαθέτουν κιβώτιο προώσεων τύπου Νόρτον (Norton) (σχήμα 3.12).



Σχήμα 3.12: 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:

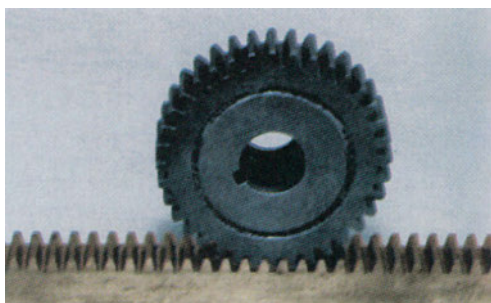
- ♦ **Μηχανική.** Η μετάδοση κίνησης επιτυγχάνεται με τριβή. Η μηχανική συνεχής μετάδοση περιστροφικής ταχύτητας χρησιμοποιείται περισσότερο σε εργαλειομηχανές μικρής ισχύος.

- ♦ **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.

### 3.1.2.2 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:

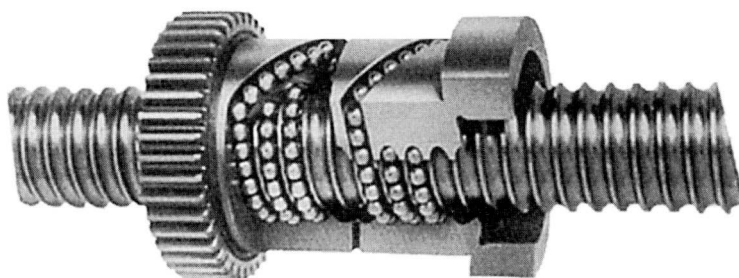
- ♦ **Ζεύγους ατέρμονα κοχλία – οδοντωτού κανόνα.** Το ζεύγος αυτό έχει μικρότερη και πιο ομαλή μετατόπιση του οδοντωτού κανόνα, σε μια περιστροφή του ατέρμονα, από το ζεύγος οδοντωτού τροχού – οδοντωτού κανόνα. Το μειονέκτημά του είναι το υψηλό κόστος κατασκευής.
- ♦ **Ζεύγους ατέρμονα κοχλία – οδοντωτού κανόνα (σχήμα 3.13B).** 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.



A

**Σχήμα 3.13:** A: Ζεύγος οδοντωτού τροχού – οδοντωτού κανόνα.

- ♦ **Ζεύγους κοχλία – περικοχλίου** (σχήμα 3.14). 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 ακρίβειας, όπως στα εργαλειοφορεία των τόνων ψηφιακής καθοδήγησης και στη μετακίνηση τραπέζων στις φρέζες. Το πλεονέκτημά του είναι οι χαμηλές σχέσεις μεταφοράς που σημαίνει χαμηλές ταχύτητες προώσεως.



**Σχήμα 3.14:** Μετακίνηση τραπέζων εργαλειομηχανών με χρήση ζεύγους κοχλία – περικοχλίου με ανακυκλωμένες σφαίρες.

### 3.1.3 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 3.2 αναφέρονται τα προτυποποιημένα χαρακτηριστικά των ηλεκτροκινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος.

**Πίνακας 3.2: Προτυποποιημένες περιστροφικές ταχύτητες και ισχύς τριφασικού ασύγχρονου ηλεκτροκινητήρα.**

|                                            |                       |     |    |     |    |    |     |     |    |     |     |
|--------------------------------------------|-----------------------|-----|----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|
| Ονομαστική περιστροφική ταχύτητα [στρ/min] | 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.

### 3.1.4 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 ακρίβειας. 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.**

### 3.1.4.1 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:

$$V = \frac{Q}{F} \quad [\text{cm/min}] \quad (3.8)$$

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

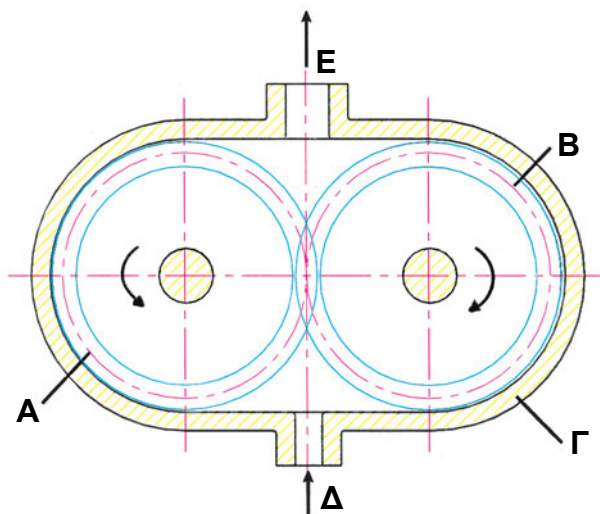
$F$  είναι η επιφάνεια του εμβόλου  $[\text{cm}^2]$

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  $100 \text{ kr/cm}^2$ . Η αρχή λειτουργίας της οδοντωτής αντλίας φαίνεται στο σχήμα 3.15.



**Σχήμα 3.15:** Οδοντωτή αντλία.

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 εισέρ-

χεται στο θάλαμο μέσω του κυλίνδρου εισαγωγής Δ, συμπιέζεται και εξέρχεται από το θάλαμο μέσω του κυλίνδρου εξαγωγής Ε.

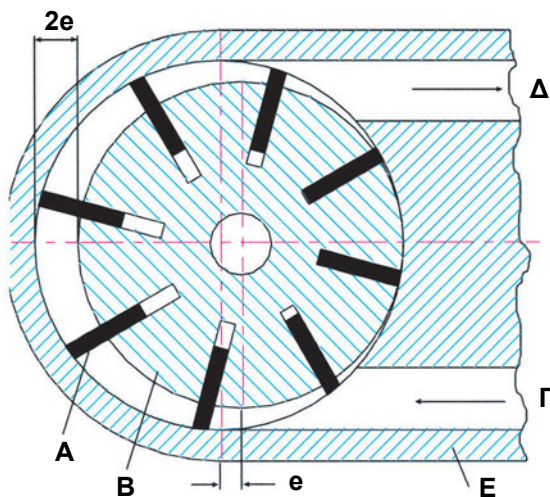
Για μια σταθερή περιστροφική ταχύτητα, η παροχή της οδοντωτής αντλίας είναι σταθερή. Οι οδοντωτές αντλίες χρησιμοποιούνται ευρέως, γιατί είναι απλές στην κατασκευή και έχουν χαμηλό κόστος.

## 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 3.16. 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  $70 \text{ kp/cm}^2$ .

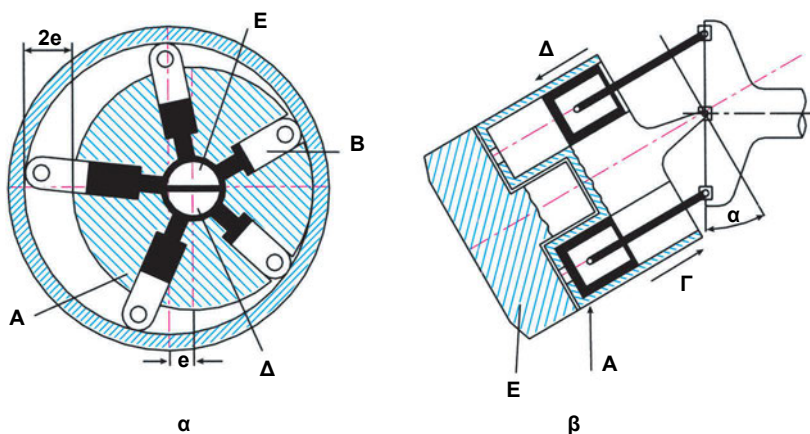


Σχήμα 3.16: Πτερυγιοφόρος αντλία.

### 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 3.17α) και σε αξονικές (σχήμα 3.17β).

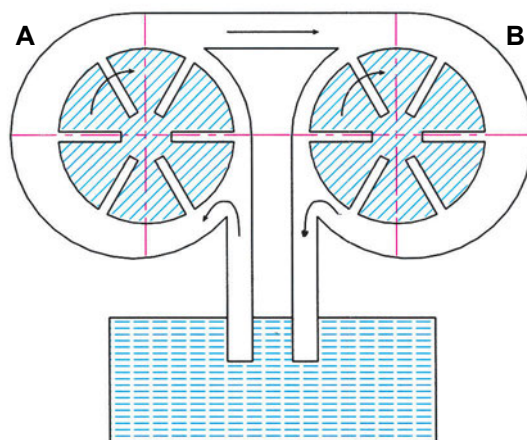


**Σχήμα 3.17:** Περιστροφική εμβολοφόρος αντλία α: ακτινική, β: αξονική.

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  $\alpha$ . Η πίεση κατάθλιψης των αντλιών αυτών ανέρχεται έως  $150 \text{ kp/cm}^2$ .

### 3.1.4.2 Υδραυλικοί κινητήρες

Οι αντλίες, που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, λειτουργούν και ως υδραυλικοί κινητήρες. Ένα υδραυλικό ζεύγος αντλία – κινητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 3.18.



**Σχήμα 3.18:** Υδραυλικό ζεύγος αντλία – κινητήρα.



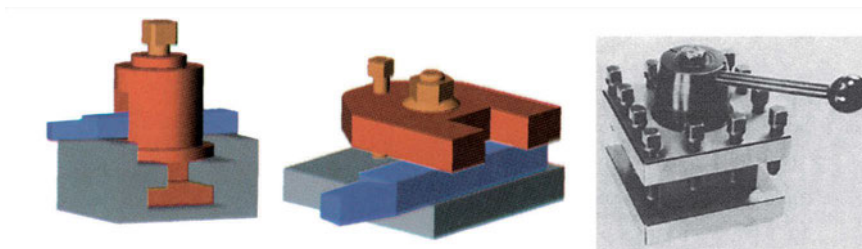
Το υδραυλικό ζεύγος του σχήματος αποτελείται από μία αντλία Α και ένα ιδίας κατασκευής υδραυλικό κινητήρα Β. Η αντλία περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα και αναρροφά το υδραυλικό υγρό. Το πιεζόμενο από την αντλία υδραυλικό υγρό αναρροφάται από τον υδραυλικό κινητήρα, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με την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

### 3.2 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.

#### 3.2.1 Τυπικές συσκευές προσδέσεως κοπτικών εργαλείων

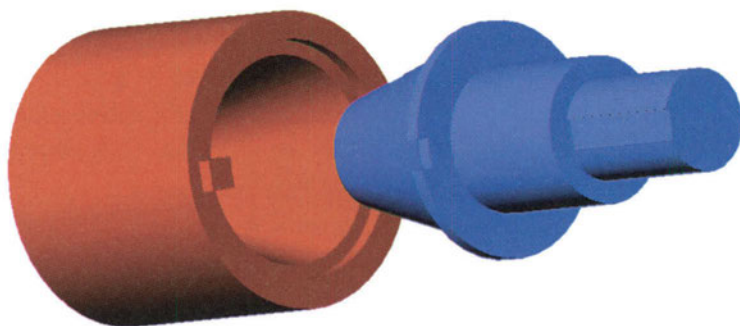
Τα σταθερά κοπτικά εργαλεία (εργαλεία τόννευσης) συγκρατούνται με τη βοήθεια **εργαλειοδετών** (σχήμα 3.19).



**Σχήμα 3.19:** 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 3.20).



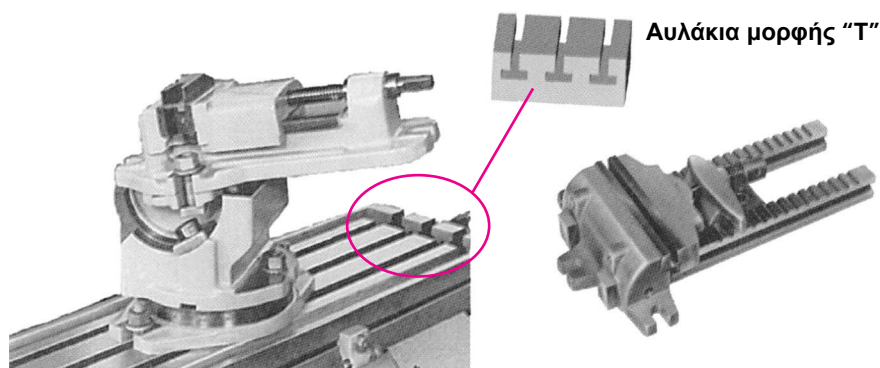


**Σχήμα 3.20:** Συσσκευή προσδέσεως κοπτικού εργαλείου φρέζας.

### 3.2.2 Τυπικές συσκευές προσδέσεως κομματιών

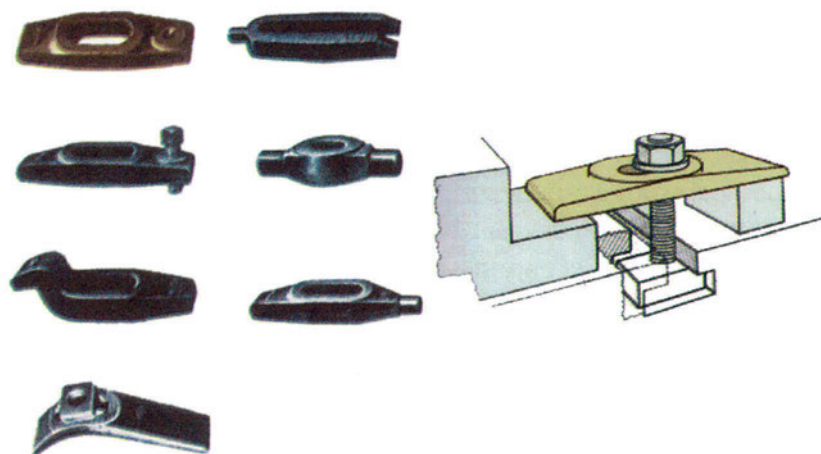
Οι τυπικές συσκευές προσδέσεως σταθερών ή μετακινούμενων κομματιών είναι οι εξής:

**Μέγγενες εργαλειομηχανών** (σχήμα 3.21). Οι μέγγενες χρησιμοποιούνται για συγκράτηση τεμαχίων που πρόκειται να κατεργασθούν στη φρέζα ή στο δράπανο. Η τράπεζα της εργαλειομηχανής πρέπει να διαθέτει αυλάκια μορφής “Τ”, για τη σύνδεση της μέγγενης μέσω κοχλίας κεφαλής ίδιας μορφής.



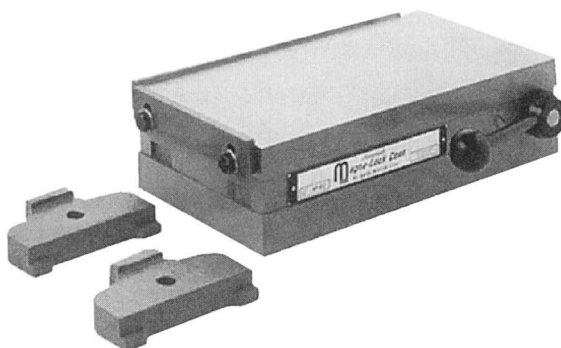
**Σχήμα 3.21:** Μέγγενες εργαλειομηχανών.

**Στοιχεία για την κατευθείαν πρόσδεση κομματιών στην τράπεζα.** Στην τράπεζα υπάρχουν αυλάκια μορφής “Τ”, με καθορισμένο μέγεθος και αποστάσεις, στα οποία τοποθετούνται τα κατάλληλα μέσα συγκράτησης. Στο σχήμα 3.22 φαίνονται διάφορα μέσα για την απευθείας στήριξη κομματιών σε τράπεζα με αυλάκια “Τ”.



**Σχήμα 3.22:** Διάφορες μορφές για την κατευθείαν πρόσδεση κομματιών στην τράπεζα.

**Μαγνητική πλάκα** (σχήμα 3.23). 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.



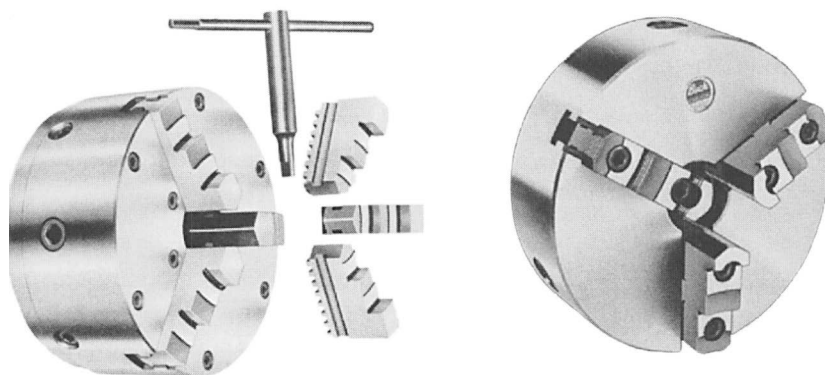
**Σχήμα 3.23:** Συγκράτηση με μαγνητική πλάκα

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 3.24).

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.

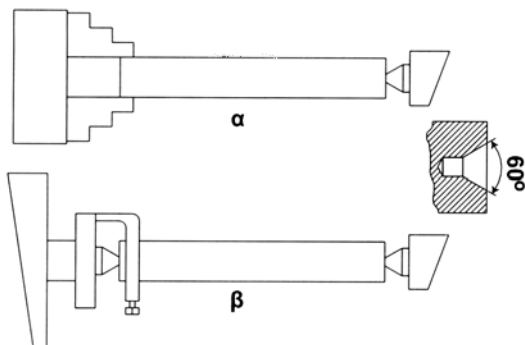


**Σχήμα 3.24:** Σφιγκτήρες ή τσοκ

**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:

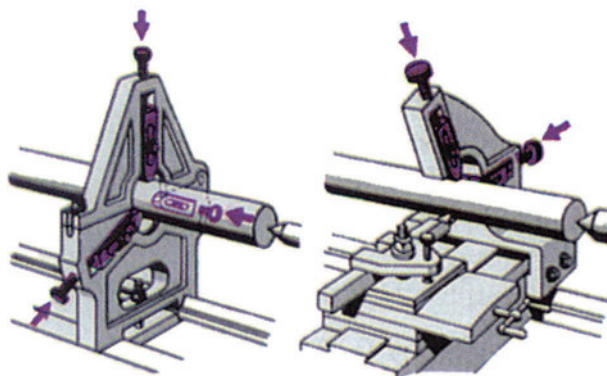
1. Συγκράτηση ανάμεσα στο σφιγκτήρα και σε πόντα (σχήμα 3.25α).
2. Συγκράτηση ανάμεσα σε δυο πόντες (σχήμα 3.25β). Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται καρδιά για μετάδοση κίνησης από την άτρακτο της μηχανής στο κομμάτι.

Στο άκρο του κομματιού διαμορφώνεται μια τυποποιημένη κωνική σπή στην οποία προσαρμόζεται το κέντρο. Το άνοιγμα της κωνικής σπής είναι  $60^\circ$ .



Σχήμα 3.25: Στήριξη κομματιών με πόντες ή κέντρα.

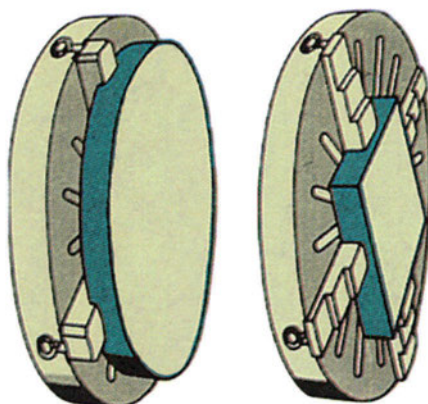
**Καβαλλέτα.** Για συγκράτηση αξόνων μικρής διαμέτρου και μεγάλου μήκους χρησιμοποιούνται καβαλλέτα, τα οποία μπορούν να είναι κινητά ή σταθερά (σχήμα 3.26).



Σχήμα 3.26: Συγκράτηση με καβαλλέτα

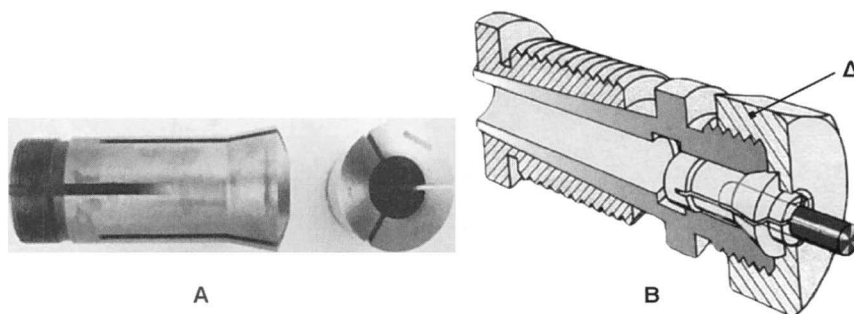
**Πλατώ.** Τα πλατώ χρησιμοποιούνται για συγκράτηση κομματιών που πρόκειται να κατεργασθούν παράκεντρα. Σε τέτοια περίπτωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί τσοκ. Στα πλατώ τοποθετούνται κομμάτια που έχουν ακανόνιστη γεωμετρική μορφή. Τα περισσότερα πλατώ έχουν στρογγυλό σχήμα και στην επιφάνειά τους υπάρχουν ακτινωτές σχισμές ίσα κατανεμημένες (σχήμα 3.27). 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 τόρνου.



Σχήμα 3.27: Συγκράτηση με πλατώ.

**Τσιμπίδα ή σφιγκτήρας με κολέτ (collet) (σχήμα 3.28).** 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 3.28: Συγκράτηση με τσιμπίδα.

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



## ΑΣΚΗΣΕΙΣ

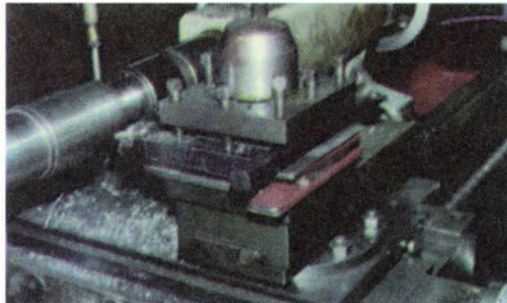
### Άσκηση 3.1: Τοποθέτηση εργαλείων



Στο τσοκ του δράπανου



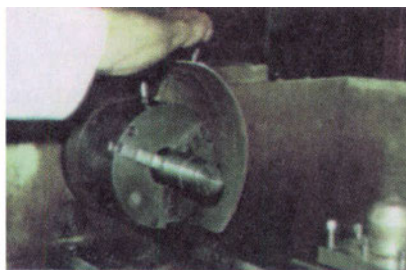
Στην κεφαλή της φρέζας



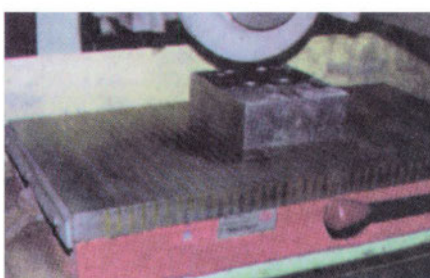
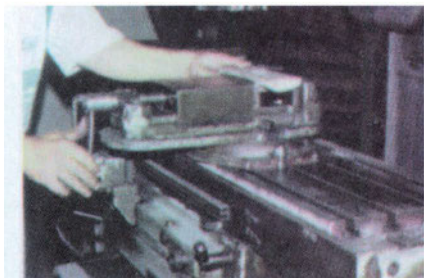
Σε έναν τετραπλό εργαλειοδέτη τόρνου



### **Άσκηση 3.2: Συγκράτηση τεμαχίων**



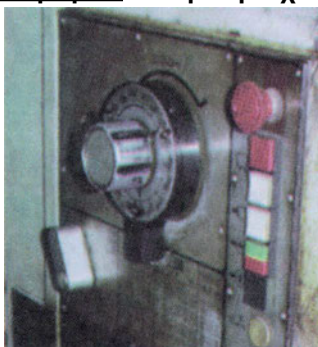
Στο τσोक του τórνου



Στην τράπεζα της φρέζας με μέγγενη

Στη μαγνητική πλάκα λειαντικής μηχανής

### **Άσκηση 3.3: Ρύθμιση ταχυτήτων**



Ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας τórνου



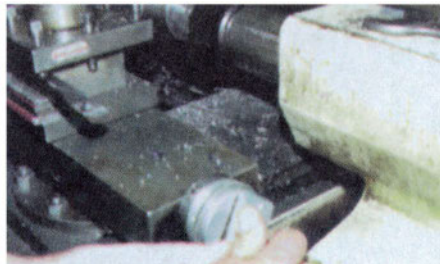
Ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας Φρέζας



Ρύθμιση ταχύτητας πρόωσης στον τórνο



Ρύθμιση εγκάρσιας πρόωσης στον τórνο



Ρύθμιση διαμήκους πρόωσης στον τórνο

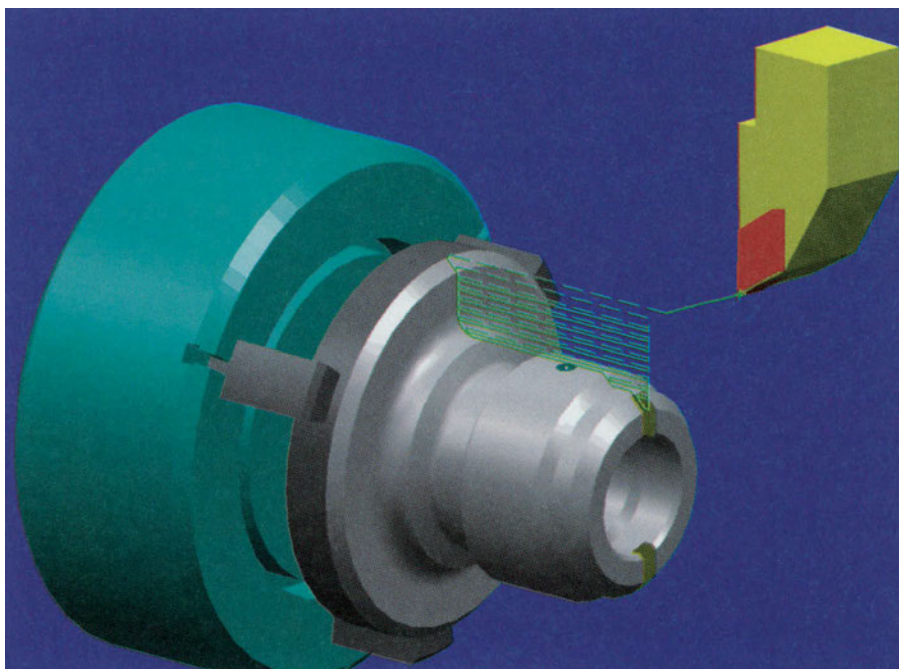


## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Αναφέρατε τους βασικούς μηχανισμούς σε μια εργαλειομηχανή.
2. Ποια είναι τα κύρια μέρη των εργαλειομηχανών και από τι αποτελείται κάθε μέρος;
3. Ποια λέγονται δομικά στοιχεία σε μια εργαλειομηχανή;
4. Ονομάσατε τα κύρια υλικά κατασκευής των σωμάτων των εργαλειομηχανών. Εξηγήστε τα χαρακτηριστικά κάθε υλικού.
5. Αναφέρατε τα διάφορα είδη ολισθητήρων και τα υλικά κατασκευής τους.
6. Ποιοι ολισθητήρες έχουν μικρότερο συντελεστή τριβής μεταξύ των τριβόμενων επιφανειών;
7. Εξηγήστε τους τρόπους ρύθμισης των στροφών.
8. Από τι εξαρτάται η περιστροφική ταχύτητα της κυρίας ατράκτου;
9. Με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται η κλιμάκωση των περιστροφικών ταχυτήτων;
10. Να υπολογισθούν οι ενδιάμεσες περιστροφικές ταχύτητες μεταξύ 100 στρ/min και 300 στρ/min. Οι ταχύτητες σχηματίζουν γεωμετρική πρόοδο κατά Ρενάρ (R20) με λόγο  $\Phi=1/2$ .
11. Με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται η μετάδοση περιστροφικής κίνησης στις ατράκτους;
12. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται ιμαντοκίνηση για μεταφορά περιστροφικής ταχύτητας;
13. Πώς επιτυγχάνεται η κλιμακωτή ιμαντοκίνηση;
14. Εξηγήστε τη σχέση υπολογισμού της σχέσης μετάδοσης.
15. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα της μετάδοσης κίνησης με οδοντωτούς τροχούς.
16. Αναφέρατε τα μειονεκτήματα της μετάδοσης κίνησης με οδοντωτούς τροχούς.
17. Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται τα κιβώτια ταχυτήτων;
18. Εξηγήστε την αρχή λειτουργίας ενός κιβωτίου προώσεων τύπου Νόρτον.
19. Ονομάσατε τα είδη συνεχούς μετάδοσης περιστροφικής ταχύτητας.



20. Με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται η μετατροπή της περιστροφικής κίνησης του ηλεκτροκινητήρα σε μεταφορική;
21. Εξηγήστε τη διάταξη Βαρντ-Λέοναρτ.
22. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της υδραυλικής μετάδοσης κίνησης;
23. Αναφέρατε τα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνει ένα υδραυλικό μετάδοσης κίνησης.
24. Ονομάσατε τους τρόπους ρύθμισης της ταχύτητας στις αντλίες.
25. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας ενός υδραυλικού κινητήρα;
26. Αναφέρατε μερικές τυπικές συσκευές προσδέσεων εργαλείων στον τόρνο και στη φρέζα.
27. Ονομάσατε τους τρόπους συγκράτησης κομματιών για κατεργασία στον τόρνο και στη φρέζα.
28. Αναφέρατε τους τρόπους συγκράτησης τεμαχίων μέσω ποντών.
29. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται καβαλλέτα για συγκράτηση κομματιών στον τόρνο;
30. Ποια κομμάτια συγκρατούνται στο πλατώ και ποια στη στιμπίδα;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 4

### ΤΟΡΝΕΥΣΗ - ΤΟΡΝΟΣ

- 4.1 Μέτρα ασφαλείας κατά τη χρήση του τόρνου
- 4.2 Δομή του τόρνου
- 4.3 Συγκράτηση κοπτικού εργαλείου στον τόρνο
- 4.4 Συγκράτηση τεμαχίων στον τόρνο
- 4.5 Εργαλεία κοπής τόρνου
- 4.6 Χαρακτηριστικά στοιχεία της κατεργασίας στον τόρνο

**4.7 Κωνική τόννευση**

**4.8 Κοπή σπειρώματος στον τόρνο**

**4.9 Ειδικές κατεργασίες στον τόρνο**

**4.10 Τόρνοι ρεβόλβερ**

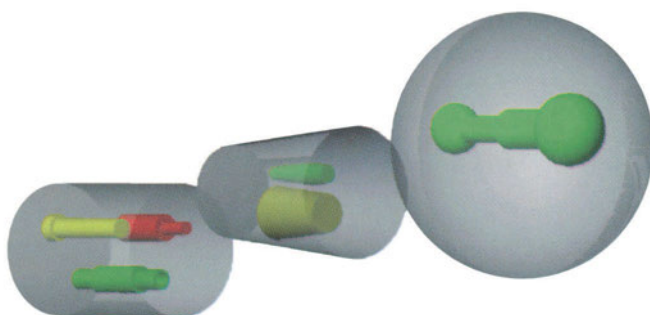


### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια την τórνευση, τα κύρια μέρη ενός τórνου, τα εργαλεία κοπής και τις συνθήκες κοπής κατά την τórνευση.
- ✓ Να γνωρίζει τη κωνική τórνευση, τη κοπή σπειρωμάτων και τις ειδικές κατεργασίες στον τórνο.
- ✓ Να γνωρίζει τους αυτόματους και ημιαυτόματους τórνους.
- ✓ Να εκτελεί ασκήσεις για διάφορες κατεργασίες στον τórνο.

**Η τórνευση** ως κατεργασία χρησιμοποιείται από πολύ παλιά. Γύρω στο 1400 μ.Χ. εμφανίστηκαν οι πρώτοι τórνοι που στην αρχή κινούνταν με μυϊκή δύναμη ή με νερό, όπως οι κατοπτινοί υδρόμυλοι.

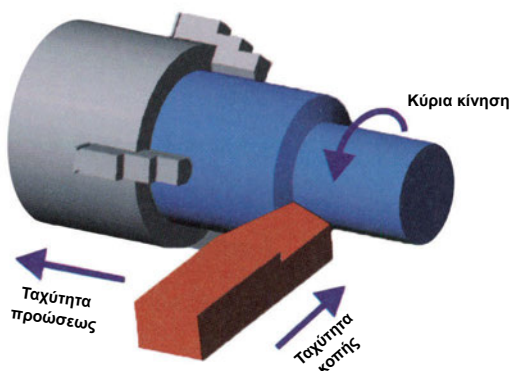
Με τórνευση κατεργάζονται τεμάχια συμμετρικά εκ περιστροφής με, κατά κανόνα, κυκλική διατομή. Στο σχήμα 4.1 παρουσιάζονται τέτοια τεμάχια στα οποία διάφορα τμήματά τους παίρνουν σχήμα κυλίνδρου, κώνου και σφαίρας. Τα κατεργαζόμενα τεμάχια στον τórνο είναι δυνατόν να αποκτούν διαφορετική ποιότητα επιφάνειας στα επί μέρους τμήματά τους, ανάλογα με τις συνθήκες κατεργασίας.



**Σχήμα 4.1:** Διαμόρφωση τεμαχίων στον τórνο.

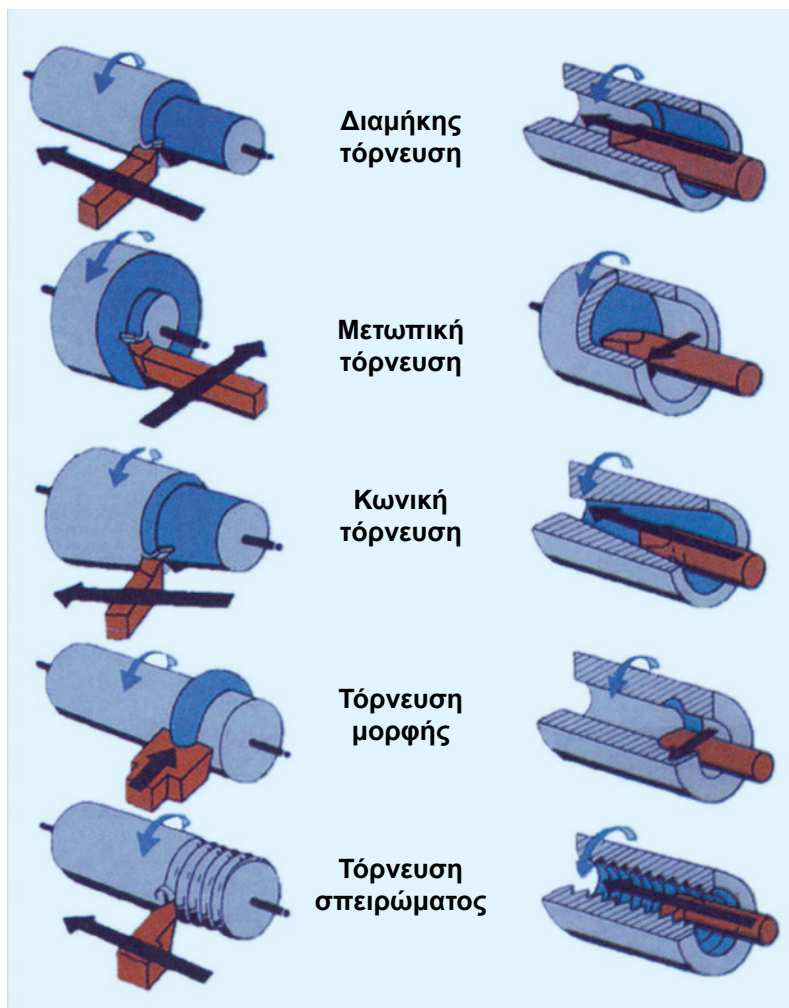
Κατά την τórνευση, το κατεργαζόμενο τεμάχιο περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του, συγκρατούμενο στον σφικτήρα (τσοκ) του τórνου. Με αυτόν

τον τρόπο, είναι σε επαφή με το κοπτικό εργαλείο, το οποίο έχει δυνατότητα διαμήκους και εγκάρσιας μετακίνησης, δηλαδή ευθύγραμμο παράλληλα προς τον άξονα του τεμαχίου ή σε ορθή γωνία ως προς τον άξονα του τεμαχίου. Οι κινήσεις αυτές, κατά την τόννευση, παρουσιάζονται στο σχήμα 4.2.



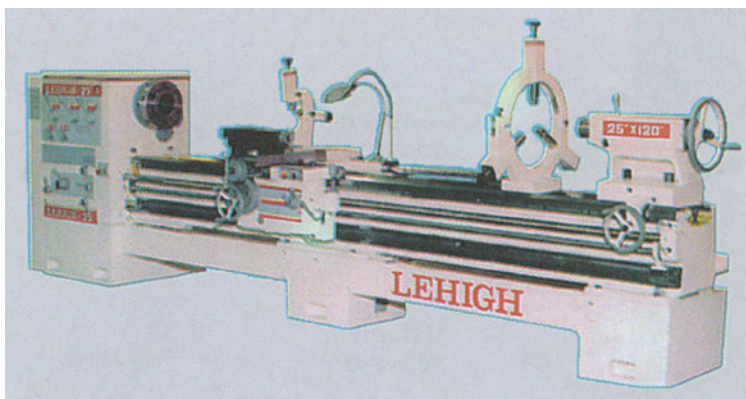
**Σχήμα 4.2:** Κινήσεις κατά την τόννευση.

Οι μορφές, που μπορεί να πάρει το κατεργαζόμενο τεμάχιο με την τόννευση, απαιτούν διαφορετικό συνδυασμό κινήσεων, όπως και χρησιμοποίηση του κατάλληλου κοπτικού εργαλείου. Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται εξαρτάται τόσο από το είδος της παραγόμενης επιφάνειας, όσο και από το αν η τόννευση είναι **εξωτερική** ή **εσωτερική** στο κομμάτι. Στο σχήμα 4.3 παρουσιάζονται διάφορα είδη εξωτερικής και εσωτερικής τόννευσης για την κατεργασία κυλινδρικών και κωνικών επιφανειών, επιφανειών ειδικής μορφής και σπειρωμάτων. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται με βέλη οι κινήσεις που απαιτούνται κάθε φορά για τη συγκεκριμένη κοπή.



**Σχήμα 4.3:** Είδη εσωτερικής και εξωτερικής τórνευσης.

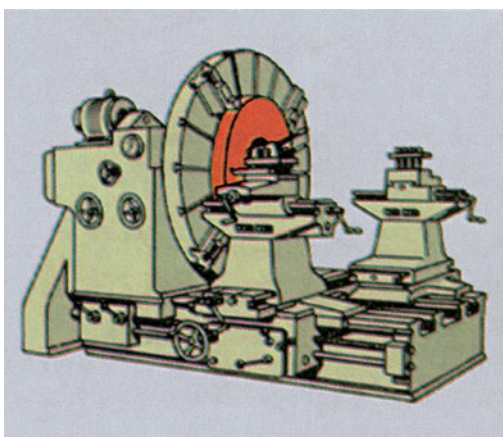
**Ο τórνος** είναι η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται για την τórνευση. Στο σχήμα 4.4 παρουσιάζεται σχηματικά ένας τórνος. Ο τórνος αποτελεί μια από τις πλέον παραγωγικές εργαλειομηχανές και το 40% περίπου των εργασιών κοπής των μετάλλων γίνονται σε τórνο. Οι σύγχρονοι τórνοι έχουν δυνατότητα παραγωγής καμπύλων εξαρτημάτων, με μεγάλο βαθμό ακρίβειας και μεγάλες ταχύτητες παραγωγής.



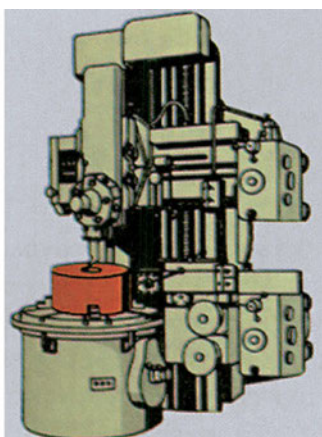
**Σχήμα 4.4:** Σύγχρονος τórνος (παράλληλος κεντροφόρος).

Ανάλογα με το είδος των κατεργασιών, οι τórνοι διακρίνονται σε:

- **Παράλληλους κεντροφόρους** (σχήμα 4.4). Το κομμάτι τοποθετείται παράλληλα προς το κρεβάτι και το κοπτικό εργαλείο έχει δυνατότητα κίνησης παράλληλα και κάθετα προς το κρεβάτι της μηχανής.
- **Μετωπικούς** (σχήμα 4.5Α). Το κοπτικό εργαλείο έχει δυνατότητα κίνησης στο οριζόντιο επίπεδο. Στους συγκεκριμένους τórνους κατεργάζονται μετωπικά κομμάτια μεγάλης διαμέτρου.
- **Κατακόρυφους** (σχήμα 4.5Β). Το κοπτικό εργαλείο κινείται σε κατακόρυφο επίπεδο.



**A**



**B**

**Σχήμα 4.5:** Μετωπικός τórνος (Α), Κατακόρυφος τórνος (Β).

**Πίνακας 4.1: Χαρακτηριστικές κατασκευαστικές διαστάσεις και μεγέθη τórνων.**

| Τύποι τórνων           | Μέγιστη διάμετρος τεμαχίου [mm] | Μέγιστο μήκος τεμαχίου [mm] | Πλήθος ταχυτήτων | Μέγιστες στροφές ατράκτου [στρ/μίν] | Ελάχιστη πρόωση του κοπτικού εργαλείου [mm/στρ] | Ισχύς κινητήρα [KW] | Βάρος [Τ]   |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|-------------|
| Παράλληλοι κεντροφόροι | 100<br>4000                     | 250<br>15000                | 6<br>36          | 71<br>3800                          | 0.01<br>1.25                                    | 0.25<br>150         | 0.025<br>80 |
| Μετωπικοί              | 1500<br>4000                    |                             | 12<br>18         | 72<br>280                           | 0.05<br>0.1                                     | 7.5<br>40           | 40<br>50    |
| Κατακόρυφοι            | 850<br>11000                    | 700<br>4000                 | 12<br>24         | 12<br>350                           | 0.05<br>0.4                                     | 12<br>80            | 6<br>80     |

Το **μέγεθος** του τórνου εκτιμάται βασικά από δύο χαρακτηριστικά :

- τη μέγιστη διάμετρο τεμαχίου που μπορεί να δεθεί στους σφικτήρες και να περιστραφεί γύρω από τους οδηγούς,
- το μήκος κρεβατιού.

Επισημαίνεται ότι το μήκος του κρεβατιού δεν αντιστοιχεί και στο μέγιστο μήκος τεμαχίου προς κατεργασία, μια και αυτό καθορίζεται από την απόσταση των κέντρων του κιβωτίου ταχυτήτων και του κεντροφορέα. Εκτός των παραπάνω χαρακτηριστικών, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα εξής :

- ο μικρότερος και ο μεγαλύτερος αριθμός στροφών που μπορεί να επιτευχθεί,
- το πλήθος των ταχυτήτων,
- η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα και
- το συνολικό βάρος του.

Στον **πίνακα 4.1** παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές κατασκευαστικές διαστάσεις και μεγέθη διαφόρων τύπων τórνων.

#### 4.1 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΤΟΡΝΟΥ

Η χρήση του τórνου για κατεργασίες κοπής υπόκειται στους παρακάτω σημαντικούς **κανόνες ασφαλείας** που πρέπει να τηρούνται πιστά:



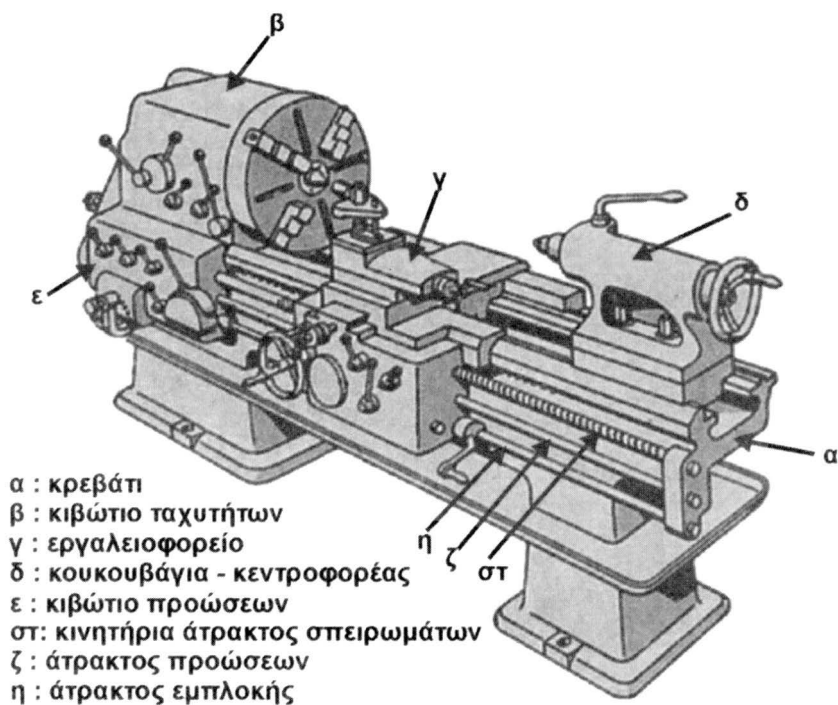
- Δεν πρέπει να χειρίζεται τórνο κάποιος ή κάποια που δε γνωρίζει επακριβώς το χειρισμό του,
- Δεν πρέπει να χειρίζεται τórνο κάποιος ή κάποια που έχει λυμένα μακριά μαλλιά, που δεν φορά την κατάλληλη ενδυμασία ή φορά μπρασελέ, βραχιόλια, πουκάμισα με φαρδιά μανίκια και γενικά οτιδήποτε θα μπορούσε να συλληφθεί από το περιστρεφόμενο τσοκ.
- Τα προστατευτικά γυαλιά για την προστασία των ματιών από τα απόβλιπτα, είναι υποχρεωτικά.
- Πρέπει πάντα να χρησιμοποιείται το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο και μανέλα.
- Πρέπει πάντα να γίνεται έλεγχος αν ο σφιγκτήρας έχει κλείσει σωστά και το περιστρεφόμενο τεμάχιο συγκρατείται καλά στη θέση του.
- Πριν ο τórνος τεθεί σε λειτουργία θα πρέπει να έχει κατέβει το προστατευτικό κάλυμμα του σφιγκτήρα και για να αποφευχθεί, εκτός των άλλων, η περίπτωση να έχει ξεχαστεί το κλειδί του τσοκ στην υποδοχή σύσφιξης.
- Πρέπει ο τórνος να σταματά σε κάθε απόπειρα μέτρησης.
- Πρέπει η περιοχή εργασίας του τórνου να είναι καθαρή από εργαλεία ή οτιδήποτε άλλο.
- Δεν πρέπει να κατεργάζονται μεγάλου μήκους κομμάτια χωρίς την υποστήριξη του κεντροφορέα.
- Τα απόβλιπτα δεν πρέπει ποτέ να απομακρύνονται με το χέρι αλλά με ειδική βούρτσα και ποτέ, όταν ο τórνος είναι σε λειτουργία.
- Πριν ο τórνος τεθεί σε λειτουργία πρέπει να γίνεται μια πλήρης περιστροφή του τσοκ με το χέρι, ώστε να ελέγχεται αν η κίνησή του εμποδίζεται από οτιδήποτε μπορεί να υπάρχει πάνω στον τórνο.
- Ο τórνος πρέπει να σταματά αμέσως μόλις ακουστεί οποιοσδήποτε ασυνήθιστος θόρυβος ή παρουσιαστεί ταλάντωση και αμέσως να ενημερώνεται ο υπεύθυνος.
- Ο τórνος δεν πρέπει ποτέ να σταματά με αντιστροφή της περιστροφής του τσοκ.
- Κατά το χειρισμό του τórνου ο υπεύθυνος και ο μόνος που έχει τη δυνατότητα να τον θέσει ή όχι σε λειτουργία είναι ο χειριστής του και αυτός πρέπει πάντα να έχει την προσοχή του μόνο στον τórνο.

## 4.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΤΟΡΝΟΥ

Τα κύρια μέρη του τόρνου είναι τα εξής:

- σώμα
- κιβώτιο ταχυτήτων
- εργαλειοφορείο
- κουκουβάγια - κεντροφορέας
- κιβώτιο προώσεων
- κινητήρια άτρακτος σπειρωμάτων
- άτρακτος προώσεων
- άτρακτος εμπλοκής

Στο σχήμα 4.6 παρουσιάζεται σχηματικά ένας τόρνος, όπου διακρίνονται και τα μέρη από τα οποία αποτελείται.



Σχήμα 4.6: Τα κύρια μέρη του τόρνου.

### A. Το σώμα ή κρεβάτι

Το σώμα ή το κρεβάτι (σχήμα 4.7) είναι το μέρος του τόρνου, πάνω στο οποίο εδράζονται και κινούνται όλα τα υπόλοιπα μέρη του. Το σώμα του τόρνου ενισχύεται με νεύρα για να είναι στιβαρό και να μπορεί να αντέχει στις διάφορες καταπονήσεις που δέχεται. Οι καταπονήσεις που δέχεται το σώμα είναι οι εξής:

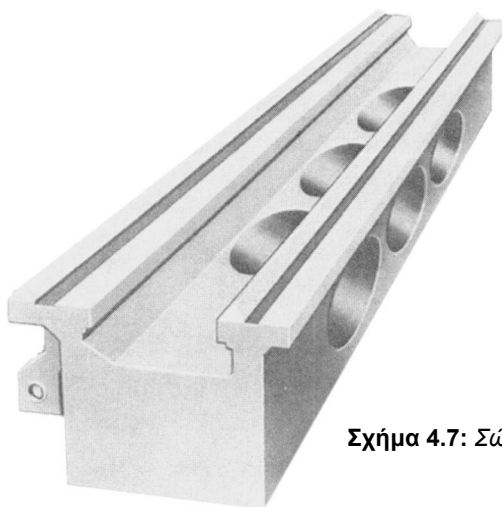
- οι στατικές φορτίσεις που προέρχονται από το βάρος των άλλων μερών,
- οι εσωτερικές δυναμικές φορτίσεις που προέρχονται από τις δυνάμεις κοπής,
- οι εξωτερικές δυναμικές και στοχαστικές φορτίσεις, που μεταφέρονται μέσω του εδάφους από άλλες τυχόν διπλανές εργαλειομηχανές.

Για τον παραπάνω λόγο το σώμα πρέπει να έχει σωστή έδραση για να απομονώνει το εργαλείο και το κομμάτι από εξωτερικές καταπονήσεις, οι οποίες έχουν άσχημα αποτελέσματα στην κατεργασία.

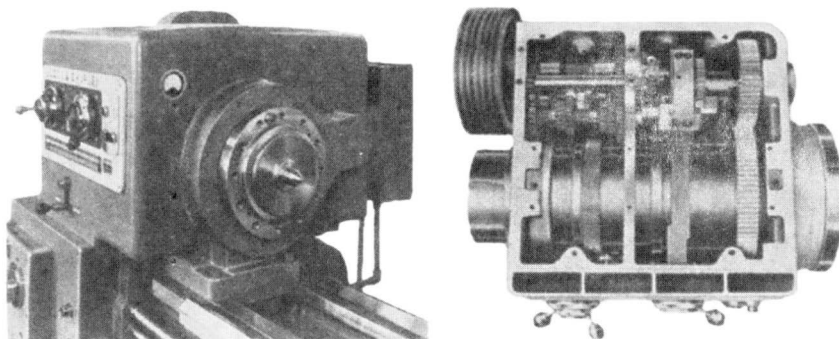
Το εργαλειοφορείο και ο κεντροφορέας κινούνται επάνω στο σώμα με τη βοήθεια των γλίσσινων (παράγραφος 3.1.1).

### B. Το κιβώτιο ταχυτήτων

Το κιβώτιο ταχυτήτων (σχήμα 4.8) μεταφέρει την περιστροφική ταχύτητα από τον ηλεκτροκινητήρα στο κατεργαζόμενο τεμάχιο μέσω της κυρίας ατράκτου.



**Σχήμα 4.7:** Σώμα τόρνου.

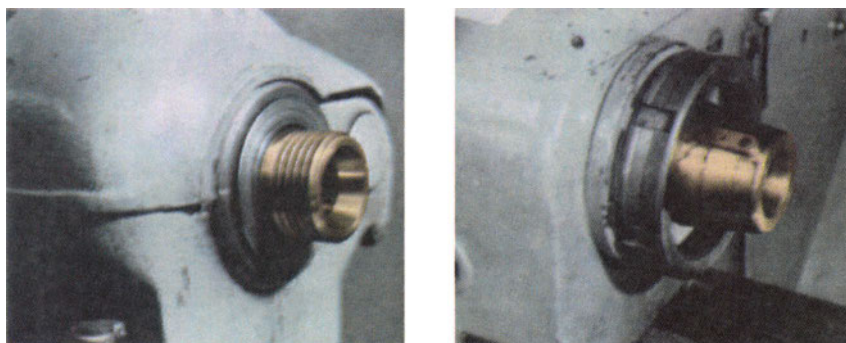


**Σχήμα 4.8:** Κιβώτιο ταχυτήτων τórνου.

Το κιβώτιο ταχυτήτων αποτελείται από δύο μέρη:

**Την κύρια άτρακτο**, η οποία είναι κατά κανόνα κοίλη για να έχει ο τórνος τη δυνατότητα να κατεργάζεται βέργες μεγάλου μήκους. Οι επιφάνειες έδρασής της είναι ειδικά σκληρημένες, ενώ η έδραση γίνεται συνήθως με ειδικά σφαιρικά έδρανα κυλίσεως (ρουλεμάν) από ορείχαλκο. Λόγω της χαμηλής τριβής χρησιμοποιούνται και ένσφαιρα ή κωνικά έδρανα κυλίσεως, καθώς και αξονικά για την παραλαβή των αξονικών φορτίων. Στο άκρο η άτρακτος φέρει σπείρωμα για την τοποθέτηση όλων των πιθανών σφιγκτήρων (τσोक). Αντί του σπειρώματος η άτρακτος μπορεί να φέρει ένα κώνο, οπότε το τσόκ ή το πλατώ συνδέονται στο άκρο της ατράκτου με κοχλίες. Οι τρόποι διαμόρφωσης του άκρου της κυρίας ατράκτου, για συναρμολόγηση του τσόκ ή του πλατώ, φαίνονται στο σχήμα 4.9.

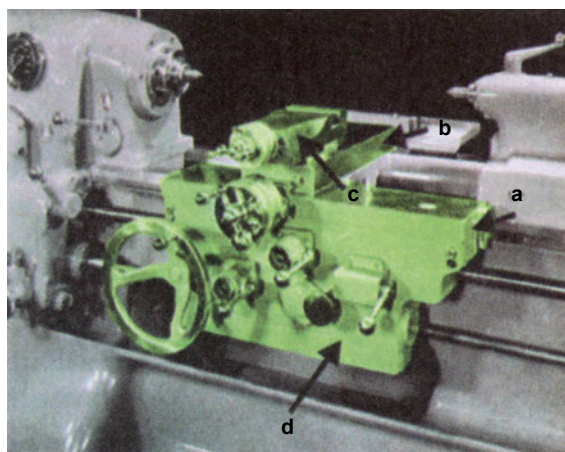
**Τους οδοντωτούς τροχούς** (αναφέρονται αναλυτικά στη παράγραφο 3.1.2.1).



**Σχήμα 4.9:** Τρόποι διαμόρφωσης του άκρου της κυρίας ατράκτου.

## Γ. Το εργαλειοφορείο

Το εργαλειοφορείο αποτελεί ένα σώμα, το οποίο μπορεί να εκτελεί διάφορες ανεξάρτητες επιμέρους κινήσεις. Περιλαμβάνει, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.10, εκτός από το κυρίως σώμα του και δύο ολισθητήρες (γλισιέρες) που εξασφαλίζουν τη διαμήκη και εγκάρσια κίνηση του κοπτικού εργαλείου.



- a: σώμα
- b: εγκάρσιος οδηγός - ολισθητήρας (γλισιέρα)
- c: διαμήκης οδηγός - ολισθητήρας
- d: ποδιά

**Σχήμα 4.10:** Εργαλειοφορείο τόρνου.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα συνηθισμένο εργαλειοφορείο είναι τα εξής:

- **Το σώμα.** Φέρει επάνω του όλα τα υπόλοιπα μέρη του εργαλειοφορείου και κινείται κατά μήκος του σώματος του τόρνου μέσω των γλισιερών.
- **Ο εγκάρσιος ολισθητήρας (γλισιέρα).** Φέρει επάνω του τον διαμήκη ολισθητήρα και κινείται εγκάρσια.
- **Ο διαμήκης ολισθητήρας.** Φέρει επάνω του τον εργαλειοδέκτη και έχει δυνατότητα κίνησης σε διάφορες κατευθύνσεις ως προς τον άξονα του τόρνου.
- **Η ποδιά.** Φέρει το μηχανισμό για την μεταφορά της κίνησης από το κιβώτιο προώσεως στο εργαλειοφορείο με τη βοήθεια των μοχλών.
- **Ο εργαλειοδέκτης.** Συγκρατεί το κοπτικό εργαλείο.

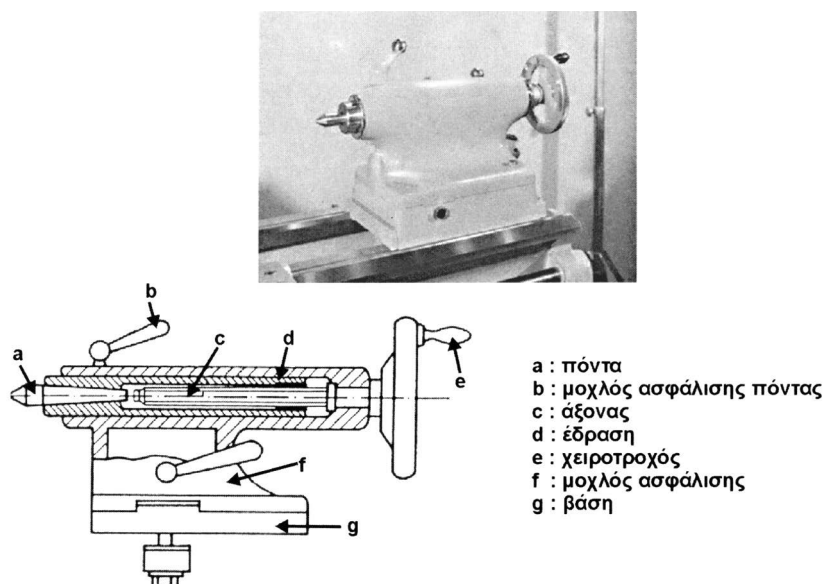
Το εργαλειοφορείο υπακούει στην κίνηση που μεταδίδεται από τον άξονα των προώσεων, ενώ ταυτόχρονα διαθέτει και το μοχλό σταματήματος των στροφών του τόρνου. Διατρέχεται από δύο άξονες, τον άξονα των προώσεων, τον

κοχλιωτό άξονα για την κοπή σπειρωμάτων και τη ράβδο εκκίνησης ή σταματήματος των στροφών.

#### Δ. Ο κεντροφορέας ή κουκουβάγια

Ο κεντροφορέας ή κουκουβάγια χρησιμοποιείται για την υποστήριξη μεγάλου μήκους τεμαχίων ή επίσης για διάτρηση ή γλύφανση με τη χρησιμοποίηση του κατάλληλου εργαλείου. Στο σχήμα 4.11 παρουσιάζεται ένας κεντροφορέας και η τομή του με τα διάφορα μέρη από τα οποία αποτελείται.

Ο κεντροφορέας έχει δυνατότητα κίνησης στο μήκος του κρεβατιού του τόρνου και μπορεί να ασφαλίσει σε οποιαδήποτε θέση με τη χρήση κατάλληλου μοχλού ασφάλισης. Ο κώνος Μορς, στον οποίο ασφαλίζει η πόντα στον κεντροφορέα, δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται στη θέση της πόντας κεντροτρύπανα ή άλλα κοπτικά εργαλεία.



**Σχήμα 4.11:** Κεντροφορέας (κουκουβάγια)

Ο χειροτροχός στην κουκουβάγια χρησιμοποιείται για τη μετακίνηση και τοποθέτηση της πόντας. Ο σχεδιασμός του κεντροφορέα μπορεί να διαφοροποιείται από τον αντίστοιχο του σχήματος 4.11, η δε μετατόπιση της πόντας μπορεί να γίνεται και μέσω πεπιεσμένου αέρα ή υδραυλικού συστήματος. Τέτοιου είδους συστήματα εξυπηρετούν την επιθυμητή ομοιόμορφη πίεση της πόντας στο κατεργαζόμενο κομμάτι.

## Ε. Το κιβώτιο πρόωσης

Κατά τη διάρκεια μιας κατεργασίας τόννευσης, το κατεργαζόμενο τεμάχιο, όπως προαναφέρθηκε, αναγκάζεται μέσω του τσοκ σε περιστροφική κίνηση. Η περιστροφή αυτή μπορεί να γίνεται σε μια ποικιλία στροφών, γεγονός που εξασφαλίζεται από το κιβώτιο ταχυτήτων. Η εξασφάλιση όμως της αυτόματης πρόωσης γίνεται διαμέσου του κιβωτίου ταχυτήτων στον άξονα προώσεων, αφού παρεμβληθεί ένα δεύτερο κιβώτιο με οδοντωτούς τροχούς, το **κιβώτιο προώσεων**. Σε παλαιότερους τόννους η μετάδοση της κίνησης στον άξονα προώσεων γινόταν με ιμάντες ή οδοντωτούς τροχούς, όπου ο χειριστής έπρεπε να αντικαθιστά, προκειμένου να εξασφαλίσει την εναλλαγή στις τιμές των προώσεων.

Σε πιο σύγχρονους τόννους η μετάδοση της κίνησης αυτής γίνεται διαμέσου του κιβωτίου **Norton**, (παράγραφος 3.1.2.1). Με το μοχλό, που διακρίνεται στο σχήμα 3.12, ο χειριστής συμπλέκει διαφορετικούς μεταξύ τους οδοντωτούς τροχούς, με αποτέλεσμα τη γρήγορη και με ποικιλία τιμών επιλογή της πρόωσης. Οι οδοντωτοί τροχοί ενός κιβωτίου Norton παρουσιάζονται στη χαρακτηριστική μορφή ενός ενιαίου συνόλου γραναζιών διαφορετικών μεγεθών σε μορφή κώνου.

Για να μετακινηθεί το κοπτικό εργαλείο από αριστερά προς τα δεξιά ή από τα δεξιά προς τα αριστερά, επιβάλλεται η αλλαγή της κατεύθυνσης περιστροφής του άξονα προώσεων ή και του κοχλιωτού άξονα. Αυτή η αλλαγή της κατεύθυνσης εξασφαλίζεται μέσω ενός οδοντωτού τροχού αναστροφής του οποίου η εμπλοκή και η απεμπλοκή εξασφαλίζει τη μία κατεύθυνση ή την άλλη.

### 4.3 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΣΤΟΝ ΤΟΝΟ

Στα διαφορετικά είδη τόννευσης αντιστοιχούν και διαφορετικά κοπτικά εργαλεία ως προς τη μορφή και τη γεωμετρία τους. Στα κοπτικά αυτά εργαλεία αναπτύσσονται, κατά τη διάρκεια της κοπής, δυνάμεις και τάσεις που εξαρτώνται από το είδος της κατεργασίας, το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου, το υλικό του κοπτικού εργαλείου και τις συνθήκες κοπής. Για την κοπή αποβλίττου απαραίμωφωτης επιφάνειας 1 mm<sup>2</sup> μαλακού χάλυβα St 00, αναπτύσσεται δύναμη περίπου 160 Kg. Για την κοπή μεγαλύτερου πάχους αποβλίττου η δύναμη αυτή αυξάνεται αναλογικά. Είναι φανερό πως το κοπτικό εργαλείο πρέπει να ασφαρίζεται πολύ σταθερά στον εργαλειοδέτη, μια και οι δυνάμεις που δέχεται είναι πολύ μεγάλες. Για να αποφευχθεί η μετακίνηση του κοπτικού εργαλείου, η έδρασή του εξασφαλίζεται στον εργαλειοδέτη με διάφορους τρόπους.

- Ο πιο απλός τρόπος "δεσίματος" του κοπτικού εργαλείου του τόννου

είναι να ασφαρίζεται μόνο μέσω ενός κοχλία (σχήμα 3.19). Η τριβή, που αναπτύσσεται από τη σύσφιξη του κοχλία, δεν επιτρέπει καμμία μετακίνηση του εργαλείου. Η έδραση αυτή δεν ενδείκνυται για υψηλές καταπονήσεις του κοπτικού εργαλείου κατά την κοπή και δεν εξασφαλίζει ικανή σταθερότητα. Χρησιμοποιείται μόνο για απλές διαδικασίες τórνευσης με μαλακά κατεργαζόμενα υλικά και πολύ μικρά βάθη κοπής.

- Αντίστοιχοι τρόποι “δεσίματος” (σχήμα 3.19) είναι η **πλάκα συγκρατήσεως**, η οποία μπορεί και συγκρατεί το κοπτικό εργαλείο αρκετά σφικτά και επιτρέπει κατεργασία με υψηλές καταπονήσεις. Ο **τετραπλός εργαλειοδέτης** που φαίνεται στο ίδιο σχήμα δίδει τη δυνατότητα συγκράτησης τεσσάρων ανεξάρτητων εργαλείων, τα οποία με απλό χειρισμό παίρνουν θέση για κοπή.

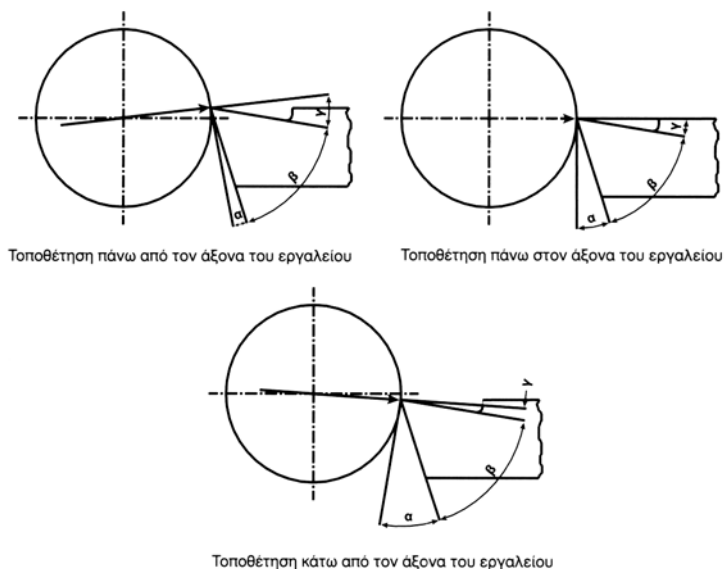
Η συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου στον εργαλειοδέτη, επάνω ή κάτω από το άξονα περιστροφής του τεμαχίου, διαφοροποιεί τις γωνίες κοπής, έτσι:

- **η τοποθέτηση επάνω από τον άξονα του τεμαχίου** μικραίνει τη γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , με αποτέλεσμα να μεγαλώνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλήτου  $\gamma$  μεγαλώνει και το παραγόμενο απόβλιπτο διαχωρίζεται εύκολα και απομακρύνεται. Για κατεργασία εκχόνδρισης το κοπτικό εργαλείο περιστασιακά τοποθετείται επάνω από τον άξονα του τεμαχίου, γύρω στο 2% της διαμέτρου του (σχήμα 4.12).
- **η τοποθέτηση κάτω από τον άξονα του τεμαχίου** μεγαλώνει τη γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , με αποτέλεσμα να μικραίνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλήτου  $\gamma$  μικραίνει και το παραγόμενο απόβλιπτο αποχωρίζεται δύσκολα.

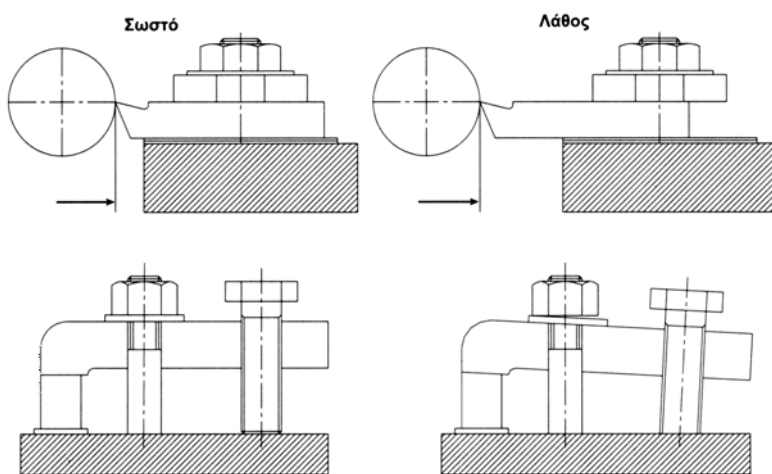
Επίσης, το κοπτικό εργαλείο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.13, πρέπει να συγκρατείται, ώστε το ελεύθερο μήκος του να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Αυτό κρίνεται αναγκαίο, μια και το εργαλείο κατά τη διάρκεια της κοπής υπόκειται σε λυγισμό. Αν το ελεύθερο μήκος του εργαλείου είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπτό, αυτό αναπηδά κατά την κοπή και δημιουργεί πολύ κακή επιφάνεια στο κατεργαζόμενο τεμάχιο.

Επίσης, πολύ σημαντική παράμετρος για την ασφάλεια κατά την κοπή είναι και η σωστή τοποθέτηση της πλάκας συγκρατήσεως. Η πλάκα συγκρατήσεως δεν πρέπει να συσφίγγεται πλάγια αλλά σε οριζόντια θέση, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.13. Η λανθασμένη τοποθέτησή της εγκυμονεί κινδύνους για τον χειριστή και σφάλματα διαστατικής ακρίβειας.





**Σχήμα 4.12:** Τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου στην τόρνευση σε σχέση με τον άξονα περιστροφής του τεμαχίου.



**Σχήμα 4.13:** Τρόπος συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τóρνευσης.

**Προσοχή:** Τα κοπτικά εργαλεία δεν πρέπει να “δένονται” στον εργαλειοδέτη, ενώ ο τórνος βρίσκεται σε λειτουργία και το τσοκ περιστρέφεται.

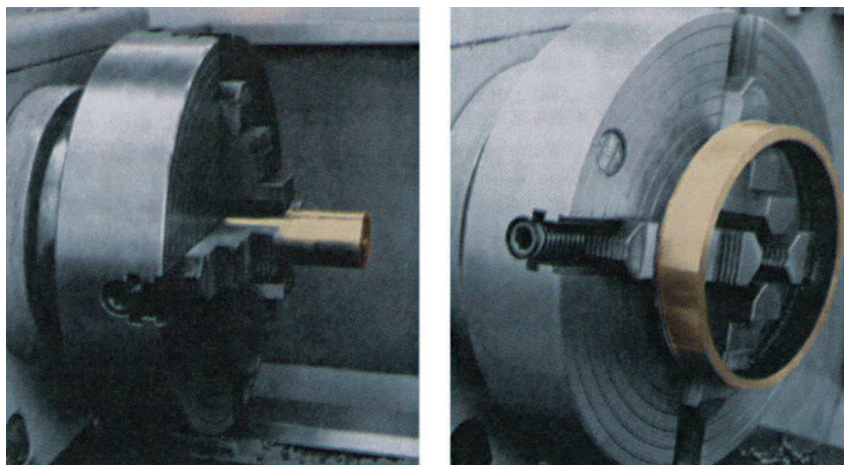
#### 4.4 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΡΝΟ

Οι συσκευές συγκράτησης των τεμαχίων, τα οποία θα κατεργασθούν στον τórνο, είναι οι εξής (παράγραφος 3.1.5.2):

- Οι σφιγκτήρες ή τα τσοκ.
- Τα πλατώ.
- Τα καβαλλέτα.
- Η τσιμπίδα ή σφιγκτήρας κολέτ.

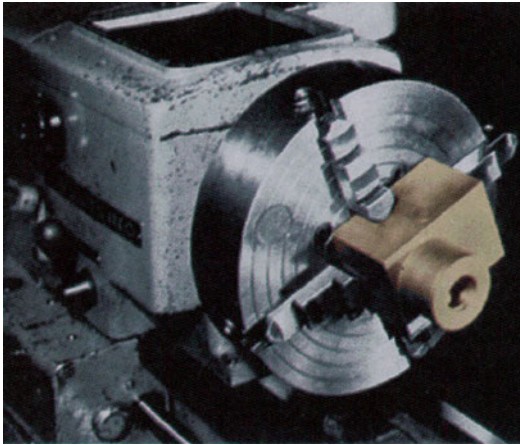
Οι τρόποι συγκράτησης των τεμαχίων είναι οι παρακάτω:

**Συγκράτηση μόνο στο τσοκ.** Εφαρμόζεται για εξωτερική ή εσωτερική τórνευση αξόνων μικρού μήκους, στην περίπτωση που δεν υπάρχει κίνδυνος κραδασμού και λυγισμού λόγω των δυνάμεων κοπής. Στο σχήμα 4.14 παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι συγκράτησης τεμαχίων στο τσοκ.

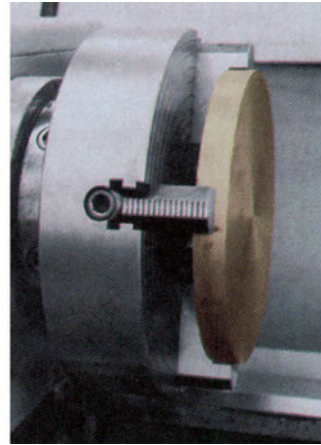


**Σχήμα 4.14:** Τρόποι συγκράτησης τεμαχίων στο τσοκ.

**Συγκράτηση μόνο στο πλατώ.** Εφαρμόζεται για συγκράτηση μη συμμετρικών τεμαχίων μικρού μήκους, επειδή οι σιαγόνες συσφίξεως μετακινούνται ακτινικά αλλά ανεξάρτητα μεταξύ τους. Στο σχήμα 4.15Α παρουσιάζεται μια συγκράτηση ενός ορθογώνιου κομματιού στο πλατώ και στο σχήμα 4.15Β φαίνεται μια συγκράτηση ενός κομματιού μικρού μήκους αλλά μεγάλης διαμέτρου.



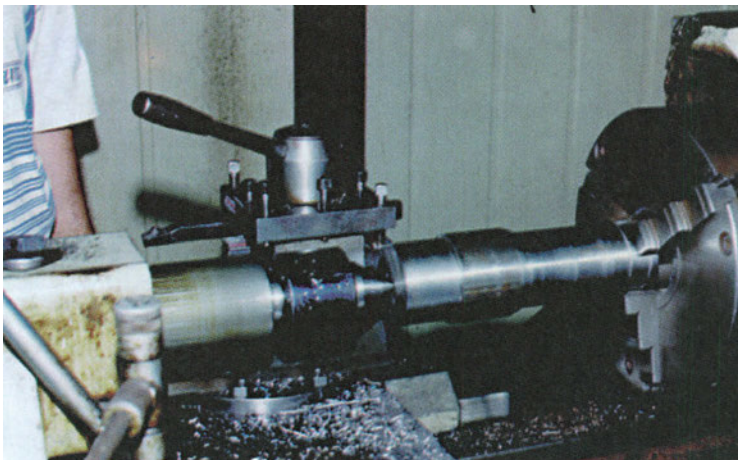
**A**



**B**

**Σχήμα 4.15:** Συγκράτηση στο πλατώ, A: ορθογώνιου κομματιού, B: μικρού μήκους και μεγάλης διαμέτρου κομματιού.

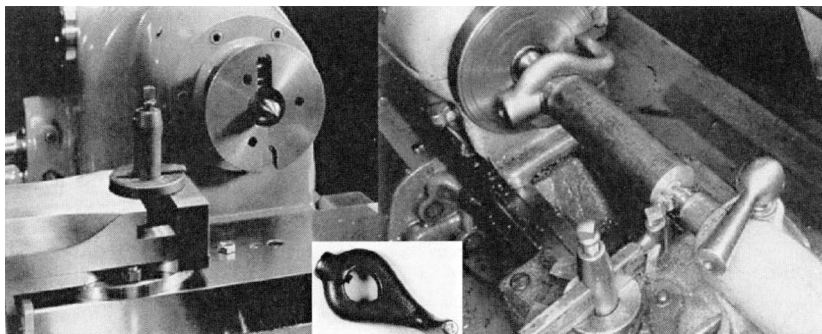
**Συγκράτηση μεταξύ τσοκ και κεντροφορέα.** Εφαρμόζεται στην περίπτωση τόνρευσης αξόνων μεγάλου μήκους, για αποφυγή κινδύνου λυγισμού του άκρου λόγω ταλαντώσεων εξ αιτίας των δυνάμεων κοπής. Επίσης, εφαρμόζεται στην τόνρευση σπειρωμάτων. Στο σχήμα 4.16 παρουσιάζεται μια συγκράτηση άξονα μεταξύ σφιγκτήρα και κουκουβάγιας για κατεργασία στον τόρνο.



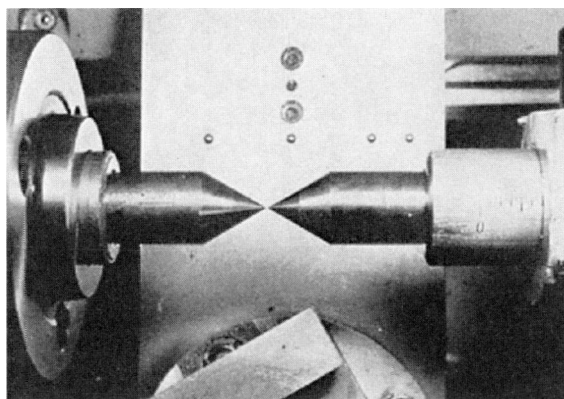
**Σχήμα 4.16:** Συγκράτηση μεταξύ τσοκ και κουκουβάγιας.

**Συγκράτηση μεταξύ κέντρων (ποντών) με σφιγκτήρα καρδιά.** Στην περίπτωση αυτή, η περιστροφική ταχύτητα μεταφέρεται στο κομμάτι από την κυρία

άτρακτο, με τη βοήθεια μιας πλάκας με πόντα και μία καρδιά (σχήμα 4.17).



**Σχήμα 4.17:** Συγκράτηση τεμαχίου για τórνευση μεταξύ κέντρων.



**Σχήμα 4.18:** Έλεγχος ομοαξονικότητας των ποντών.

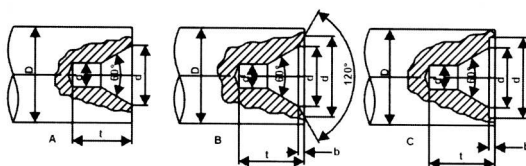
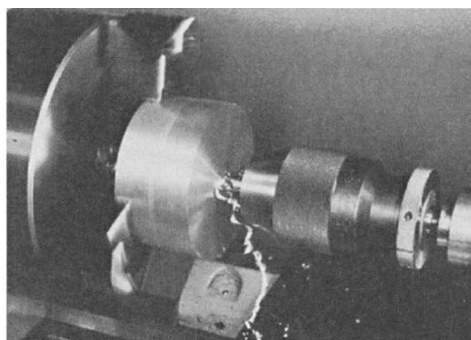
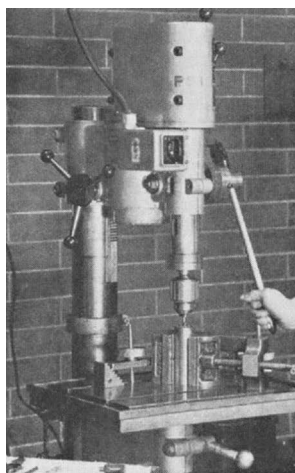
Στις συγκρατήσεις που χρησιμοποιούνται πόντες, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ανοχή ομοαξονικότητας μεταξύ των αξόνων των ποντών και του άξονα της κυρίας ατράκτου, δηλαδή οι τρεις άξονες της ατράκτου και των ποντών πρέπει να συμπίπτουν. Στο σχήμα 4.18 φαίνεται ο έλεγχος που γίνεται για την ομοαξονικότητα των ποντών.

Το κεντροτρύπανο, που χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση της κωνικής οπής, στην οποία προσαρμόζεται το κέντρο, είναι τυποποιημένο και εξαρτάται από τη διάμετρο του κατεργαζόμενου κομματιού. Στον πίνακα 4.2 δίδονται οι διαστάσεις της κωνικής οπής ανάλογα με τη διάμετρο του τεμαχίου, κατά DIN 332.

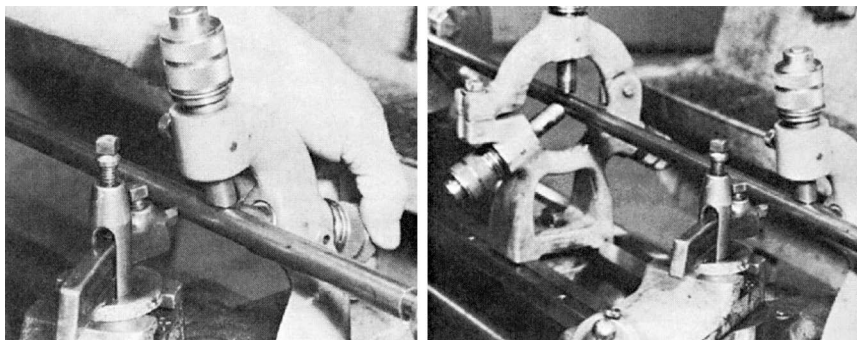
**Πίνακας 4.2: Τυποποιημένες τιμές κωνικής οπής Μορς κατά DIN 332.**

| Διάμετρος<br>τεμαχίου<br>D [mm] | d1 | d2  | d3 | t1  |         | A  | B   |
|---------------------------------|----|-----|----|-----|---------|----|-----|
|                                 |    |     |    | A   | B και Γ |    |     |
| $6 < D \leq 10$                 | 1  | 2.5 | 4  | 2.5 | 3       | 4  | 0.4 |
| $10 < D \leq 25$                | 2  | 5   | 8  | 5   | 6       | 7  | 0.8 |
| $25 < D \leq 63$                | 3  | 8   | 12 | 7   | 8       | 10 | 1   |
| $63 < D \leq 100$               | 5  | 12  | 17 | 11  | 13      | 16 | 1.5 |

Η κωνική οπή μπορεί να διαμορφωθεί είτε στον τόρνο είτε στο δράπανο (σχήμα 4.19).

**Σχήμα 4.19: Διαμόρφωση της κωνικής οπής.**

**Συγκράτηση με καβαλέτα.** Χρησιμοποιούνται για συγκράτηση κομματιών μικρής διαμέτρου αλλά μεγάλου μήκους. Στο [σχήμα 4.20](#) φαίνονται ένα σταθερό και ένα κινητό καβαλέτο.



Σχήμα 4.20: Συγκράτηση με καβαλέτα.

**Συγκράτηση με τσιμπίδα (collet).** Χρησιμοποιείται για συγκράτηση μικρών διαμέτρων κομματιών (παράγραφος 3.1.5.2).



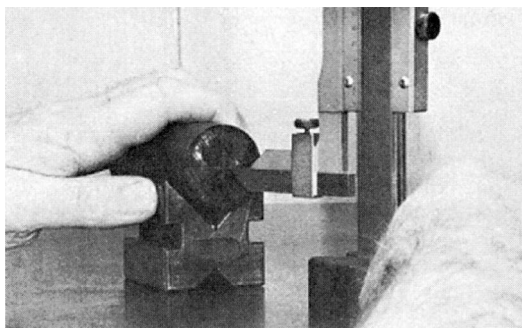
#### **ΑΣΚΗΣΗ 4.1**

##### **Συγκράτηση κομματιού μεταξύ τσοκ και κεντροφορέα**

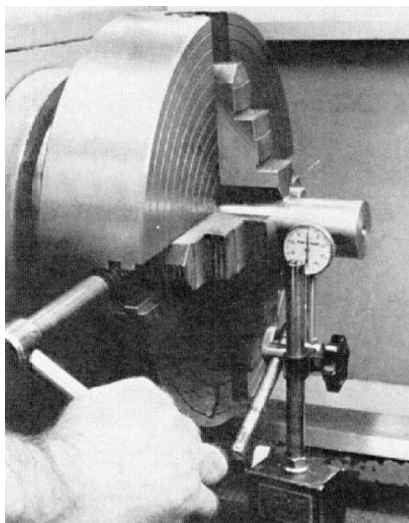
Υλικό κατεργαζόμενου κομματιού: Ράβδος από μαλακό χάλυβα St 37, διαμέτρου 40 mm και μήκους 105 mm.

Οι φάσεις εκτέλεσης της άσκησης είναι οι εξής:

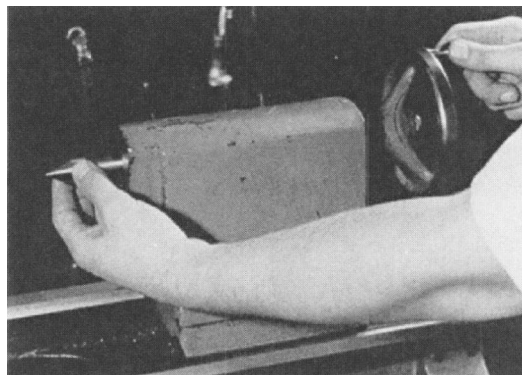
1. Τοποθέτηση της ράβδου επάνω σε μια βάση V και χάραξη στο μέτωπό της δύο δυνάμεων (μία οριζόντια και μία κάθετη) για εύρεση του κέντρου, με τη βοήθεια υψομετρικού χαράκτη.



2. Συγκράτηση της ράβδου με το τσοκ.

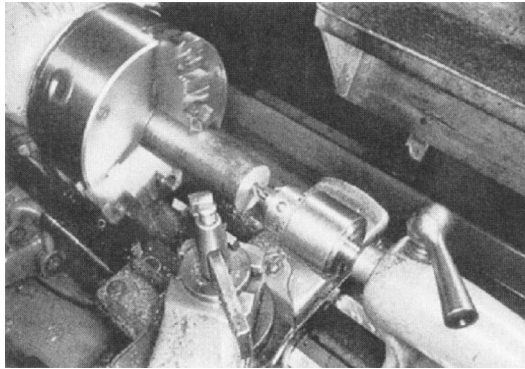


3. Επιλογή του κεντροτρύπανου για τη διαμόρφωση της κωνικής σπής  $60^\circ$ : Από τον πίνακα 4.2 για  $\Phi 40$  η διάμετρος του κεντροτρυπάνου είναι  $d_1=3\text{mm}$ .
4. Με τη βοήθεια του χειρομοχλού, αποσυναρμολογείται η κωνική πάντα του κεντροφορέα και αντικαθίσταται με ένα κωνικό τσοκ, για τη συγκράτηση του κεντροτρύπανου.

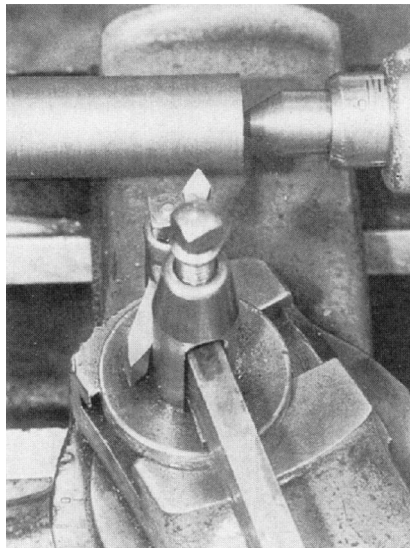


5. Τίθεται σε λειτουργία ο τόρνος και ρυθμίζεται σε χαμηλή περιστροφική ταχύτητα η κύρια άτρακτος, με τη βοήθεια του μοχλού ταχυτήτων του τόρνου.
6. Μετακίνηση του κεντροφορέα κατά μήκος του κρεβατιού του τόρνου, ώσπου να ακουμπήσει η άκρη του κεντροτρύπανου τη ράβδο.

7. Με τη βοήθεια του χειρομοχλού, αποσυναρμολογείται η κωνική πόντα του κεντροφορέα και αντικαθίσταται με ένα κωνικό τσοκ, για τη συγκράτηση του κεντροτρύπανου.

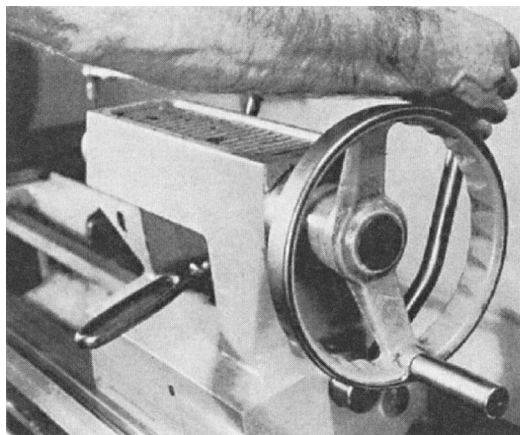


8. Απομάκρυνση του κεντροφορέα από τη ράβδο και σταμάτημα των στροφών λειτουργίας της ατράκτου.
9. Αλλαγή του κωνικού τσοκ της κουκουβάγιας με κωνική πόντα και ασφάλισή της με τη βοήθεια του μοχλού ασφάλισης της πόντας.
10. Μετακίνηση του κεντροφορέα προς τη ράβδο και συγκράτησή της με την πόντα.



11. Ασφάλιση του κεντροφορέα με τη βοήθεια του μοχλού ασφαλείας.





#### 4.5 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΟΠΗΣ ΤΟΡΝΟΥ

Για την κοπή στην τórνευση χρησιμοποιούνται κοπτικά εργαλεία συνήθως από χάλυβα εργαλείων, ταχυχάλυβα, σκληρομέταλλα και κεραμικά. Η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου εξαρτάται κατά πολύ από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο και από τη γεωμετρία της κόψης του. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα κοπτικό εργαλείο συνοψίζονται στα παρακάτω :

- ♦ **μεγάλη σκληρότητα**, ώστε να μπορεί το εργαλείο να εισχωρεί στο μαλακότερο κατεργαζόμενο τεμάχιο
- ♦ **αντίσταση στη θερμότητα**, ώστε να διατηρεί τη σκληρότητά του στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την κοπή και
- ♦ **αντίσταση σε φθορά**, ώστε η κοπτική ακμή του να διατηρεί τις κοπτικές ιδιότητές της.

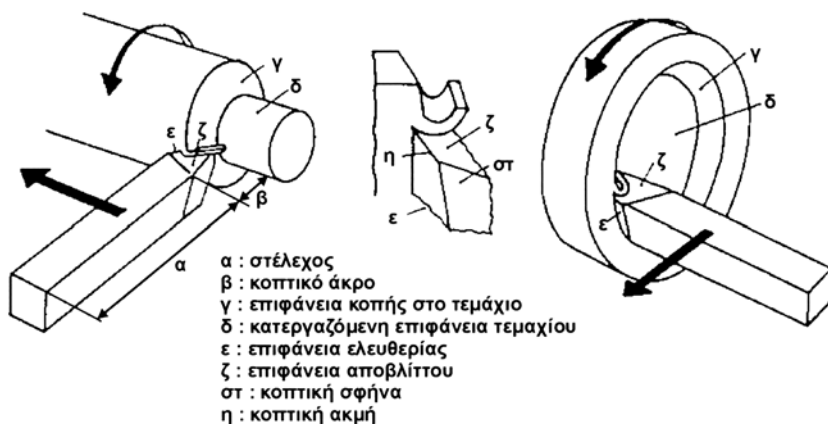
Στην παράγραφο 2.3 αναφέρονται αναλυτικά οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των διαφόρων υλικών εργαλείων κοπής.

##### 4.5.1 Είδη και μορφές εργαλείων από ταχυχάλυβα και σκληρομέταλλα

Στο κοπτικό εργαλείο διακρίνονται δύο χαρακτηριστικά τμήματα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.21, το **στέλεχος** και το **κοπτικό άκρο**. Το στέλεχος χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση του εργαλείου στον εργαλειοδέτη, ενώ το κοπτικό άκρο περιλαμβάνει τις κοπτικές ακμές που συμμετέχουν στην κοπή. Το στέλεχος είναι από μαλακό υλικό, ώστε να δέχεται τα κρουστικά φορτία και

τις δυναμικές καταπονήσεις κατά τη διάρκεια της κοπής χωρίς να θραύεται.

Μια επίπεδη τομή του κοπτικού άκρου έχει το σχήμα σφήνας, η οποία ονομάζεται και **κοπτική σφήνα**. Στο ίδιο σχήμα 4.21 παρουσιάζονται, γενικά, οι χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου κατά την τórνευση.



**Σχήμα 4.21:** Χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου κατά την τórνευση.

Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου καθορίζεται από τις κοπτικές γωνίες του. Στο σχήμα 4.22 φαίνονται οι χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες ενός κοπτικού εργαλείου τórνευσης οι οποίες είναι:

#### ♦ Επιφάνειες

- **Επιφάνεια αποβλίττου.** Είναι η επιφάνεια πάνω στην οποία ρέει το απόβλιττο
- **Επιφάνεια ελευθερίας.** Είναι η απέναντι επιφάνεια από την κατεργαζόμενη του τεμαχίου

#### ♦ Ακμές

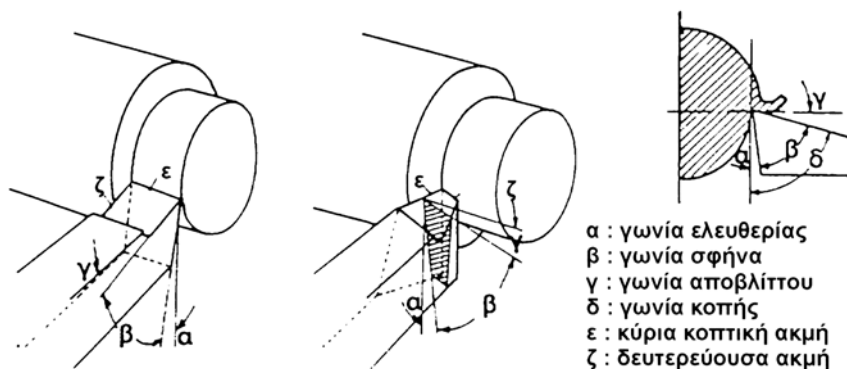
- **Κύρια κοπτική ακμή.** Είναι η κοπτική ακμή η παράλληλη ή κάθετη στον άξονα περιστροφής του τεμαχίου, ανάλογα την κατεύθυνση της πρόωσης
- **Δευτερεύουσα ακμή.** Είναι η διπλανή κοπτική ακμή, στο ίδιο επίπεδο της κύριας κοπτικής ακμής

#### ♦ Γωνίες

- γωνία ελευθερίας α

- γωνία σφήνας  $\beta$
- γωνία αποβλίπτου  $\gamma$

Οι γωνίες κοπής, που προαναφέρθηκαν, επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα της κοπής (ποιότητα επιφάνειας, τραχύτητα κ.λπ.) και εξαρτώνται από το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί. Έτσι, για να αποφευχθεί θραύση της κοπτικής ακμής στην κατεργασία σκληρών υλικών, επιλέγεται μεγάλη γωνία σφήνας. Η γωνία ελευθερίας κρατείται τόση, ώστε να μη δημιουργείται τριβή ανάμεσα στην επιφάνεια ελευθερίας και την κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου, ενώ η μεγάλη γωνία αποβλίπτου βοηθά στην καλύτερη ροή του αποβλίπτου και κατά συνέπεια στη διαδικασία της κοπής. Η γωνία αποβλίπτου όμως δεν μπορεί να μεγαλώνει τυχαία, μια και επηρεάζει τη γωνία σφήνας. Αυτό σημαίνει πως ανάμεσα στις κοπτικές γωνίες του εργαλείου υπάρχει αλληλεξάρτηση και πρέπει να γίνεται βέλτιστη επιλογή τους. Το άθροισμα των γωνιών κοπής ισούται με 90 (σχέση 2.1, παρ. 2.1).



**Σχήμα 4.22:** Χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες κοπτικού.

Οι κατάλληλες αυτές γωνίες για το συνδυασμό υλικό κοπτικού εργαλείου - υλικό κατεργαζόμενου τεμαχίου, προκύπτουν μετά από συστηματικά πειράματα. Σήμερα υπάρχουν αρκετά τέτοια αποτελέσματα που προτείνουν γωνίες κοπής ανάλογα με το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί. Γενικά όμως ισχύουν τα παρακάτω :

- ♦ σκληρό υλικό απαιτεί μεγάλη γωνία σφήνας
- ♦ μαλακό υλικό απαιτεί μεγάλη γωνία αποβλίπτου.

Στον πίνακα 4.3 δίδονται ενδεικτικές τιμές για τις τρεις γωνίες κοπής για κοπτικά εργαλεία από ταχυχάλυβα (HSS) και καρβίδια.

Εκτός από τις τρεις βασικές γωνίες κοπής, υπάρχουν και άλλες τρεις

**Πίνακας 4.3: Γωνίες κοπής κοπτικών εργαλείων από ταχυχάλυβα και καρβίδια για διάφορα υλικά κατεργασμένου κομματιού.**

| ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΑΣ    |               |                | ΥΛΙΚΟ                                    | ΚΑΡΒΙΔΙΑ       |               |                |
|----------------|---------------|----------------|------------------------------------------|----------------|---------------|----------------|
| $\alpha^\circ$ | $\beta^\circ$ | $\gamma^\circ$ |                                          | $\alpha^\circ$ | $\beta^\circ$ | $\gamma^\circ$ |
| 8              | 68            | 14             | Χάλυβας έως 70 Kg/mm <sup>2</sup>        | 5              | 75            | 10             |
| 8              | 72            | 10             | Χυτοχάλυβας έως 50 Kg/mm <sup>2</sup>    | 5              | 79            | 6              |
| 8              | 68            | 14             | Χαλυβοκράματα έως 85 Kg/mm <sup>2</sup>  | 5              | 75            | 10             |
| 8              | 72            | 10             | Χαλυβοκράματα έως 100 Kg/mm <sup>2</sup> | 5              | 77            | 8              |
| 8              | 72            | 10             | Ελατός Χυτοσίδηρος                       | 5              | 75            | 10             |
| 8              | 82            | 0              | Χυτοσίδηρος                              | 5              | 85            | 0              |
| 8              | 64            | 18             | Χαλκός                                   | 8              | 64            | 18             |
| 8              | 82            | 0              | Ορείχαλκος                               | 5              | 79            | 6              |
| 12             | 48            | 30             | Καθαρό αλουμίνιο                         | 12             | 48            | 30             |
| 12             | 64            | 14             | Αλουμίνιο Χύτευσης, Πλαστικά κράματα     | 12             | 60            | 18             |
| 8              | 76            | 6              | Κράματα μαγνησίου                        | 5              | 79            | 6              |
| 12             | 64            | 14             | Μονωτικά υλικά                           | 12             | 64            | 14             |
| 12             | 68            | 10             | Σκληρό ελαστικό                          | 12             | 68            | 10             |
| -              | -             | -              | Πορσελάνη                                | 5              | 85            | 0              |

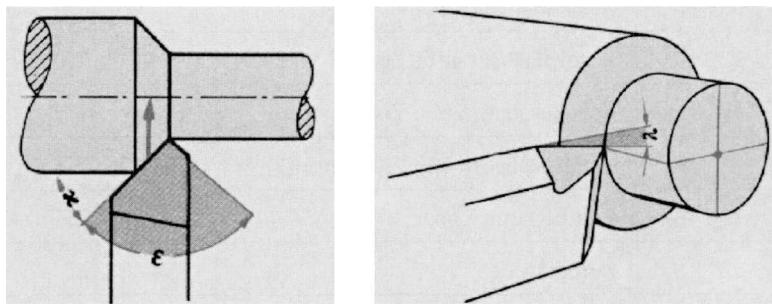
γωνίες, σημαντικές για την κατεργασία της τórνευσης. Οι γωνίες αυτές, που παρουσιάζονται στο σχήμα 4.23, είναι οι παρακάτω :

**Γωνία τοποθέτησης κ.** Ορίζεται ανάμεσα στην κύρια κοπτική ακμή και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια. Όταν η γωνία κ είναι μεγάλη, το πάχος του αποβλίπτου είναι μικρό, αλλά η κατανομή της φόρτισης στο εργαλείο γίνεται σε μια πολύ μικρή περιοχή του. Αυτό έχει ως συνέπεια την ελάττωση του χρόνου ζωής του κοπτικού εργαλείου. Μια μικρή γωνία κ ισοδυναμεί με πιο παχύ απόβλιπτο για το ίδιο βάθος κοπής, αλλά η διάρκεια ζωής του εργαλείου μεγαλώνει. Συνήθως η γωνία κ λαμβάνεται 45°.

**Γωνία αιχμής ε.** Ορίζεται ανάμεσα στην κύρια και δευτερεύουσα κόψη του εργαλείου. Συνήθως είναι γύρω στις 90°, ενώ εργαλεία με μικρή γωνία αιχμής ε γρήγορα γίνονται ιδιαίτερα μυτερά.

**Γωνία κλίσης λ.** Η γωνία αυτή προσδιορίζει τη θέση της κύριας κοπτικής

ακμής ως προς την οριζόντια θέση. Η ακμή αυτή μπορεί να λαμβάνει θέση οριζόντια ή με κλίση. Για τόννευση εκχονδρίσματος, η κλίση της κύριας κόψης αποδεικνύεται ευνοϊκή, μια και το απόβλιπτο ρέει ευκολότερα. Η γωνία κλίσης  $\lambda$  για εργαλεία εκχόνδρισης λαμβάνει τιμές περίπου από  $3^\circ$  έως  $5^\circ$ .



**Σχήμα 4.23:** Χαρακτηριστικές γωνίες τοποθέτησης στην τόννευση.

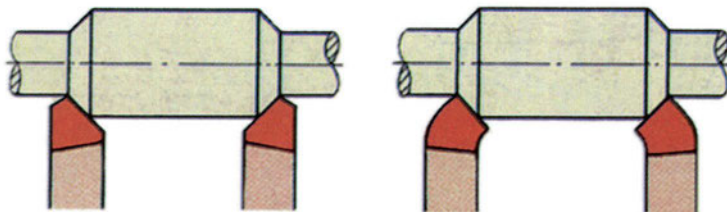
Ανάλογα με τη μορφή και το είδος της τόννευσης απαιτούνται και διαφορετικά κοπτικά εργαλεία ως προς τη μορφή και τη γεωμετρία τους. Έτσι, ειδικής μορφής εργαλεία χρησιμοποιούνται για εκχόνδριση, άλλα για φινιρίσμα και για κοπή σπειρώματος, άλλα για boring κ.λπ.

Τα περισσότερα κοπτικά εργαλεία για τόννευση τροχίζονται για να κόβουν μόνο από τη μία πλευρά, έχουν δηλαδή μία και μοναδική κοπτική ακμή. Υπάρχουν όμως και κοπτικά εργαλεία τόννευσης με δύο κοπτικές ακμές για πιο γενικές χρήσεις. Τα κοπτικά εργαλεία τόννευσης μπορούν να διαχωριστούν σε :

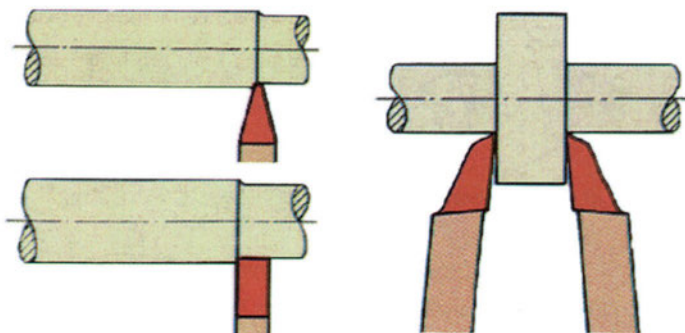
**Εργαλεία εκχόνδρισης.** Είναι σχεδιασμένα έτσι, ώστε να αντέχουν την ισχυρή πίεση που δέχονται, για την αφαίρεση υλικού σε μικρό χρόνο. Η μορφή τους είναι ευθεία ή καμπυλωτή, όπως φαίνεται στο [σχήμα 4.24](#). Ανάλογα με τη θέση της κύριας κόψης διακρίνονται σε **δεξιόκοπα** και **αριστερόκοπα** εργαλεία εκχόνδρισης.

**Εργαλεία φινιρίσματος ή αποπεράτωσης.** Έχουν σκοπό την κατεργασία της τελικής επιφάνειας. Για το σκοπό αυτό τα εργαλεία αυτά έχουν ευθεία δομή με καμπύλες ακμές. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται πλατιά εργαλεία φινιρίσματος με τετράγωνη μύτη, όπως φαίνεται στο [σχήμα 4.25](#). Μετά από το τρόχισμα τα εργαλεία φινιρίσματος πρέπει να ακονίζονται προσεκτικά με ειδική κρέμα, αλλιώς οι κατεργασμένες επιφάνειες δε γίνονται όσο λείες απαιτείται. Η λείανση τμημάτων διαφόρων τεμαχίων, όπως οι θέσεις έδρασης αξόνων, είναι πολλές φορές υποχρεωτική, ώστε να μειώνεται κατά το δυνατόν η αναπτυσσόμενη τριβή. Επιπλέον, σε περιστρεφόμενα τεμάχια, η ύπαρξη ρα-

βδώσεων ή αυλακώσεων, που έχουν παραμείνει από κακό φινίρισμα, οδηγεί πολλές φορές σε μεγάλη ανάπτυξη φθοράς που έχει ως τελικό αποτέλεσμα την θραύση του τεμαχίου στην περιοχή αυτή.



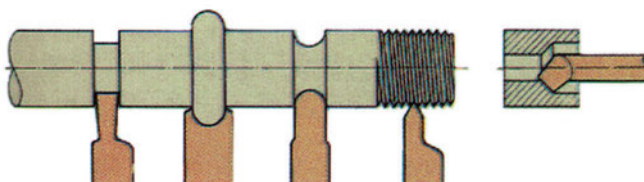
**Σχήμα 4.24:** Κοπτικά εργαλεία εκχόνδρισης.



**Σχήμα 4.25:** Κοπτικά εργαλεία φινιρίσματος.

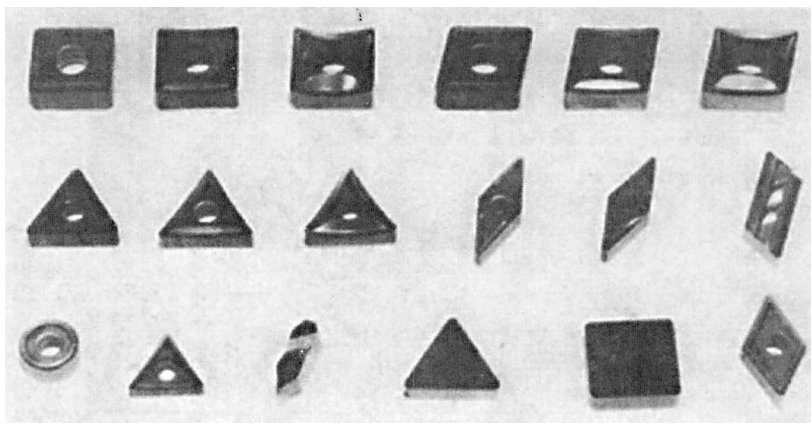
**Πλευρικά εργαλεία.** Χρησιμοποιούνται για κατεργασίες προσώπου και για εξομάλυνση αιχμηρών γωνιών. Τα εργαλεία αυτά δεν έχουν δύο κοπτικές ακμές και ως εκ τούτου πρέπει να χρησιμοποιούνται από το κέντρο προς το εξωτερικό του τεμαχίου.

**Εργαλεία ειδικών μορφών.** Χρησιμοποιούνται για ειδικές κατεργασίες όπως η απότμηση, η τórνευση μορφής, η σπειροτόμηση, η διάνοιξη εσωτερικής οπής (boring) κ.λπ. Στο σχήμα 4.26 παρουσιάζονται τέτοια ειδικής μορφής κοπτικά εργαλεία.



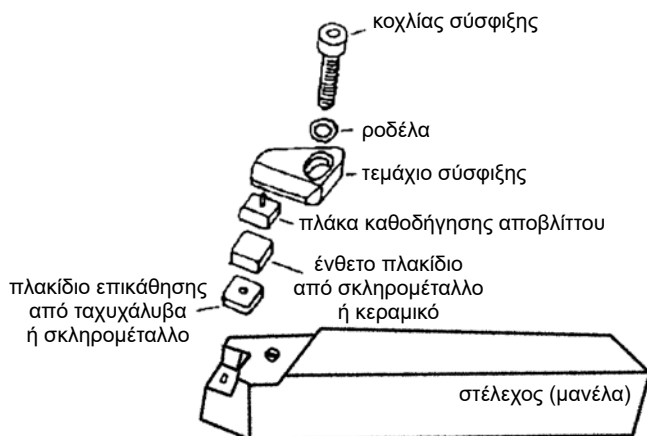
**Σχήμα 4.26:** Κοπτικά εργαλεία ειδικής μορφής.

Τα κοπτικά εργαλεία μπορεί να αποτελούν ενιαίο τμήμα με το στέλεχος, πράγμα που είναι αντισυμβατικό. Σε αντίθεση με αυτά, χρησιμοποιούνται κοπτικά εργαλεία σε μορφή πλακιδίων ή πολύ μικρά κοπτικά, τα οποία προσαρμόζονται σε ειδικές μανέλλες από φτηνό μαλακό χάλυβα. Στο σχήμα 4.27 παρουσιάζονται πλακίδια για διάφορες είδη τόννευσης.



**Σχήμα 4.27:** Πλακίδια για διάφορες μορφές τόννευσης.

Στο σχήμα 4.28 παρουσιάζεται ένας τρόπος συγκράτησης πλακιδίου από σκληρομέταλλο ή κεραμικό, μέσω ειδικού τεμαχίου και κοχλίας σύσφιξης. Άλλοι τρόποι συγκράτησης ένθετων πλακιδίων φαίνονται στο σχήμα 4.29.



**Σχήμα 4.28:** Συγκράτηση πλακιδίου στη μανέλλα.



**Σχήμα 4.29:** Στελέχη με πλακίδια εργαλείων τórνευσης.

#### 4.5.2 Τρόχισμα των εργαλείων κοπής

Μετά από αρκετές ώρες κόψης, η κοπτική ακμή του εργαλείου φθείρεται και γίνεται τραχιά, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας και της τριβής μεταξύ του εργαλείου και του τεμαχίου. Αυτό οδηγεί σε κακή ποιότητα επιφανείας του κατεργαζόμενου κομματιού. Προς αποφυγή τέτοιων δυσάρεστων αποτελεσμάτων, απαραίτητος είναι ο συχνός έλεγχος των γωνιών κοπής του εργαλείου και η διόρθωση τυχόν αποκλίσεών τους. Η συντήρηση των γωνιών κοπής γίνεται με τη βοήθεια του τροχίσματος.

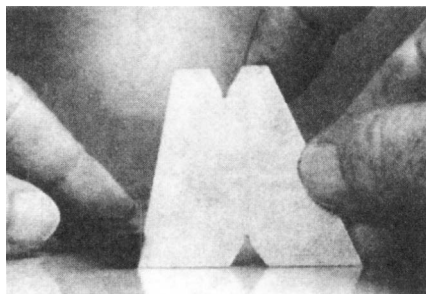
Για καλύτερο τρόχισμα χρησιμοποιείται πρώτα χονδρός τροχός για εκχόνδριση, και στη συνέχεια λεπτός τροχός για το φινίρισμα. Ο έλεγχος των γωνιών κοπής γίνεται με ειδικούς ελεγκτήρες. Τα στάδια τροχίσματος κοπτικού εργαλείου είναι τα εξής:

1. Εκχόνδριση της κύριας επιφάνειας ελευθερίας ( σχήμα 4.30)
2. Έλεγχος της γωνίας ελευθερίας με ελεγκτήρα (σχήμα 4.31)
3. Εκχόνδριση της δευτερεύουσας επιφάνειας ελευθερίας (σχήμα 4.32)
4. Έλεγχος της γωνίας αποβλίπτου (σχήμα 4.33)
5. Φινίρισμα της ελεύθερης επιφάνειας
6. Φινίρισμα της δευτερεύουσας επιφάνειας
7. Εκχόνδριση της επιφάνειας αποβλίπτου (σχήμα 4.34)
8. Έλεγχος της γωνίας σφήνας (σχήμα 4.35)
9. Στρογγύλεμα της κύριας κοπτικής ακμής (σχήμα 4.36)





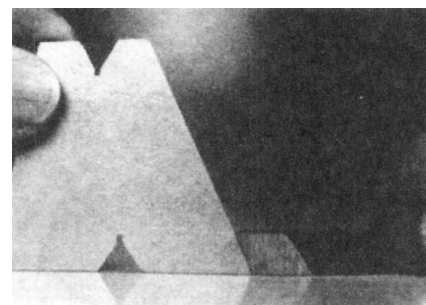
**Σχήμα 4.30:** Εκχόνδριση της κυρίας επιφάνειας ελευθερίας



**Σχήμα 4.31:** Έλεγχος της γωνίας ελευθερίας



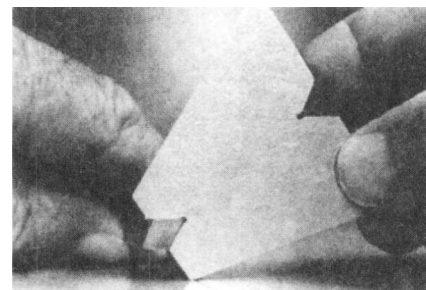
**Σχήμα 4.32:** Εκχόνδριση της δευτερεύουσας επιφάνειας ελευθερίας



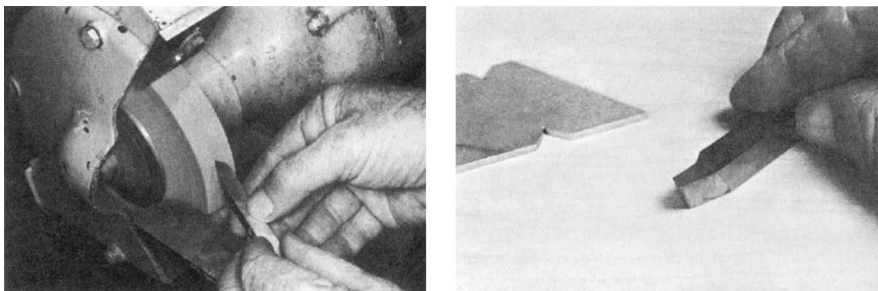
**Σχήμα 4.33:** Έλεγχος της γωνίας αποβλίττου



**Σχήμα 4.34:** Εκχόνδριση της επιφάνειας αποβλίττου



**Σχήμα 4.35:** Έλεγχος της γωνίας σφήνας



**Σχήμα 4.36:** Στρογγύλεμα της κυρίας κοπτικής ακμής

#### 4.5.3 Ζωή του κοπτικού εργαλείου τórνευσης

Όπως κάθε κοπτικό εργαλείο, έτσι και τα κοπτικά εργαλεία της τórνευσης έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής. Με τον όρο **ζωή του εργαλείου** εννοείται ο χρόνος που το εργαλείο μπορεί να κόβει συνεχώς χωρίς να χρειαστεί επανατροχισμό ή να απορριφθεί. Τα κριτήρια, σύμφωνα με τα οποία ένα εργαλείο κρίνεται προς απομάκρυνση, καλούνται **κριτήρια αστοχίας**. Στην πράξη κριτήρια αστοχίας μπορεί να είναι:

- ♦ η ανώτερη επιτρεπτή τιμή για το πλάτος ζώνης φθοράς ή για το βάθος κρατήρα ή και για τα δύο μαζί,
- ♦ η ανώτερη τιμή της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας,
- ♦ η επιτρεπόμενη ανοχή διαστάσεων στο κατεργασμένο τεμάχιο,
- ♦ το προκαθορισμένο μέγιστο ποσοστό αύξησης των δυνάμεων κοπής ή της ισχύος κοπής,

Οι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στη ζωή του κοπτικού εργαλείου είναι:

- ♦ οι συνθήκες κοπής (ταχύτητα κοπής, πρόωση και βάθος κοπής),
- ♦ η γεωμετρία του εργαλείου,
- ♦ το υλικό του εργαλείου,
- ♦ το κατεργαζόμενο υλικό,
- ♦ το υγρό κοπής.

Η βέλτιστη επιλογή των παραγόντων αυτών οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου με αποτέλεσμα την οικονομικότερη κατεργασία.



## ΑΣΚΗΣΗ 4.2

### Τρόχισμα και συγκράτηση κοπτικού εργαλείου τórνευσης.

Κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα (HSS) πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για τórνευση ράβδου από χάλυβα St42,  $\Phi 50$  mm. Να γίνει έλεγχος των γωνιών κοπής και να τοποθετηθεί στον εργαλειοδέτη.

Οι φάσεις εκτέλεσης της άσκησης είναι οι εξής:

1. Αρχικά πρέπει να γίνει έλεγχος στις γωνίες κοπής με τη βοήθεια ενός ελεγκτήρα. Οι γωνίες κοπής, σύμφωνα με τον πίνακα 3.5 για κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα και κατεργαζόμενο υλικό από χάλυβα St42, πρέπει να έχουν τις εξής τιμές:

γωνία ελευθερίας  $\alpha=8^\circ$ , γωνία αποβλίπτου  $\gamma=14^\circ$ , γωνία σφήνας  $\beta=68^\circ$ .

Δηλαδή  $\alpha+\beta+\gamma = 8+14+68 = 90^\circ$

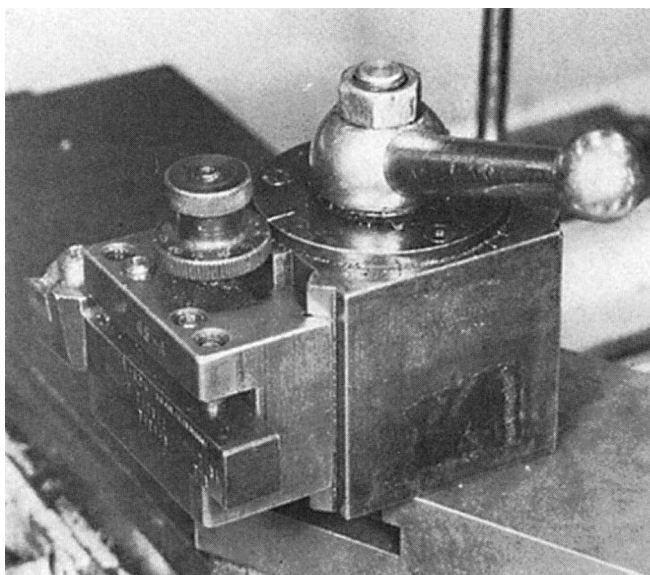
Αν οι πραγματικές τιμές των γωνιών κοπής του κοπτικού εργαλείου διαφέρουν, έχουν κάποια απόκλιση από τις παραπάνω τιμές, τότε πρέπει να γίνει τórχισμα του κοπτικού εργαλείου. Για το τórχισμα του εργαλείου ακολουθείται η μεθοδολογία της παραγράφου 4.5.2.

2. Μετά το τórχισμα τοποθετείται το κοπτικό εργαλείο στη μανέλλα.



3. Στη συνέχεια γίνεται συγκράτηση του εργαλείου στον εργαλειοδέτη. Για κατεργασία εκχόνδρισης, το κοπτικό εργαλείο περιστασιακά τοποθετείται επάνω από τον άξονα του τεμαχίου, γύρω στο 2% της διαμέτρου του (σχήμα 4.12). Για  $\Phi = 50$ , το εργαλείο τοποθετείται σε απόσταση ίση με 1 mm, επάνω από τον άξονα του τεμαχίου.

Το κοπτικό εργαλείο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.13, πρέπει να συγκρατείται, ώστε το ελεύθερο μήκος του να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο.



#### 4.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΡΝΟ

Στην τórνευση οι συνθήκες κοπής είναι η **ταχύτητα κοπής**, που σχετίζεται με τις στροφές περιστροφής του κομματιού και τη διάμετρο κοπής, η **πρόωση** και το **βάθος κοπής**. Οι τρεις αυτοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατεργασία και η σωστή κάθε φορά επιλογή τους αποτελεί απαραίτητη γνώση του χειριστή ενός τórνου.

##### 4.6.1 Ταχύτητα κοπής

Η ταχύτητα κοπής εκφράζει το ρυθμό κοπής στην κύρια κίνηση, που είναι η περιστροφή του τεμαχίου.

Κατά την τórνευση τεμαχίου διαμέτρου  $D$  [mm], το οποίο περιστρέφεται με  $n$  στροφές το λεπτό (rpm), η ταχύτητα κοπής  $u$  προκύπτει από τη σχέση (3.1) της παράγραφο 3.1.2.1. Η σχέση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι η ταχύτητα κοπής ισούται με το πηλίκο του διαστήματος που διανύεται δια του χρόνου. Το διάστημα που διανύεται σε ένα λεπτό [min] είναι το αντίστοιχο  $n$  περιστροφών και, επειδή σε μία περιστροφή το διάστημα που διανύεται ισούται με την περιφέρεια του τεμαχίου ( $\pi D$ ), το συνολικό διάστημα σε ένα λεπτό είναι  $\pi Dn$ . Ο παρονομαστής 1000 εισάγεται έτσι, ώστε τα χιλιοστά [mm] της διαμέτρου  $D$  να εκφράζονται σε μέτρα [m] στην τιμή της ταχύτητας  $u$  [m/min].

### ❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.1

Να υπολογισθεί η ταχύτητα κοπής για την κατεργασία στον τόρνο, τεμαχίου διαμέτρου 50 mm, όταν περιστρέφεται με 160 rpm.

#### Λύση

Η ταχύτητα κοπής προσδιορίζεται από την σχέση ( 3.1 ). Έτσι:

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 160}{1000} \text{ m/min} = 5.12 \text{ m/min}$$

Η ταχύτητα κοπής δεν επιλέγεται τυχαία. Χαμηλή ταχύτητα κοπής οδηγεί σε μεγάλο χρόνο κοπής, ενώ υψηλή ταχύτητα κοπής οδηγεί σε υψηλές θερμοκρασίες, που αναπτύσσονται στο κοπτικό εργαλείο, με αποτέλεσμα την πρόωρη φθορά και καταστροφή του. Στο πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι βέλτιστες τιμές της ταχύτητας κοπής, ανάλογα με το υλικό του κοπτικού εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Από τον πίνακα αυτόν μπορεί, για παράδειγμα, να παρατηρηθεί πως για την εκχόνδριση τεμαχίου **St50** με κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα η ενδεικνυόμενη ταχύτητα κοπής είναι 22 m/min. Από την τιμή της ταχύτητας αυτής, ανάλογα με τη διάμετρο του τεμαχίου **D**, είναι δυνατός ο προσδιορισμός των απαιτούμενων στροφών **n**, από τον ισοδύναμο τύπο (3.1).

**Πίνακας 4.4: Τιμές γωνιών κοπής, ταχυτήτων κοπής, προώσεων, βαθών κοπής και υγρών κοπής για κατεργασίες στον τόρνο.**

| ΥΛΙΚΟ                                                           | ΚΟΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ | ΓΩΝΙΕΣ ΚΟΠΗΣ |    |    | ΕΚΧΟΝΔΡΙΣΗ<br>ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ                              |                      |                          | ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ<br>ΒΑΘΟΣ ΚΟΠΗΣ                                                                                       |                      |                          | ΥΓΡΟ ΚΟΠΗΣ |          |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|--------------|----|----|--------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------|----------|
|                                                                 |                  |              |    |    | a ≈ 4.....10.s                                         |                      |                          | a ≈ 2.....5.s                                                                                                  |                      |                          |            |          |
|                                                                 |                  |              |    |    | ΤΑΧΥΤΗΤΑ<br>ΚΟΠΗΣ<br>U [m/min]                         | ΠΡΟΩΣΗ<br>S [mm/rev] | ΒΑΘΟΣ<br>ΚΟΠΗΣ<br>a [mm] | ΤΑΧΥΤΗΤΑ<br>ΚΟΠΗΣ<br>U [m/min]                                                                                 | ΠΡΟΩΣΗ<br>S [mm/rev] | ΒΑΘΟΣ<br>ΚΟΠΗΣ<br>a [mm] |            |          |
|                                                                 |                  |              |    |    |                                                        |                      |                          |                                                                                                                |                      |                          |            |          |
| ΧΑΛΥΒΑΣ<br>50 Kg/mm <sup>2</sup>                                | W                | 8            | 62 | 20 | 14                                                     | 0.5                  | 4                        | 20                                                                                                             | 0.2                  | 1                        | E          | E ή<br>P |
|                                                                 | HSS              |              |    |    | 22                                                     | 1                    | 10                       | 30                                                                                                             | 0.5                  | 1                        |            |          |
|                                                                 | H                | 5            | 67 | 18 | 150                                                    | 2.5                  | 15                       | 250                                                                                                            | 0.25                 | 1.5                      |            |          |
| 50-70<br>Kg/mm <sup>2</sup>                                     | W                | 8            | 68 | 14 | 10                                                     | 0.5                  | 4                        | 15                                                                                                             | 0.2                  | 1                        | E          | E ή<br>P |
|                                                                 | HSS              |              |    |    | 20                                                     | 1                    | 10                       | 24                                                                                                             | 0.5                  | 1                        |            |          |
|                                                                 | H                | 5            | 75 | 10 | 120                                                    | 2.5                  | 15                       | 200                                                                                                            | 0.25                 | 1.5                      |            |          |
| 70-85<br>Kg/mm <sup>2</sup>                                     | W                | 8            | 68 | 14 | 8                                                      | 0.5                  | 4                        | 12                                                                                                             | 0.2                  | 1                        | E          | E ή<br>P |
|                                                                 | HSS              |              |    |    | 15                                                     | 1                    | 10                       | 20                                                                                                             | 0.5                  | 1                        |            |          |
|                                                                 | H                | 5            | 75 | 10 | 80                                                     | 2                    | 15                       | 140                                                                                                            | 0.2                  | 1.5                      |            |          |
| ΧΑΛΥΒΑΣ<br>ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ                                            | W                | 8            | 76 | 6  | 6                                                      | 0.5                  | 3                        | 8                                                                                                              | 0.2                  | 1                        | E          | E ή<br>P |
|                                                                 | HSS              |              |    |    | 12                                                     | 1                    | 8                        | 16                                                                                                             | 0.5                  | 1                        |            |          |
|                                                                 | H                | 5            | 79 | 6  | 30                                                     | 0.6                  | 5                        | 50                                                                                                             | 0.15                 | 1                        |            |          |
| W = Χάλυβας εργαλείων<br>HSS = Ταχυχάλυβας<br>H = Σκληρομέταλλο |                  |              |    |    | E = Διαλυτικό λάδι<br>R = Ραφινιόελαιο<br>P = Κηροζίνη |                      |                          | Για τόνρευση σπειρωμάτων η τιμή της ταχύτητας πρέπει να είναι η μισή από την αντίστοιχη της διαμήκου τόνρευσης |                      |                          |            |          |

#### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.2

Να υπολογισθούν οι στροφές του τσοκ ενός τórνου για την κατεργασία τεμαχίου από χάλυβα St50, διαμέτρου 50mm.

#### Λύση

Οι στροφές προσδιορίζονται από τη σχέση (3.1 ). Έτσι:

$$n = \frac{1000 \cdot 22}{\pi \cdot 50} [\text{rpm}] \Rightarrow n \cong 140 \text{ rpm}$$

Για τον προσδιορισμό της ταχύτητας κοπής πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

**Υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου.** Τα σκληρά υλικά αναπτύσσουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες στη ζώνη τριβής, από τα μαλακά υλικά. Η θερμοκρασία μεγαλώνει, όσο μεγαλώνει η ταχύτητα κοπής. Γι' αυτό το λόγο, τα σκληρά υλικά πρέπει να κατεργάζονται σε χαμηλές ταχύτητες κοπής.

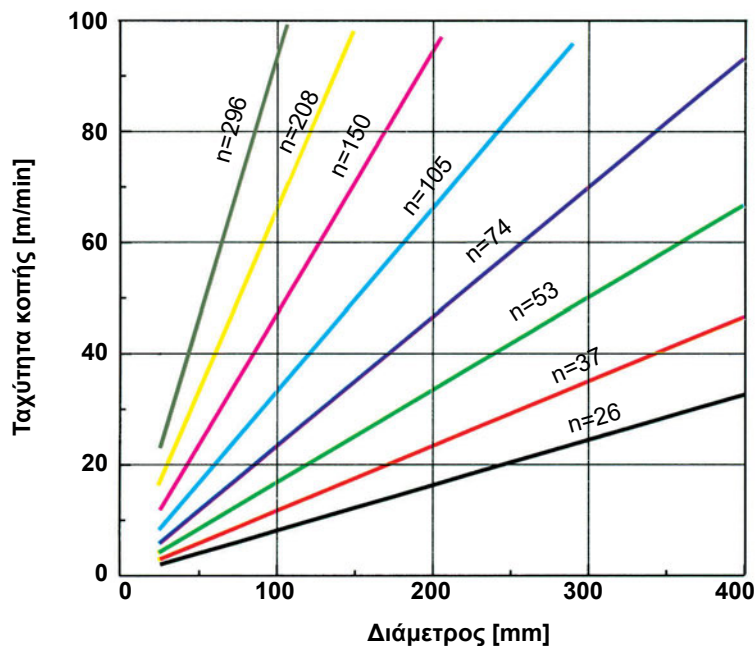
**Υλικό του κοπτικού εργαλείου.** Τα κοπτικά εργαλεία από σκληρομέταλλο διατηρούν τη σκληρότητά τους σε ψηλότερες θερμοκρασίες από τα αντίστοιχα των ταχυχαλύβων. Για το λόγο αυτό, επιλέγονται μεγαλύτερες ταχύτητες κοπής.

**Πάχος του αποβλίπτου.** Στην αποπεράτωση, το πάχος του αποβλίπτου είναι μικρότερο από το αντίστοιχο της εκχόνδρισης. Μεγαλύτερο πάχος αποβλίπτο, σημαίνει μεγαλύτερη θερμοκρασία στη ζώνη τριβής, άρα και χαμηλότερες ταχύτητες κοπής.

**Υγρό κοπής.** Όταν χρησιμοποιείται υγρό κοπής, μπορεί να επιλεγθεί μεγαλύτερη ταχύτητα κοπής.

#### 4.6.2 Διάγραμμα ταχυτήτων κοπής

Για εξοικονόμηση χρόνου, στο μηχανουργείο οι τιμές των στροφών του κινητήρα διαβάζονται από ένα διάγραμμα αντίστοιχο του σχήματος 4.37.



Σχήμα 4.37: Διάγραμμα ταχυτήτων κοπής, στροφών και διαμέτρων.

#### ❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.3

Άξονας από χάλυβα St50, διαμέτρου  $D=150$  mm, πρόκειται να κατεργαστεί στον τόρνο. Να υπολογισθούν η ταχύτητα κοπής και οι στροφές του κινητήρα.

#### Λύση

Από τον πίνακα 4.4, για υλικό St50 και κοπτικό εργαλείο από ταχυχάλυβα (HSS), η τιμή της ταχύτητας κοπής στην εκχόνδριση είναι  $u = 22$  m/min, για φινίρισμα  $u = 30$  m/min.

Από το διάγραμμα ταχυτήτων κοπής του σχήματος 4.37, για  $D = 150$  mm και  $u = 22$  m/min, οι στροφές είναι μεταξύ  $n = 37$  στρ/min και  $n = 53$  στρ/min, σ' αυτή την περίπτωση επιλέγεται  $n = 53$  στρ/min. Άρα η ταχύτητα κοπής θα είναι περίπου  $u = 25$  m/min.

Στο φινίρισμα, από το διάγραμμα ταχυτήτων, για  $D = 150$  mm και  $u = 30$  m/min,  $n$  είναι μεταξύ 53 στρ/min και 74 στρ/min, διαλέγεται η ψηλότερη  $n = 74$  στρ/min. Η ταχύτητα κοπής θα είναι  $u \Rightarrow 35$  m/min.

### 4.6.3 Πρόωση

Η πρόωση εκφράζει την ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά λεπτό [mm/min] ή χιλιοστά ανά περιστροφή του τεμαχίου [mm/rev] και συμβολίζεται αντίστοιχα με  $s'$  ή  $s$ . Ουσιαστικά πρόκειται για την ταχύτητα μετακίνησης του κοπτικού εργαλείου. Η σχέση ανάμεσα στις δύο εκφράσεις της πρόωσης είναι:

$$s' = s \cdot n \quad (4.1)$$

$s'$  ονομάζεται ταχύτητα προώσεως.

Στην περίπτωση εγκάρσιας τόννευσης, δηλαδή τόννευσης προσώπου, η πρόωση ονομάζεται εγκάρσια πρόωση. Η τιμή της εγκάρσιας προώσεως είναι μισή της διαμήκου προώσεως. Η σχέση της τιμής της προώσεως προς την τιμή του βάθους κοπής είναι 1:5 περίπου.

### 4.6.4 Χρόνος κατεργασίας

Ο χρόνος κατεργασίας ισούται με το πηλίκον του μήκους κοπής  $L$ , δια την ταχύτητα πρόωσης  $s'$ . Το μήκος κοπής  $L$  περιλαμβάνει και τους όρους  $l_a$  και  $l_u$  που είναι αντίστοιχα τα διαστήματα πριν και μετά την κοπή, δηλαδή όσο απαιτείται για να πλησιάσει το κοπτικό εργαλείο και για να απομακρυνθεί αντίστοιχα. Έτσι:

$$t_h = \frac{L}{s'} = \frac{L}{s \cdot n} \quad (4.2)$$

### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.4

Για την τόννευση τεμαχίου διαμέτρου 80mm και σε μήκος  $L_1=490\text{mm}$  με ταχύτητα κοπής  $u=20\text{m/min}$  και πρόωση  $s=0.5\text{mm/rev}$ , ζητείται ο χρόνος κοπής. (Δίδονται  $l_a=l_u=5\text{mm}$ ).

#### Λύση

Αφού υπολογιστεί το μήκος κοπής, υπολογίζονται οι στροφές και κατόπιν ο χρόνος κοπής.

$$L = L_1 + L_a + l_u \Rightarrow L = 480 \text{ mm} + 5 \text{ mm} + 5 \text{ mm} \Rightarrow L = 500 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \cdot u}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 80} [\text{rpm}] \Rightarrow n \cong 79,6 \text{ rpm}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.4 για  $D=80 \text{ mm}$  και  $u = 20 \text{ m/min}$   $n=74 \text{ στρ/min}$



ή rpm. (Στην εκχόνδριση διαλέγεται η χαμηλότερη ταχύτητα).

Ο χρόνος κοπής θα είναι:

$$t_n = \frac{l}{s'} = \frac{l}{s \cdot n} = \frac{500}{0.5 \cdot 79.6} = 12.56 [\text{min}]$$

#### **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.5**

Για την τórνευση προσώπου τεμαχίου διαμέτρου 190mm και σε μήκος  $L_a=5\text{mm}$  με ταχύτητα κοπής  $u=20\text{m/min}$  και πρόωση  $s=0.5\text{mm/rev}$ , ζητείται ο χρόνος κοπής.

#### **Λύση**

$$L = r + L_a$$

$$L = \frac{190 \text{ mm}}{2} + 5 = 100 \text{ mm}$$

$$n = 37 \text{ rpm (πίνακας 4.4)}$$

$$t_h = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{100 \text{ mm}}{0.5 \text{ mm} \cdot 37 \text{ rpm}} = 5.4 \text{ min}$$

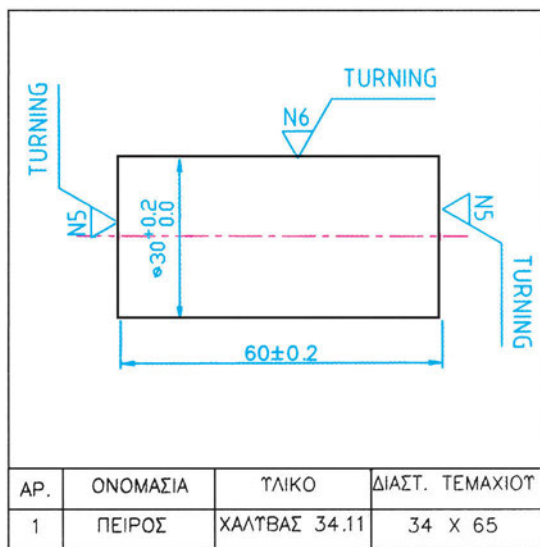


#### **ΑΣΚΗΣΗ 4.3**

#### **Τórνευση πείρων**

Οι πείροι χρησιμοποιούνται ευρέως για συναρμολόγηση εξαρτημάτων και κατασκευάζονται από χάλυβα διαμέτρου 3 έως 100 mm. Γενικά, οι πείροι καταπονούνται σε διάτμηση και λυγισμό. Η κατασκευή τους γίνεται σε συμβατικούς τórνους, ενώ για παραγγελίες πολλών κομματιών χρησιμοποιούνται τórνοι με ψηφιακή καθοδήγηση. Σκληρωμένοι πείροι, συνήθως μετά την κατεργασία, λειαίνονται σε λειαντική μηχανή.

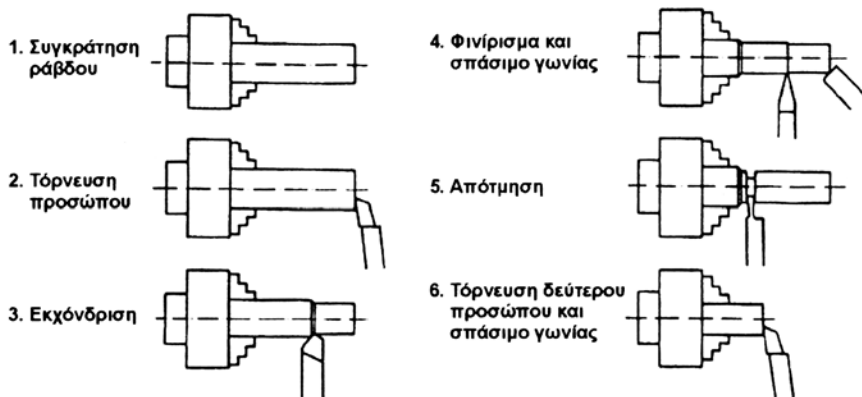
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το μηχανολογικό σχέδιο ενός πείρου. Το μηχανολογικό σχέδιο είναι απαραίτητο, γιατί δίδει πληροφορίες για το τελικό σχήμα του κομματιού, τις διαστάσεις, τις ανοχές, τις ποιότητες επιφανειών, επίσης και τον αριθμό των κομματιών που πρόκειται να κατεργαστούν.



### Κατασκευαστικό σχέδιο πείρου.

Η οργάνωση του πλάνου εργασίας για την κατασκευή του πείρου θα μπορούσε να ακολουθήσει τα στάδια που φαίνονται παρακάτω. Ουσιαστικά υπάρχουν έξι φάσεις κατεργασίας που είναι:

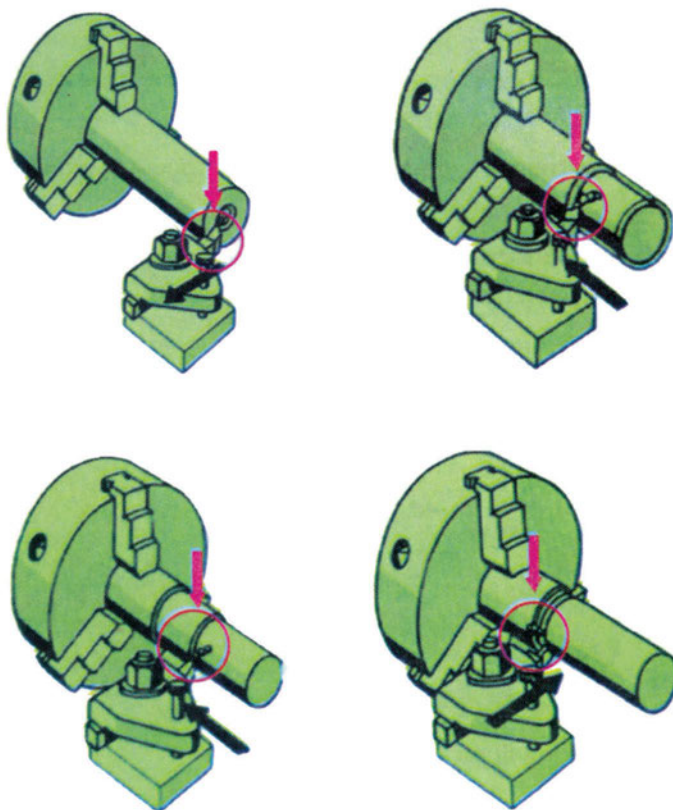
| Φάση                                              | Λειτουργία                                    | Εργαλεία                                |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                                                 | Συγκράτηση ράβδου                             | Τσοκ και εργαλείο τσοκ                  |
| 2                                                 | Τόρνευση προσώπου                             | Πλευρικό εργαλείο                       |
| 3                                                 | Εκχόνδριση                                    | Εργαλείο εκχονδρίσεως                   |
| 4                                                 | Φινίρισμα και σπάσιμο γωνιάς                  | Εργαλείο αποπεράτωσης και λίμα          |
| 5                                                 | Απότμηση                                      | Εργαλείο απότμησης (μαχαίρι σχισίματος) |
| 6                                                 | Τόρνευση δευτέρου προσώπου και σπάσιμο γωνιάς | Πλευρικό εργαλείο και λίμα              |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο |                                               |                                         |



### Στάδια κατεργασίας τόννευσης κυλινδρικού πείρου.

Για τη συγκράτηση της ράβδου χρησιμοποιείται τσοκ με τρεις σιαγόνες. Μετά τη διαμήκη τόννευση, ο πείρος αποχωρίζεται από τη ράβδο με μαχαίρι σχισίματος. Αυτό σημαίνει ότι η ράβδος πρέπει να δεθεί στο κομμάτι, εξασφαλίζοντας το κατάλληλο μήκος για την απότμηση.

Το κομμάτι που κατεργάζεται πρέπει πρώτα να τριανταριστεί στο πρόσωπο, ώστε να αποκτηθεί μια επιφάνεια αναφοράς κάθετη προς τον άξονα του πείρου για τις μετρήσεις κατά μήκος. Σε αυτή τη φάση χρησιμοποιείται δεξιό κοπτικό ή κοπτικό προσώπου. Κατόπιν εκχονδρίζεται σε διάμετρο  $\Phi 30.7\text{mm}$ , στο μήκος που απαιτείται, δηλαδή  $60\text{mm}$ . Στη συνέχεια, με ένα κοπτικό φινιρίσματος κατεργάζεται σε τελική διάμετρο  $\Phi 30\text{mm}$ . Το έτοιμο τεμάχιο αποχωρίζεται από τη ράβδο με μαχαίρι σχισίματος. Τα συγκεκριμένα βήματα παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



#### Βήματα τórνευσης πείρων.

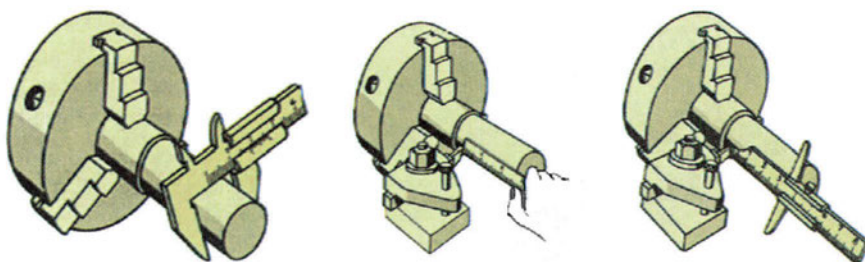
Οι συνθήκες κατεργασίας που θα έπρεπε να επιλεγούν εξαρτώνται από το υλικό του τεμαχίου. Έτσι, για χάλυβα St34.11 και για τελικό τεμάχιο διαμέτρου  $\Phi 30$ , από τον πίνακα 4.4 επιλέγονται οι ταχύτητες κοπής και οι προώσεις, στη συνέχεια επιλέγονται οι στροφές από το σχήμα 4.37 ή υπολογίζονται από τη σχέση (3.1). Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία | Στροφές [rpm] | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρόωση [mm/rev] |
|------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Εκχόνδριση | 250           | 22                     | 1               |
| Φινίρισμα  | 320           | 30                     | 0.5             |

Το κατεργασμένο τεμάχιο γίνεται αποδεκτό (δεν είναι **scrap**), αν πληρεί τις ανοχές διαστάσεων και την ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας, που

απαιτούνται από το μηχανολογικό σχέδιό του. Μετά τη διαδικασία του φινιρίσματος, το τεμάχιο μετράται όσον αφορά την τελική του διάμετρο με τη χρήση του παχύμετρου. Οι διάφορες μετρήσεις που γίνονται για την κατεργασία είναι απαραίτητες στα εξής στάδια :

- ♦ πριν την κατεργασία για έλεγχο των διαστάσεων του ακατέργαστου τεμαχίου,
- ♦ κατά τη διάρκεια της κατεργασίας για την επίτευξη των επιθυμητών διαστάσεων (πάντα με τον τόρνο σταματημένο),
- ♦ μετά την κατεργασία για τον έλεγχο των διαστάσεων του τελικού τεμαχίου.



#### Μετρήσεις διαστάσεων πείρου.

Για τη μέτρηση του μήκους του τεμαχίου, ανάλογα με την επιθυμητή ακρίβεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε μεταλλικός κανόνας είτε παχύμετρο μέτρησης βάθους. Για τη μέτρηση της διαμέτρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί παχύμετρο ή μικρόμετρο. Το παχύμετρο έχει συνήθως ακρίβεια 0.1mm, ενώ το μικρόμετρο 0.01mm. Η χρησιμοποίηση πιο ακριβούς οργάνου μέτρησης από αυτό που απαιτείται δεν είναι σωστή επιλογή ως αντιοικονομική. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται κατά την μέτρηση, ώστε να διαβάζονται σωστά οι ενδείξεις, ενώ πάντα η εκτέλεση των μετρήσεων πρέπει να γίνεται σε μη περιστρεφόμενο τεμάχιο.

#### **Γενικές οδηγίες για την τόννευση τεμαχίων**

- ♦ Το τεμάχιο πρέπει να στερεώνεται στο τσοκ κεντραρισμένο και με ασφάλεια.
- ♦ Το κλειδί του τσοκ πρέπει να απομακρύνεται από τον τόρνο μετά το δέσιμο του κομματιού.
- ♦ Για τεμάχια που μπορεί να λυγίζουν πρέπει να χρησιμοποιείται μεγάλη γωνία τοποθέτησης.

- ♦ Οι στροφές του τórνου και η πρόωση πρέπει να υπολογίζονται ακριβώς.
- ♦ Το τεμάχιο πρέπει πρώτα να κατεργαστεί στο πρόσωπο, ώστε να υπάρχει αναφορά για μετρήσεις, με τον τórνο πάντα σε στάση.
- ♦ Το βάθος κοπής πρέπει να τοποθετείται ακριβώς με τη χρήση των χειρομοχλών εγκάρσιας κίνησης του εργαλειοφορείου και εργαλειοδέτη.
- ♦ Για την κατεργασία προσώπου το κοπτικό εργαλείο πρέπει να κόβει με την κύρια κόψη του, δηλαδή για δεξιόκοπο εργαλείο από τον άξονα του τεμαχίου προς τα έξω.
- ♦ Πριν σταματήσουν οι στροφές του τσοκ, το κοπτικό εργαλείο πρέπει να απομακρύνεται από το κομμάτι, αλλιώς κινδυνεύει να σπάσει.
- ♦ Για κατεργασία φινιρίσματος πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο εργαλείο και βάθος κοπής όχι μεγαλύτερο του 0.5 mm.
- ♦ Όλες οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται με το κατάλληλο μετρητικό όργανο και με τον τórνο κλειστό.



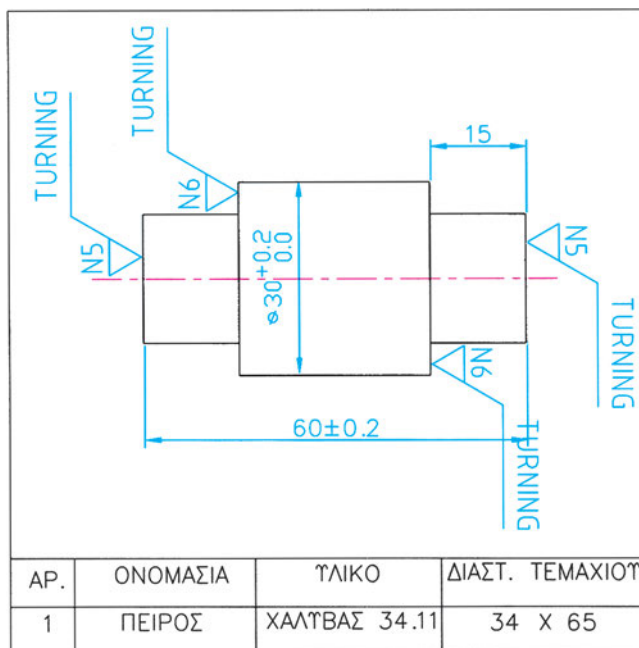
#### **ΑΣΚΗΣΗ 4.4**

---

#### **Τórνευση πείρων με διαβαθμίσεις.**

Οι πείροι με διαβάθμιση χρησιμοποιούνται ευρέως σε εξαρτήματα για διατήρηση αποστάσεων ανάμεσα σε επιφάνειες. Η κατασκευή τους γίνεται σε συμβατικούς τórνους, ενώ για παραγγελίες πολλών κομματιών χρησιμοποιούνται τórνοι με ψηφιακή καθοδήγηση.

Το κατασκευαστικό σχέδιο ενός πείρου με διαβαθμίσεις φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



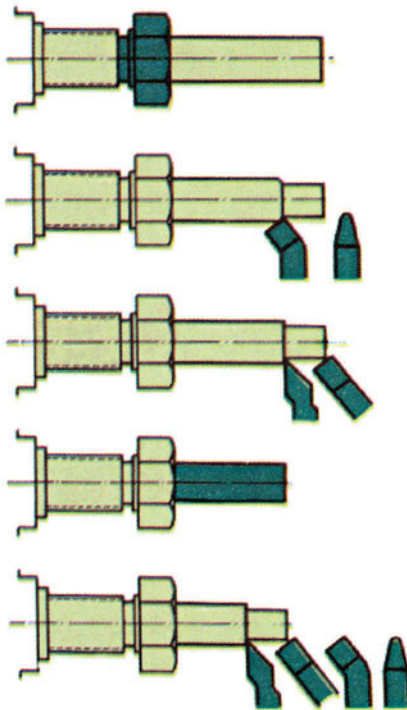
Μηχανολογικό σχέδιο πείρου με διαβαθμίσεις.

Η οργάνωση του πλάνου εργασίας για την κατασκευή τέτοιων πείρων θα μπορούσε να ακολουθήσει τα στάδια που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

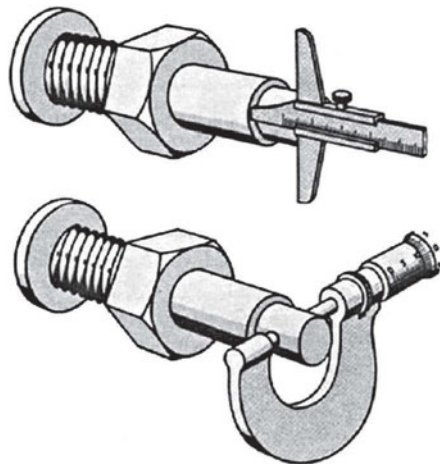
| Φάση                                              | Λειτουργία                                                                   | Εργαλεία                                             |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                                                 | Συγκράτηση ράβδου                                                            | Τσοκ με τσιμπίδα (collet)                            |
| 2                                                 | Εκχόνδριση 1ης διαβάθμισης,<br>Φινίρισμα 1ης διαβάθμισης                     | Εργαλείο εκχονδρίσεως,<br>Εργαλείο φινιρίσματος      |
| 3                                                 | Σπάσιμο γωνίας,<br>Φινίρισμα προσώπου                                        | Εργαλείο μορφής εξωτερικού,<br>εργαλείο αποπεράτωσης |
| 4                                                 | Αναστροφή πείρου και<br>συγκράτησή του από το άλλο άκρο                      | Τσοκ με τσιμπίδα (collet)                            |
| 5                                                 | Εκχόνδριση, φινίρισμα, σπάσιμο γωνίας,<br>φινίρισμα προσώπου 2ης διαβάθμισης | Εργαλείο εκχονδρίσεως,<br>φινιρίσματος, μορφής       |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο |                                                                              |                                                      |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία | Στροφές [rpm] | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρόωση [mm/rev] |
|------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Εκχόνδριση | 250           | 22                     | 1               |
| Φινίρισμα  | 320           | 30                     | 0.5             |



Στάδια κατεργασίας πείρου με διαβαθμίσεις.



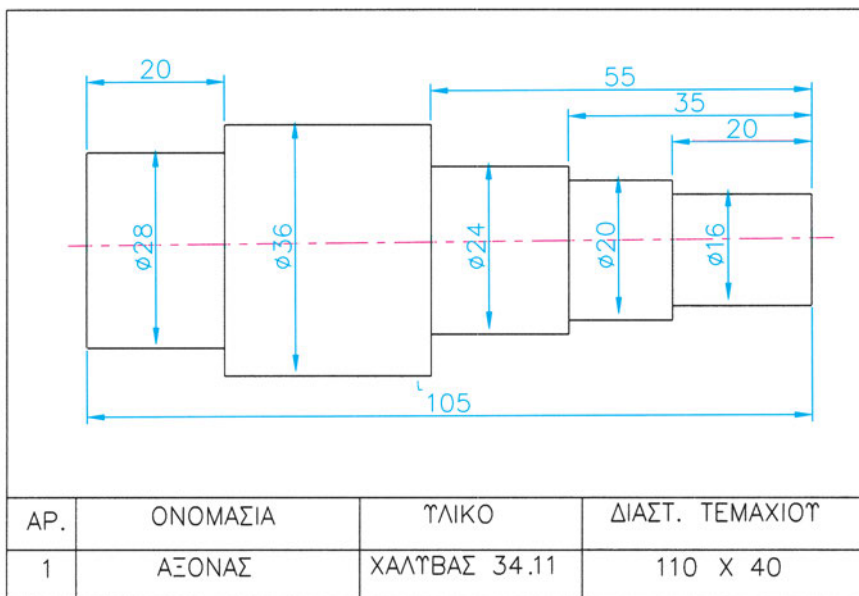
Μέτρηση μήκους και διαμέτρου σε πείρους με διαβάθμιση.

Οι μετρήσεις μήκους και διαμέτρου γίνονται με τη χρήση μετρητικών οργάνων, που είναι ο μεταλλικός κανόνας, το παχύμετρο και το μικρόμετρο.



**ΑΣΚΗΣΗ 4.5****Τόρνευση άξονα.**

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κατασκευαστικό σχέδιο ενός άξονα που πρόκειται να κατεργαστεί στον τόρνο. Να περιγραφούν οι φάσεις κατεργασίας και να υπολογισθούν οι τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

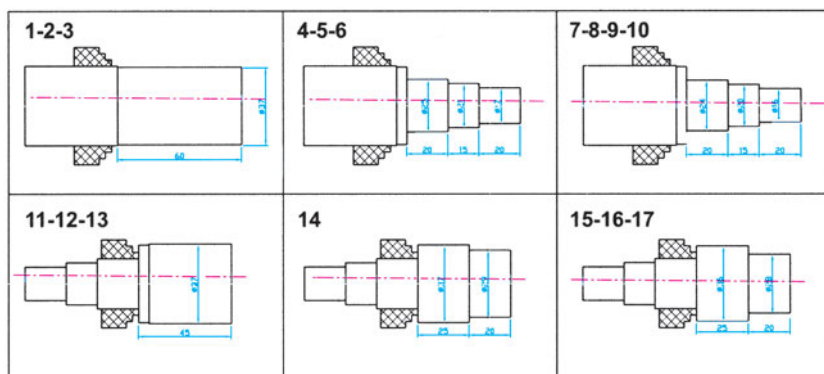
**Κατασκευαστικό σχέδιο άξονα.**

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                              | Λειτουργία                                                    | Εργαλεία                   |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1                                                 | Συγκράτηση στο τσοκ                                           | Συγκρατήρας                |
| 2                                                 | Τόρνευση προσώπου                                             | Εργαλείο προσώπου          |
| 3                                                 | Εκχόνδριση σε Φ37mm και μήκος 60mm                            | Εργαλείο εκχόνδρισης δεξιό |
| 4                                                 | Εκχόνδριση σε Φ25mm και μήκος 55mm                            | Εργαλείο εκχόνδρισης δεξιό |
| 5                                                 | Εκχόνδριση σε Φ21mm και μήκος 35mm                            | Εργαλείο εκχόνδρισης δεξιό |
| 6                                                 | Εκχόνδριση σε Φ17mm και μήκος 20mm                            | Εργαλείο εκχόνδρισης δεξιό |
| 7                                                 | Φινίρισμα σε Φ24mm και μήκος 20mm                             | Εργαλείο φινιρίσματος      |
| 8                                                 | Φινίρισμα σε Φ20mm και μήκος 15mm                             | Εργαλείο φινιρίσματος      |
| 9                                                 | Φινίρισμα σε Φ16mm και μήκος 20mm                             | Εργαλείο φινιρίσματος      |
| 10                                                | Λιμάρισμα ακμών                                               | Λίμα                       |
| 11                                                | Αναστροφή του τεμαχίου και συγκράτησή του στο τσοκ στην Φ24mm | Συγκρατήρας                |
| 12                                                | Τόρνευση προσώπου                                             | Εργαλείο προσώπου          |
| 13                                                | Εκχόνδριση σε Φ37mm και μήκος 45mm                            | Εργαλείο εκχόνδρισης       |
| 14                                                | Εκχόνδριση σε Φ29mm και μήκος 20mm                            | Εργαλείο εκχόνδρισης       |
| 15                                                | Φινίρισμα σε Φ36mm και μήκος 25mm                             | Εργαλείο φινιρίσματος      |
| 16                                                | Φινίρισμα σε Φ28mm και μήκος 20mm                             | Εργαλείο φινιρίσματος      |
| 17                                                | Λιμάρισμα ακμών                                               | Λίμα                       |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο |                                                               |                            |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία | Στροφές [rpm] | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρόωση [mm/rev] |
|------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Εκχόνδριση | 175           | 22                     | 1               |
| Φινίρισμα  | 250           | 30                     | 0.5             |



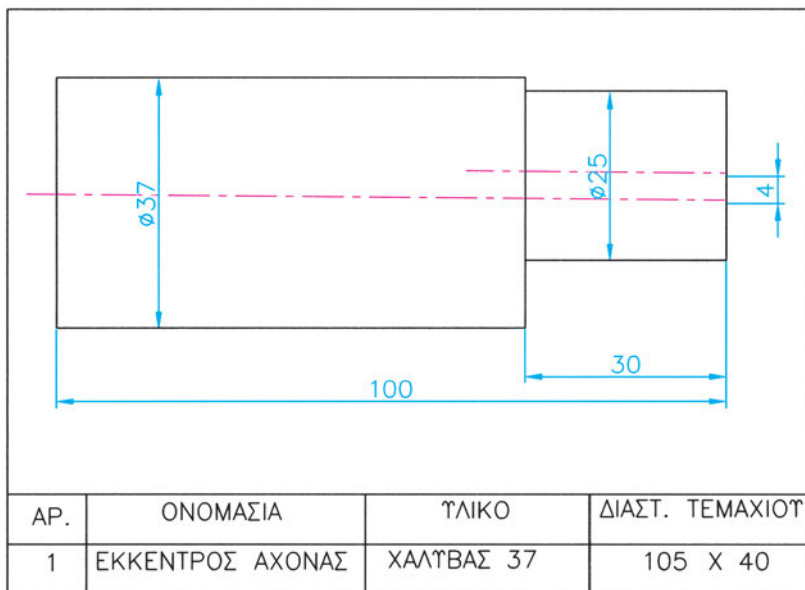
Στάδια κατεργασίας άξονα.



#### ΑΣΚΗΣΗ 4.6

**Τόρνευση έκκεντρου άξονα.**

Πρόκειται για τόρνευση έκκεντρου άξονα, του οποίου το κατασκευαστικό σχέδιο φαίνεται παρακάτω.



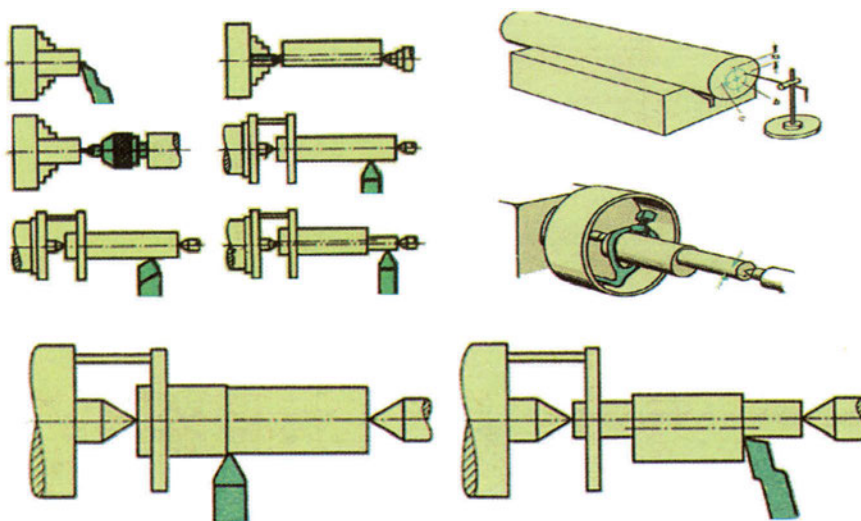
Κατασκευαστικό σχέδιο έκκεντρου άξονα.

| Φάση                                              | Λειτουργία                                                            | Εργαλεία                                                           |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1                                                 | Συγκράτηση στο τσοκ                                                   | Συγκρατήρας (τσοκ)                                                 |
| 2                                                 | Τόρνευση προσώπου                                                     | Εργαλείο προσώπου                                                  |
| 3                                                 | Χάραξη στο μέτωπο για εύρεση του κέντρου του άξονα, και του έκκεντρου | Βάση τύπου V, υψομετρικός χαρακτήρας                               |
| 4                                                 | Διάτρηση κωνικής οπής στο κέντρο του άξονα                            | Κεντροτρύπανο, $\Phi 3 \text{ mm} \times 60^\circ$ , (πίνακας 4.2) |
| 5                                                 | Συγκράτηση τεμαχίου μεταξύ τσοκ και κεντροφορέα                       | Κωνική πόντα                                                       |
| 6                                                 | Εκχόνδριση σε $\Phi 38 \text{ mm}$ και μήκος $100 \text{ mm}$         | Εργαλείο εκχόνδρισης δεξιό                                         |
| 7                                                 | Φινίρισμα σε $\Phi 37 \text{ mm}$ και μήκος $100 \text{ mm}$          | Εργαλείο φινιρίσματος                                              |
| 8                                                 | Διάτρηση κωνικής οπής στο έκκεντρο                                    | Κεντροτρύπανο, $\Phi 3 \text{ mm} \times 60^\circ$ , (πίνακας 4.2) |
| 9                                                 | Συγκράτηση τεμαχίου μεταξύ τσοκ και κεντροφορέα στην έκκεντρη οπή     | Κωνική πόντα                                                       |
| 10                                                | Εκχόνδριση στροφέα σε $\Phi 26 \text{ mm}$ και μήκος $30 \text{ mm}$  | Εργαλείο εκχόνδρισης δεξιό                                         |
| 11                                                | Φινίρισμα στροφέα σε $\Phi 25 \text{ mm}$ και μήκος $30 \text{ mm}$   | Εργαλείο φινιρίσματος                                              |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο |                                                                       |                                                                    |

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

### Παρατηρήσεις:

- ♦ Να γίνει τόρνευση πρώτα στην μεγάλη διάμετρο του άξονα και έπειτα στην μικρή του στροφέα.
- ♦ Η διάτρηση της κωνικής οπής του έκκεντρου είναι προτιμότερο να γίνει μετά την τόρνευση της μεγάλης διαμέτρου για αποφυγή αζυγοσταθμίας.



Στάδια κατεργασίας έκκεντρου άξονα.

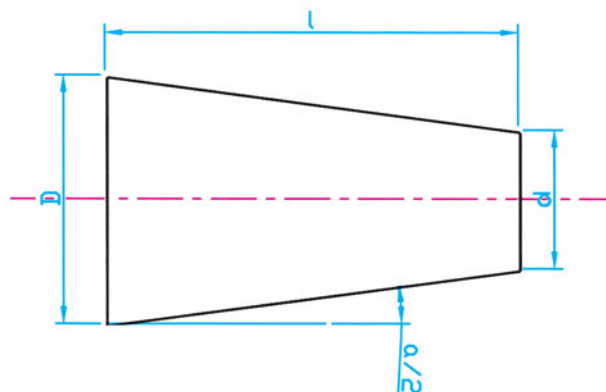
#### 4.7 ΚΩΝΙΚΗ ΤΟΡΝΕΥΣΗ

Πολλά μηχανολογικά εξαρτήματα έχουν κωνική επιφάνεια, όπως π.χ. τα κοπτικά εργαλεία φρέζας, οι πόντες στον τόρνο κ.ά. Η διαμόρφωση μιας κωνικής επιφάνειας στον τόρνο λέγεται **κωνική τórνευση**. Στην τórνευση της κυλινδρικής επιφάνειας, το κοπτικό εργαλείο κινείται σταθερά, παράλληλα προς τον κύριο άξονα της μηχανής. Στην κωνική τórνευση, το κοπτικό εργαλείο κινείται πάνω σε ένα άξονα που τέμνει τον κύριο άξονα του τόρνου. Επίσης, η κωνική τórνευση μπορεί να επιτευχθεί, αν το κοπτικό εργαλείο κινούμενο παράλληλα προς το κρεβάτι του τόρνου, ενώ ο άξονας του κομματιού θα έχει μια κλίση και θα τέμνει τον άξονα του εργαλείου.

Η μεταβολή της διαμέτρου του κώνου σε 1 mm μήκος, λέγεται κωνικότητα και συμβολίζεται με  $1:k$  και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\frac{1}{k} = \frac{D-d}{l} \quad (4.3)$$

Στο σχήμα 4.38 παρουσιάζονται τα γεωμετρικά στοιχεία του κώνου. Η ημιγωνία του κώνου  $\alpha/2$  είναι η γωνία τομής του κυρίου άξονα του τόρνου και του άξονα κίνησης του κοπτικού εργαλείου. Η ημιγωνία  $\alpha/2$  είναι η γωνία στροφής του εργαλειοδέτη.



Σχήμα 4.38: Στοιχεία κώνου.

#### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.6

$D = 50\text{mm}$ ,  $d = 45\text{mm}$ ,  $l = 50\text{mm}$

#### Λύση

Η κλίση δίνεται από τη σχέση (4.3):

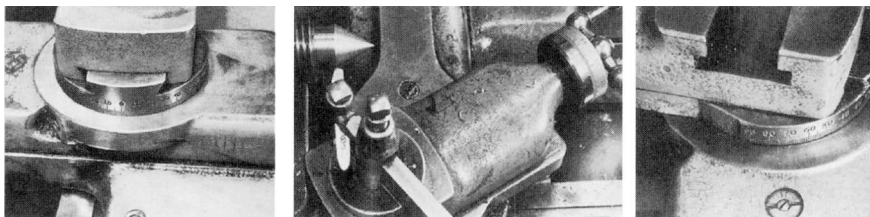
$$\frac{1}{\kappa} = \frac{D-d}{l} = \frac{50-45}{50} = \frac{5}{50} = \frac{1}{10}$$

Η ημιγωνία του κώνου  $\varepsilon\varphi(\alpha/2) = (D-d)/2l = 1:20$   $\alpha/2 = 2.86^\circ$

#### 4.7.1 Τρόποι κωνικής τórνευσης

Οι κύριες μέθοδοι κωνικής τórνευσης είναι οι εξής:

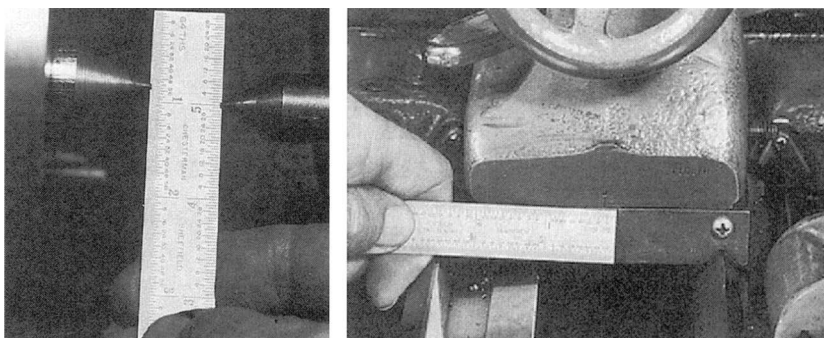
**Με στροφή του φορείου του εργαλειοδέτη:** Στη βάση του εργαλειοδέτη υπάρχει ένα μοιρογνωμόνιο (σχήμα 4.39). Όταν το εργαλειοφορείο είναι ευθύγραμμο με τον άξονα του τórνου, το μοιρογνώμιο δείχνει την γωνία 0. Με περιστροφή της βάσης του εργαλειοδέτη, κατά την ημιγωνία  $\alpha/2$  του κώνου, το κοπτικό εργαλείο κινείται παράλληλα προς την επιφάνεια του κώνου που θα διαμορφωθεί.



**Σχήμα 4.39:** Τόρνευση κωνικής επιφάνειας με στροφή του εργαλειοδέτη.

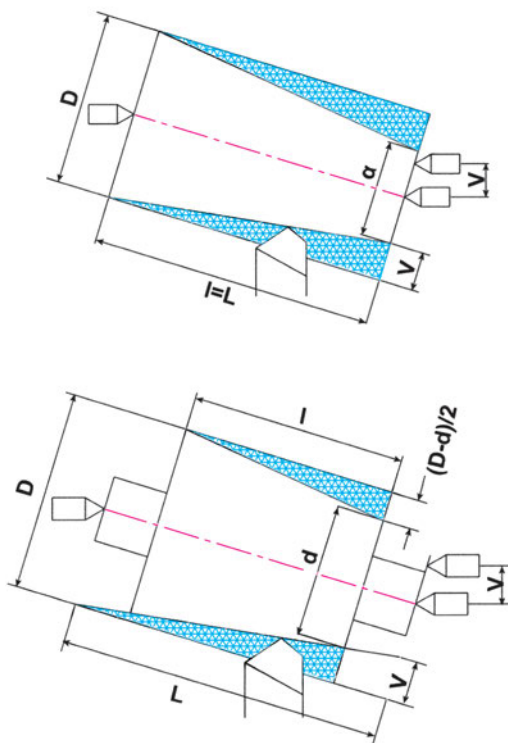
Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη για εξωτερική ή εσωτερική κωνική τόρνευση. Το μειονέκτημά της είναι ότι η πρόωση γίνεται χειροκίνητα και όχι αυτόματα, πράγμα που σημαίνει μη σταθερή ταχύτητα προώσεως και κακή ποιότητα επιφάνειας.

**Με εγκάρσια μετατόπιση του κεντροφορέα (κουκουβάγια):** Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για κωνική τόρνευση κομματιών, που συγκρατούνται μεταξύ δυο πόντων. Ο κεντροφορέας μετατοπίζεται σε μία σταθερή απόσταση  $V$  (σχήμα 4.40). Το κοπτικό εργαλείο κινείται σταθερά, παράλληλα προς το κρεβάτι του τόρνου, ενώ ο άξονας του κομματιού έχει μια κλίση ίση με την ημιγωνία του κώνου  $\alpha/2$ .



**Σχήμα 4.40:** Μετατόπιση του κεντροφορέα για κωνική τόρνευση.

Όταν το μήκος του κώνου είναι ίσο με την απόσταση των πόντων, τότε η μετατόπιση του κεντροφορέα είναι:  $V=(D-d)/2$  (σχήμα 4.41).



**Σχήμα 4.41:** Υπολογισμός της μετατόπισης του κεντροφορέα για κωνική μετατόπιση.

Όταν το μήκος του κώνου είναι μικρότερο από την απόσταση των πόντων, η μετατόπιση του κεντροφορέα είναι:

$$V = \frac{D-d}{2} \times \frac{L}{l} \quad (4.4)$$

Με τη μέθοδο αυτή το μήκος της κωνικής τórνευσης είναι μεγαλύτερο από αυτό της προηγούμενης μεθόδου. Το βασικότερο πλεονέκτημα της μεθοδολογίας αυτής είναι ότι η πρόωση του κοπτικού εργαλείου γίνεται αυτόματα με αποτέλεσμα καλύτερη ποιότητα επιφανείας. Όμως η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι δεν μπορεί να γίνει τórνευση με μεγάλη κωνικότητα, γιατί οι δυνατότητες μετατόπισης του κεντροφορέα είναι περιορισμένες.

**Με σύστημα αντιγραφής.** Με τη μέθοδο αυτή, το κοπτικό αντιγράφει τον κώνο από ένα μηχανισμό ολίσθησης (σχήμα 4.42).

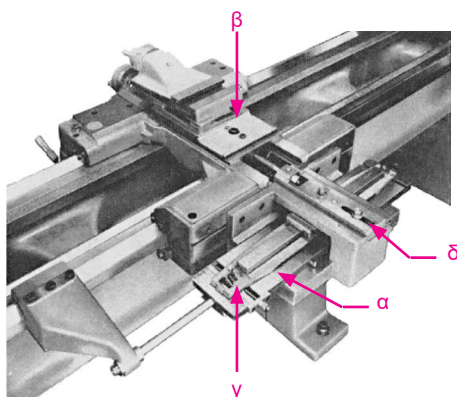
Η αντιγραφή κώνου ακολουθεί τα εξής βήματα:

- ♦ Να καθαριστεί και να λιπανθεί ο οδηγός κωνικότητας ( $\alpha$ ).



- ♦ Να συγκρατηθεί το κομμάτι και το κοπτικό εργαλείο και να μεταφερθεί το κοπτικό εργαλείο στη μέση περίπου του προβλεπόμενου κώνου.
- ♦ Να απομονωθεί ο μοχλός εγκάρσιας κίνησης (β).
- ♦ Η τιμή της κωνικότητας καθορίζεται από την κλίση του οδηγού κωνικότητας, ο οποίος ασφαρίζεται με τη βοήθεια των περικοχλίων (γ).
- ♦ Με τη σύσφιξη του περικοχλίου (δ) το εργαλειοφορείο και ο οδηγός ολίσθησης γίνονται ένα σώμα.
- ♦ Η κίνηση του εργαλειοφορείου θα ακολουθήσει την κίνηση του οδηγού ολίσθησης, η οποία θα είναι ανάλογη με την κλίση του οδηγού κωνικότητας.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ότι η συγκράτηση των κομματιών μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο και η πρόωση του εργαλείου μπορεί να γίνει αυτόματα. Το μειονέκτημά της είναι ο περιορισμός στην τιμή της κωνικότητας.



α: Οδηγός κωνικότητας  
β: Μοχλός εγκάρσιας κίνησης  
γ: Περικόχλιο  
δ: Περικόχλιο

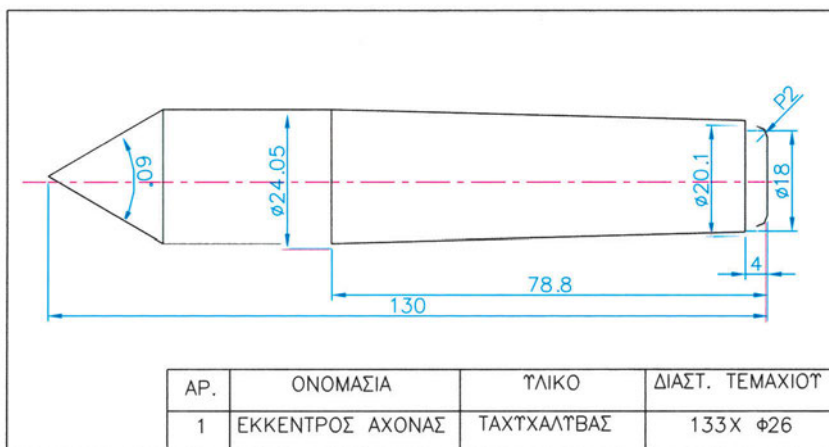
Σχήμα 4.42: Μηχανισμός αντιγραφής κώνου.



#### ΑΣΚΗΣΗ 4.7

##### Κωνική τórνευση.

Τórνευση πόντας τórνου που φαίνεται στο παρακάτω κατασκευαστικό σχέδιο.



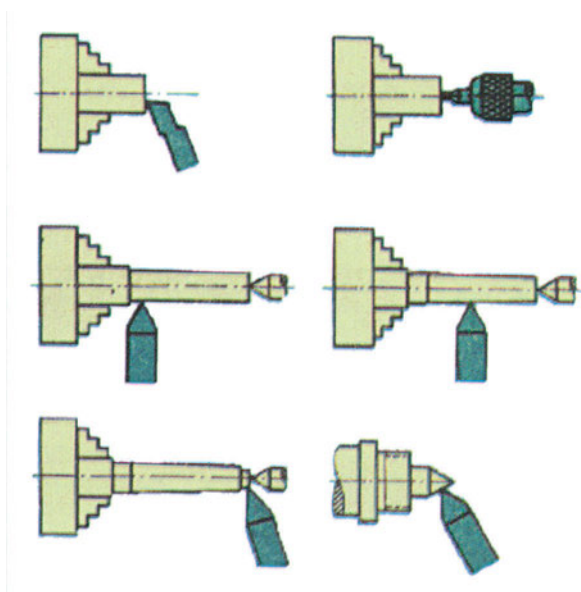
### Κατασκευαστικό σχέδιο πόντας τórνου.

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                                             | Λειτουργία                                                                           | Εργαλεία                                                         |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                | Συγκράτηση στο τσοκ                                                                  | Συγκρατήρας (τσοκ)                                               |
| 2                                                                | Τόρνευση προσώπου                                                                    | Εργαλείο προσώπου                                                |
| 3                                                                | Διάτρηση κωνικής οπής στο κέντρο του άξονα                                           | Κεντροτρύπανο, $\phi 2 \text{ mm} \times 60^\circ$ (πίνακας 4.2) |
| 4                                                                | Εκχόνδριση και φινίρισμα σε $\phi 24.5 \text{ mm}$ και μήκος 130mm                   | Εργαλείο εκχόνδρισης, Εργαλείο φινιρίσματος                      |
| 5                                                                | Εκχόνδριση και φινίρισμα σε $\phi 18 \text{ mm}$ και μήκος 4mm                       | Εργαλείο εκχόνδρισης, Εργαλείο φινιρίσματος                      |
| 6                                                                | Στρογγύλεμα άκρου R2 mm                                                              | Εργαλείο μορφής                                                  |
| 7                                                                | Εκχόνδριση και φινίρισμα κωνικής τόρνευσης $\alpha/2 = 1.5[^\circ]$ και μήκος 78.8mm | Εργαλείο εκχόνδρισης, Εργαλείο φινιρίσματος                      |
| 8                                                                | Αναστροφή άξονα και συγκράτησή του από το άλλο άκρο                                  | Τσοκ                                                             |
| 9                                                                | Εκχόνδριση και φινίρισμα κώνου μορς $\alpha/2 = 60[^\circ]$                          | Εργαλείο εκχόνδρισης, Εργαλείο φινιρίσματος                      |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο, Μοιρογνωμόνιο |                                                                                      |                                                                  |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία | Στροφές [rpm] | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρόωση [mm/rev] |
|------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Εκχόνδριση | 275           | 20                     | 1               |
| Φινίρισμα  | 330           | 24                     | 0.5             |

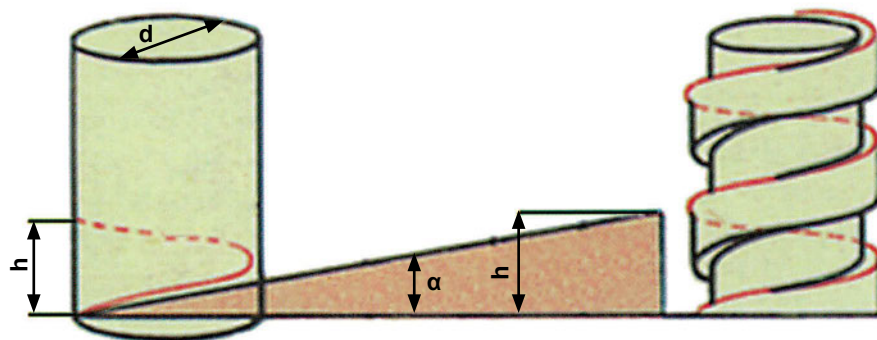


Στάδια κατεργασίας πόντας τόννου.

## 4.8 ΚΟΠΗ ΣΠΕΙΡΩΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΤΟΡΝΟ

### 4.8.1 Σπειρώματα

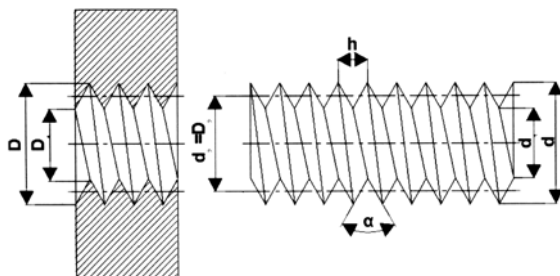
Τα σπειρώματα διακρίνονται σε στοιχεία σύνδεσης, τα οποία είναι οι κοχλίες, και σε στοιχεία μεταφοράς κίνησης, όπως οι κοχλίες στις μέγγενες, ο κοχλίας σπειρωμάτων στον τόρνο, κ.ά. Η βάση για την κατασκευή των σπειρωμάτων είναι η ελικοειδής γραμμή (σχήμα 4.43).



Σχήμα 4.43: Ελικοειδής γραμμή σπειρώματος.

Τα σπειρώματα διακρίνονται σε **εξωτερικά** και σε **εσωτερικά** (κοχλίες και περικόχλιο). Για να μπορεί ο κοχλίας να βιδώνεται μέσα στο περικόχλιο, πρέπει οι διαστάσεις των σπειρωμάτων να συμφωνούν και να είναι τυποποιημένες.

Οι κύριες διαστάσεις του σπειρώματος φαίνονται στο σχήμα 4.44.



| Διάσταση             | Κοχλίας  | Περίκοχλιο |
|----------------------|----------|------------|
| Ονομαστική διάμετρος | $d$      | $D$        |
| Διάμετρος πυρήνα     | $d_1$    | $D_1$      |
| Μέση διάμετρος       | $d_2$    | $D_2$      |
| Γωνία σπειρώματος    | $\alpha$ | $\alpha$   |
| Βήμα                 | $h$      | $h$        |

Σχήμα 4.44: Κύριες διαστάσεις σπειρώματος.

Τα σπειρώματα (σχήμα 4.45) ανάλογα με τη μορφή τους χωρίζονται σε:

**Τριγωνικά.** Είναι κατάλληλα για κοχλίες συνδέσεως ή στερεώσεως. Τα τριγωνικά σπειρώματα έχουν δυο τυποποιήσεις:

**Μετρικό (M).** Όλες οι διαστάσεις των μετρικών τριγωνικών σπειρωμάτων είναι σε χιλιοστά (mm), η γωνία σπειρώματος  $\alpha=60^\circ$ .

Παράδειγμα: M16 είναι ένα μετρικό σπείρωμα με ονομαστική διάμετρο  $d=16\text{mm}$ .

M20×2.5 είναι ένα μετρικό σπείρωμα με ονομαστική διάμετρο  $d=20\text{mm}$  και βήμα  $h=2.5\text{mm}$ .

**Γουϊθγουέρθ (Whithworth) (W ή R).** Όλες οι διαστάσεις δίνονται σε ίντσες, η γωνία σπειρώματος  $\alpha=55$ . Στα λεπτά σπειρώματα, η ονομαστική διάμετρος είναι σε χιλιοστά (mm), οι υπόλοιπες διαστάσεις σε ίντσες.

Παράδειγμα: R2" είναι σπείρωμα σωλήνων Whithworth με ονομαστική διάμετρο  $d=2"$ .

W 84×1/6" είναι λεπτό σπείρωμα Whithworth, με  $d=84\text{mm}$  και βήμα 1/6".

**Τραπεζοειδές (Tr).** Χρησιμοποιείται στους κοχλίες μετάδοσης κίνησης. Είναι κατάλληλο για μεταφορά μεγάλων φορτίων. Η γωνία σπειρώματος  $\alpha=30^\circ$ .

Παράδειγμα: Tr22×5 είναι τραπεζοειδές σπείρωμα με ονομαστική διάμετρο  $d=22\text{mm}$  και βήμα  $h=5\text{mm}$ .

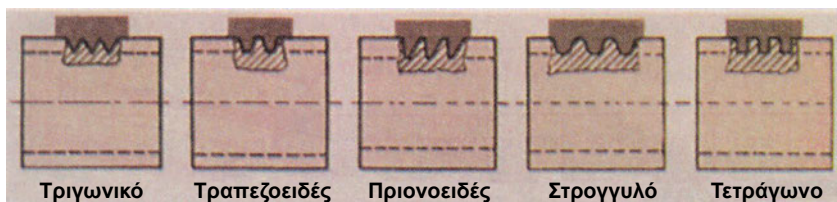
**Πριονοειδές (S).** Αντέχει σε μεγάλες αξονικές δυνάμεις.

Παράδειγμα: S 48×8 είναι τραπεζοειδές σπείρωμα με  $d=48\text{mm}$  και  $h=8\text{mm}$ .

**Στρόγγυλο (Rd).** Χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροτεχνία και για κοχλίες που φθείρονται γρήγορα.

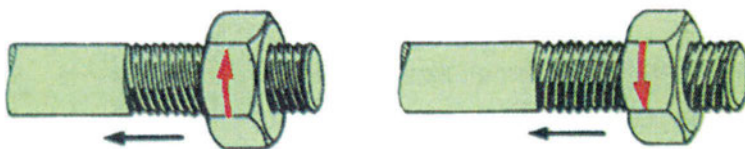
Παράδειγμα: Rd 40×1/6" είναι στρόγγυλο σπείρωμα με  $d=40\text{mm}$  και  $h=1/6"$ .

**Τετράγωνα.** Είναι δύσκολα στην κατασκευή και λόγω της ορθής γωνίας των δοντιών τους έχουν πάρα πολύ μικρή αντοχή στις κρουστικές φορτίσεις.



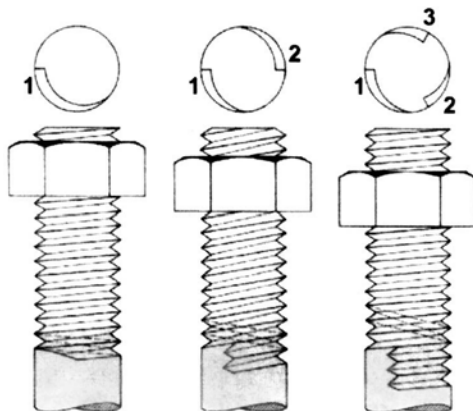
**Σχήμα 4.45:** Μορφή σπειρωμάτων.

Τα σπείρωματα χαρακτηρίζονται σε δεξιόστροφα και αριστερόστροφα (σχήμα 4.46). Στο δεξιόστροφο το περικόχλιο, για να σφίγγει τον κοχλία, γυρίζει σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού, ενώ στον αριστερόστροφο κοχλία συμβαίνει το αντίθετο.



**Σχήμα 4.46:** Δεξιόστροφος και αριστερόστροφος κοχλίας.

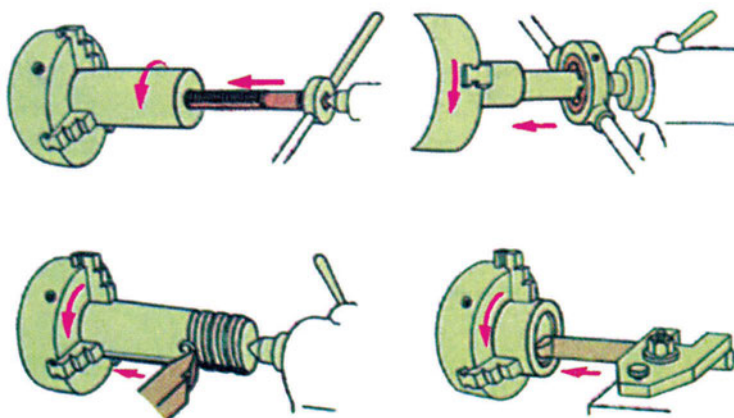
Το σπείρωμα μπορεί να έχει μόνο μία ελικοειδή γραμμή και τότε ονομάζεται σπείρωμα με μία αρχή. Αν έχει δύο ελικοειδείς γραμμές, ονομάζεται σπείρωμα με δυο αρχές. Αν έχει περισσότερες, ονομάζεται πολλαπλών αρχών. Στο σχήμα 4.47 φαίνονται τρεις περιπτώσεις σπειρωμάτων. Η πρώτη έχει σπείρωμα με μία αρχή, το βήμα σε αυτήν την περίπτωση είναι η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών δοντιών. Η δεύτερη περίπτωση έχει δυο αρχές, το βήμα ισούται με δυο φορές της απόστασης δυο δοντιών, ενώ στην τρίτη περίπτωση έχει τρεις αρχές, το βήμα είναι τρεις φορές της απόστασης δυο γειτονικών δοντιών.



Σχήμα 4.47: Σπείρωμα με μία, δύο και τρεις αρχές.

#### 4.8.2 Τρόποι κοπής σπειρωμάτων στον τόρνο.

Η κοπή σπειρωμάτων στον τόρνο γίνεται είτε με χρήση **σπειροτόμου** (κολαούζο), είτε με χρήση **βιδολόγου**, είτε με τη βοήθεια **εργαλείου κοπής σπειρωμάτων** (σχήμα 4.48).



Σχήμα 4.48: Τρόποι κοπής σπειρωμάτων στον τόρνο.

Ο τρόπος κοπής σπειρωμάτων με σπειροτόμο και με βιδολόγο είναι απλός και φθηνός. Συνήθως εφαρμόζεται στην κοπή τριγωνικών σπειρωμάτων. Η κύρια κίνηση πραγματοποιείται από το κομμάτι. Ο σπειροτόμος και ο βιδολόγος οδηγούνται από τον κεντροφορέα, ο οποίος κινείται χειροκίνητα ευθύγραμμα.

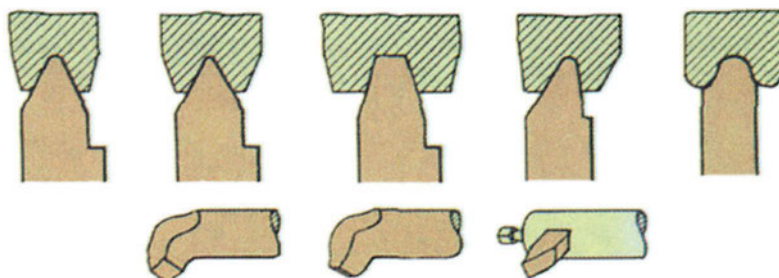
Ο σπειροτόμος εισχωρεί στην προκατεργασμένη οπή και γυρίζοντας δημιουργεί το σπείρωμα (εσωτερικό σπείρωμα). Ο βιδολόγος κόβει εξωτερικά σπειρώματα από 10mm έως 24mm. Σπειρώματα μέχρι M16 ή 5/8" μπορούν να κοπούν σε ένα πέρασμα.

Η κοπή σπειρώματος στον τόρνο με κοπτικό εργαλείο απαιτεί περισσότερο χρόνο από τις προηγούμενες μεθόδους. Όμως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιαδήποτε μορφή σπειρωμάτων, βήμα και αριθμό αρχών.

#### 4.8.3 Προετοιμασία για την κοπή σπειρώματος

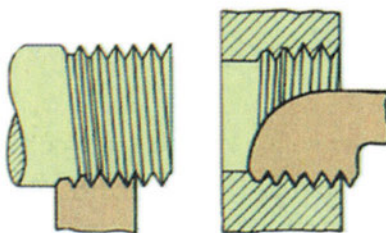
##### 1. Επιλογή Κοπτικού εργαλείου

Η μορφή των κοπτικών εργαλείων σπειρωμάτων είναι ανάλογη με τη μορφή του σπειρώματος. Αυτό σημαίνει ότι η γωνία αιχμής του κοπτικού εργαλείου είναι ανάλογη με τη γωνία σπειρώματος. Π.χ., για κοπή μετρικού τριγωνικού σπειρώματος χρησιμοποιείται κοπτικό εργαλείο με γωνία αιχμής 60, για κοπή τριγωνικού σπειρώματος Γουίθγουέρθ (Whithworth) χρησιμοποιείται κοπτικό εργαλείο με γωνία αιχμής 55. Στο [σχήμα 4.49](#) παρουσιάζονται διάφορες μορφές κοπτικών εργαλείων εξωτερικών και εσωτερικών σπειρωμάτων.



**Σχήμα 4.49:** Μορφές κοπτικών εργαλείων σπειρωμάτων.

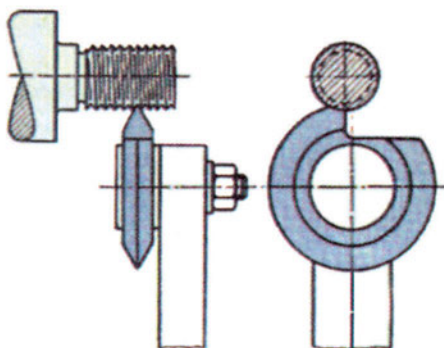
Στη μαζική παραγωγή χρησιμοποιούνται τα ορθογώνια πολλαπλών κόψεων για εξωτερικά και για εσωτερικά σπειρώματα ([σχήμα 4.50](#)).



**Σχήμα 4.50:** Εργαλεία πολλαπλών κόψεων σπειρωμάτων.



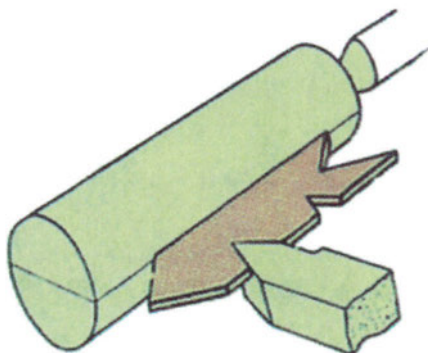
Επίσης, στη μεγάλη παραγωγή χρησιμοποιείται το δισκοειδές κοπτικό εργαλείο (σχήμα 4.51).



**Σχήμα 4.51:** Δισκοειδές κοπτικό εργαλείο.

Το πλεονέκτημα αυτών των εργαλείων είναι ότι διατηρούν τη μορφή τους μέχρι την τελική φθορά της κόψης τους και τροχίζονται μόνο στην επιφάνεια τριβής. Με τα εργαλεία πολλαπλών κόψεων, μπορεί να επιτευχθεί το βάθος του σπειρώματος με ένα πέρασμα.

Τα κοπτικά εργαλεία για κοπή σπειρωμάτων τοποθετούνται κάθετα στην αξονική γραμμή του υπό κατεργασία σπειρώματος. Η λανθασμένη τοποθέτηση οδηγεί σε λανθασμένο σπείρωμα. Η τοποθέτηση του εργαλείου ελέγχεται με τη βοήθεια ενός οδηγού (σχήμα 4.52).



**Σχήμα 4.52:** Οδηγός για τον έλεγχο της καθετότητας του εργαλείου και του άξονα του τεμαχίου.

## 2. Ρύθμιση της ταχύτητας κοπής και του βήματος του σπειρώματος.

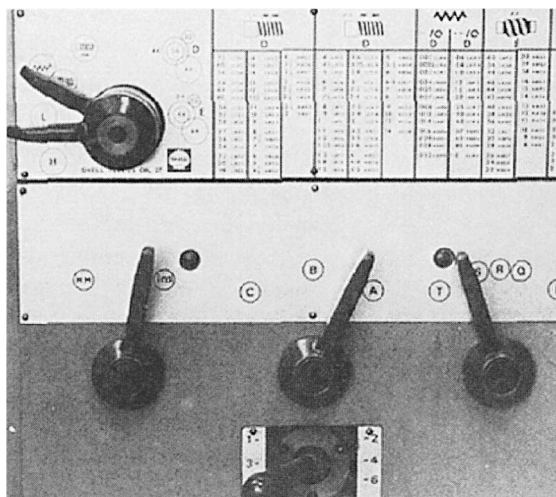
Η ταχύτητα κοπής σπειρωμάτων εκτιμάται κατά 25% έως 30% της ταχύτητας εκχόνδρισης της διαμήκους τórνευσης (πίνακας 4.4).

Η ρύθμιση του βήματος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια συμπλοκής καταλλήλων

ζευγών οδοντωτών τροχών στην κιθάρα του κιβωτίου προώσεων (σχήμα 4.53).

**Παράδειγμα:** Από τον πίνακα, που βρίσκεται στο κιβώτιο προώσεων, παρατηρείται ότι για κατεργασία σπειρώματος Γουϊθγουέρθ με βήμα  $h=22$  δόντια/ίντσα, ο συνδυασμός των μοχλών είναι “ **insA5S** “, (σχήμα 4.52). Δηλαδή:

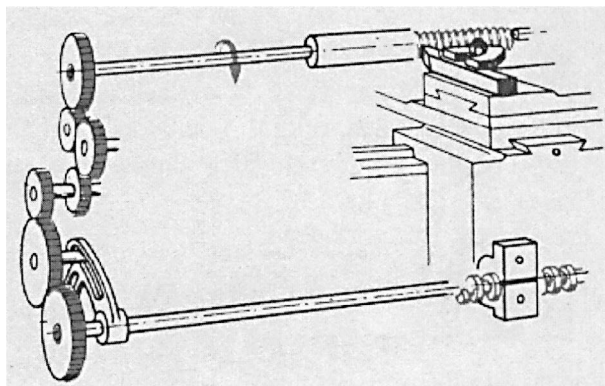
- Ο μοχλός (mm-ins) τοποθετείται στη θέση (**ins**).
- Ο μοχλός (C-B-A) τοποθετείται στη θέση (**A**).
- Ο μοχλός (1-2-....-8) στη θέση (**5**).
- Ο μοχλός (T-S-R-Q-P) στη θέση (**S**).



**Σχήμα 4.53:** Επιλογή συνδυασμών ζευγών οδοντωτών τροχών για κοπή σπειρωμάτων.

### 3. Μετάδοση κίνησης στο εργαλειοφορείο.

Η μετάδοση κίνησης από τον κινητήρα στο εργαλειοφορείο, για κοπή σπειρώματος στον τόρνο, γίνεται αποκλειστικά από τον κοχλία σπειρωμάτων. Η αλλαγή της κίνησης από τον άξονα προώσεως στον κοχλία σπειρωμάτων γίνεται με τη βοήθεια ενός συμπλέκτη ή ενός περικόχλιου. Με το γύρισμα του μοχλού **P** του σχήματος 4.54 προς τα αριστερά, το περικόχλιο συμπλέκει τον κοχλία σπειρωμάτων. Έτσι, η περιστροφική ταχύτητα του κινητήρα μετατρέπεται σε ευθύγραμμη μέσω του κοχλία σπειρωμάτων για κίνηση του εργαλειοφορείου. Με κίνηση του μοχλού **P** δεξιόστροφα, η περιστροφική ταχύτητα μεταφέρεται στον άξονα προώσεων.

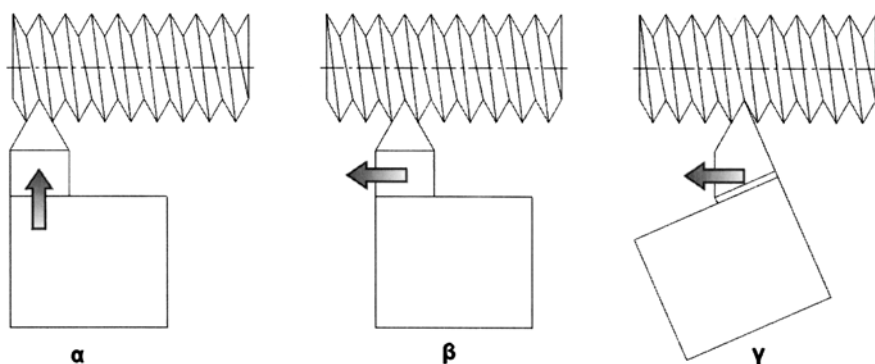


**Σχήμα 4.54:** Μεταφορά κίνησης στο εργαλειοφορέο μέσω κοχλίας σπειρωμάτων.

#### 4. Εκτέλεση της κατεργασίας

Το σπείρωμα βασικά υφίσταται κατεργασία σε δυο στάδια: κατά το πρώτο στάδιο επιτυγχάνεται η εκχόνδριση και κατά το δεύτερο το φινίρισμα (αποπεράτωση). Κατά την εκχόνδριση, ανάλογα με το βάθος του σπειρώματος, χρησιμοποιούνται, συνήθως, πολλά περάσματα του κοπτικού εργαλείου.

Η διείσδυση του κοπτικού εργαλείου μπορεί να γίνει με τους εξής τρεις τρόπους (σχήμα 4.55):



**Σχήμα 4.55:** Τρόποι διείσδυσης κοπτικού εργαλείου.

Κάθετα προς τον άξονα του σπειρώματος (σχήμα 4.55α): Εφαρμόζεται σε ψαθυρά μέταλλα, όπως ο χυτοσίδηρος, ο ορείχαλκος, κ.ά. Σε αυτήν την περίπτωση, το κοπτικό εργαλείο κόβει και από τις πλευρές. Συνεπώς, η δύναμη κοπής αυξάνεται γεγονός που προκαλεί ταλαντώσεις του κοπτικού εργαλείου, οι οποίες οδηγούν σε κακή ποιότητα επιφάνειας.

Κάθετα προς τον άξονα του σπειρώματος και ταυτόχρονη μετατόπιση προς

τα αριστερά (σχήμα 4.55β): Αρχικά το κοπτικό εργαλείο κόβει μόνο από τη μία πλευρά, την αριστερή. Αλλά όσο προχωρεί στο βάθος, η διείδυση τείνει να γίνει κάθετη και αρχίζει να κόβει και η δεξιά πλευρά. Σε αυτήν την περίπτωση οι δυνάμεις κοπής είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες της πρώτης περίπτωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα περιορισμένους κραδασμούς στο κοπτικό εργαλείο και πιο καθαρό σπείρωμα.

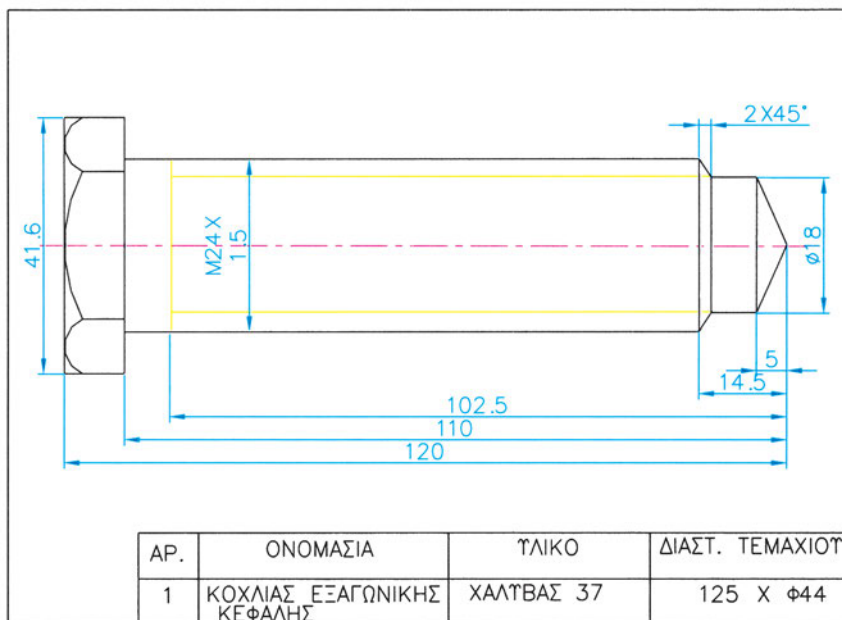
Διείδυση με κλίση του εργαλειοδέτη υπό γωνία που ισούται με τη μισή της γωνίας σπειρώματος  $\alpha/2$  (σχήμα 4.55γ): Για κοπή τριγωνικού μετρικού σπειρώματος η γωνία κλίσης του εργαλειοδέτη είναι  $30^\circ$  και για κοπή τριγωνικού σπειρώματος Γουϊθγουέρθ, η γωνία κλίσης του εργαλειοδέτη είναι  $27^\circ$  και  $30'$ . Και σε αυτή την περίπτωση κόβει μόνο μία πλευρά του κοπτικού εργαλείου και με μεγάλο βάθος. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για σπειρώματα με μεγάλο βήμα. Η αποπεράτωση πρέπει να γίνει με κάθετη διείδυση του κοπτικού εργαλείου και με μικρό βάθος κοπής.

**Παρατηρήσεις:** Εκτός από τα αναφερόμενα παραπάνω, κατά την κοπή σπειρωμάτων στον τόρνο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- ♦ Μετά το πρώτο πέρασμα του κοπτικού εργαλείου, πρέπει να ελεγχθεί το βήμα του σπειρώματος με τη βοήθεια καλύμπρας.
- ♦ Η φορά κοπής σε όλα τα περάσματα πρέπει να είναι ίδια για να μη χαλάσει το βήμα του σπειρώματος. Για δεξιόστροφο σπείρωμα η κίνηση του εργαλειοφορέα είναι από τον κεντροφορέα (κουκουβάγια) προς το τσοκ. Για αριστερόστροφο σπείρωμα, η κίνηση του κοπτικού εργαλείου γίνεται από το τσοκ προς το κεντροφορέα.
- ♦ Για την επιστροφή του κοπτικού εργαλείου, μετά από κάθε πέρασμα, δεν αποσυμπλέκεται ο κοχλίας σπειρωμάτων, αλλά με ανάποδες στροφές του τσοκ και ταυτόχρονη εγκάρσια απομάκρυνση του κοπτικού εργαλείου από το τεμάχιο και στη συνέχεια επιστροφή στην αρχική του θέση για την εκτέλεση του επομένου περάσματος.
- ♦ Σε περίπτωση αλλαγής του κοπτικού εργαλείου, λόγω σπασίματος ή φθοράς του, χρειάζεται καινούργια ρύθμιση της θέσης του κοπτικού εργαλείου. Ο κοχλίας σπειρωμάτων κατά τη διάρκεια της καινούργιας ρύθμισης παραμένει σε εμπλοκή.
- ♦ Η συγκράτηση του κομματιού πρέπει να είναι σταθερή, ώστε να μη μετατοπισθεί κατά τη διάρκεια της κοπής και αλλάζει το βήμα.
- ♦ Η χρήση του ψυκτικού υγρού δίδει ομαλότερη επιφάνεια σπειρώματος.

**ΑΣΚΗΣΗ 4.8****Κοπή εξωτερικού σπειρώματος**

Να κατεργασθεί το δεξιόστροφο σπείρωμα του σχήματος



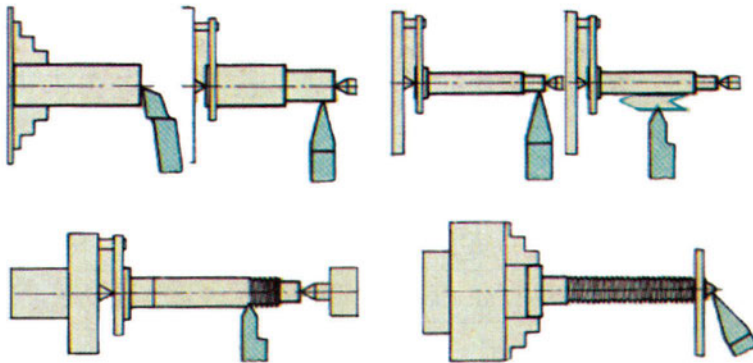
Κατασκευαστικό σχέδιο δεξιόστροφου κοχλία εξαγωνικής κεφαλής.

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                                                      | Λειτουργία                                                                                                            | Εργαλεία                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                         | Συγκράτηση στο τσοκ                                                                                                   | Συγκρατήρας                                                                                                 |
| 2                                                                         | Τόρνευση προσώπου                                                                                                     | Εργαλείο προσώπου                                                                                           |
| 3                                                                         | Διάτρηση κωνικής οπής στο κέντρο του άξονα                                                                            | Κεντροτρύπανο, $\Phi 2 \text{ mm} \times 60^\circ$ (πίνακας 4.2)                                            |
| 4                                                                         | Συγκράτηση τεμαχίου μεταξύ πόντων                                                                                     | Πόντα, πλάκα καρδιάς                                                                                        |
| 5                                                                         | Εκχόνδριση και φινίρισμα σε $\Phi 24 \text{ mm}$ και μήκος $110 \text{ mm}$                                           | Εργαλείο εκχόνδρισης, Εργαλείο φινιρίσματος                                                                 |
| 6                                                                         | Εκχόνδριση και φινίρισμα σε $\Phi 18 \text{ mm}$ και μήκος $14.5 \text{ mm}$                                          | Εργαλείο εκχόνδρισης, Εργαλείο φινιρίσματος                                                                 |
| 7                                                                         | Προετοιμασία του τόρνου για κοπή σπειρώματος, για βήμα 1.5 (σχήμα 3.96).<br>Τοποθέτηση κοπτικού εργαλείου σπειρώματος | Αλλαγή συνδυασμού γραναζιών.<br>Εργαλείο κοπής σπειρωμάτων.<br>Καλύμπρα.<br>Συμπλοκή του κοχλία σπειρωμάτων |
| 8                                                                         | Κοπή δεξιόστροφου σπειρώματος (πρώωση από το κεντροφορέα προς το τσοκ) σε μήκος $88 \text{ mm}$ .                     |                                                                                                             |
| 9                                                                         | Σπάσιμο άκρου $2 \times 45^\circ$                                                                                     | Εργαλείο μορφής                                                                                             |
| 10                                                                        | Κωνική τόρνευση $10 \times 60^\circ$                                                                                  | Καβαλλέτο<br>Εργαλείο φινιρίσματος                                                                          |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο, Ελεγκτήρες σπειρωμάτων |                                                                                                                       |                                                                                                             |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία       | Στροφές [rpm] | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρώωση [mm/rev] |
|------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Εκχόνδριση       | 175           | 22                     | 1               |
| Φινίρισμα        | 230           | 30                     | 0.5             |
| Κοπή σπειρώματος | 50            | 7                      | 0.2             |

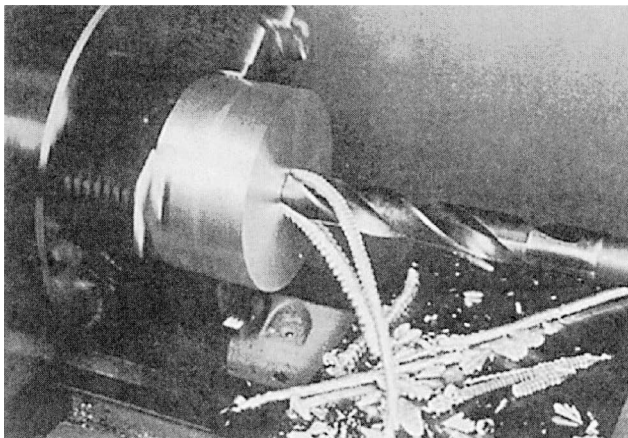


Στάδια κατεργασίας κοπής εξωτερικού σπειρώματος

## 4.9 ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΡΝΟ

### 4.9.1 Διάτρηση στον τόρνο

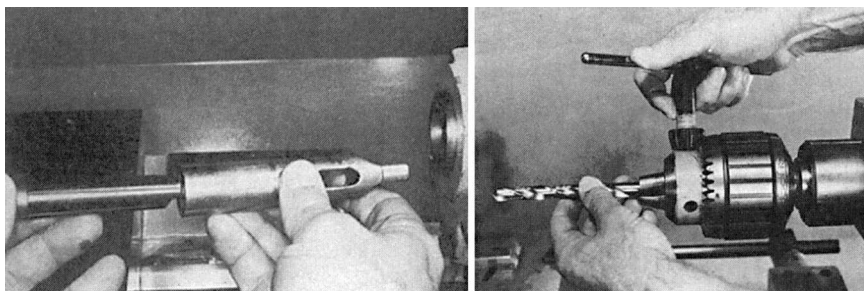
Η διάτρηση στον τόρνο συνήθως γίνεται για να εξυπηρετήσει άλλες κατεργασίες, όπως η εσωτερική τórνευση, η σπειροτόμηση και η γλύφανση. Κατά τη διάρκεια της διάτρησης, το κομμάτι συγκρατείται στο τσοκ και περιστρέφεται με σταθερές στροφές ανάλογα με την ταχύτητα κοπής. Το τρυπάνι συγκρατείται στον κεντροφορέα και διεισδύει στο περιστρεφόμενο κομμάτι δημιουργώντας την απαιτούμενη οπή (σχήμα 4.56).



**Σχήμα 4.56:** Διάτρηση στον τόρνο.

Τα τρυπάνια που χρησιμοποιούνται στη διάτρηση στον τόρνο είναι δύο μορφών:

1. **Τρυπάνια με κυλινδρικό στέλεχος.** Έχουν μικρή διάμετρο. Συγκρατούνται στον κεντροφορέα με τη βοήθεια τσοκ με κωνικό στέλεχος.
2. **Τρυπάνια με κωνικό στέλεχος.** Έχουν μεγάλη διάμετρο. Προσαρμόζονται κατευθείαν στην κωνική φωλιά του κεντροφορέα (σχήμα 4.57).



**Σχήμα 4.57:** Τοποθέτηση τρυπανιού στον κεντροφορέα.

Πριν τη διάτρηση, πρέπει να γίνει το καθάρισμα προσώπου του κομματιού. Στη συνέχεια, κεντράρισμα του τρυπανιού στον άξονα της οπής. Κατά τη διάρκεια της διάτρησης, η διεύθυνση του τρυπανιού στο κομμάτι γίνεται χειροκίνητα με τη βοήθεια του χειροστροφάλου του κεντροφορέα. Η επαναφορά πρέπει να γίνεται με λιγότερη πρόωση για προστασία του τρυπανιού. Επιβάλλεται η χρήση του υγρού κοπής κατά τη διάτρηση, γιατί αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες λόγω τριβής.

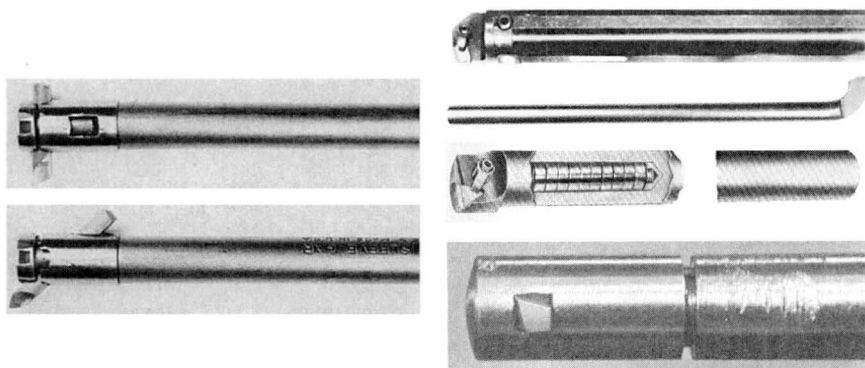
Η διάτρηση οπών μεγάλης διαμέτρου γίνεται σταδιακά ξεκινώντας από τρυπάνια μικρής διαμέτρου και στη συνέχεια μεγαλύτερων διαμέτρων.

#### 4.9.2 Εσωτερική τórνευση

Για να γίνει εσωτερική τórνευση, πρέπει πρώτα να γίνει διάτρηση του κομματιού κατά μήκος του άξονά του.

Οι μορφές των κοπτικών εργαλείων, που χρησιμοποιούνται στην εσωτερική τórνευση, είναι ανάλογες με το είδος της κατεργασίας. Τα κοπτικά εργαλεία συγκρατούνται πάνω σε μανέλες. Στο σχήμα 4.58 φαίνονται διάφορες μορφές κοπτικών εργαλείων εσωτερικής τórνευσης.



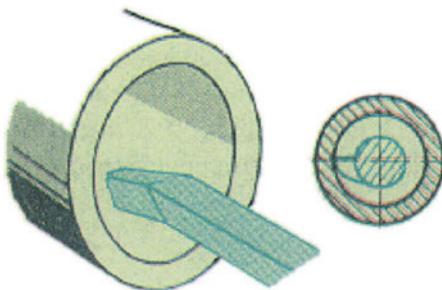


**Σχήμα 4.58:** Κοπτικά εργαλεία εσωτερικής τórνευσης.

Η κοπτική ακμή του κοπτικού εργαλείου πρέπει να συμπίπτει με το κέντρο του άξονα του τεμαχίου, για να είναι η εσωτερική κυκλική επιφάνεια με την αντίστοιχη εξωτερική ομόκεντρη (σχήμα 4.59).

Η συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου πρέπει να είναι σταθερή, επίσης δεν πρέπει να εξέχει σε μεγάλο μήκος το κοπτικό εργαλείο από τον εργαλειοδέτη, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος κραδασμών του λόγω δυνάμεων κοπής.

Οι συνθήκες κατεργασίας στην εσωτερική τórνευση είναι ίδιες με τις αντίστοιχες της εξωτερικής τórνευσης.

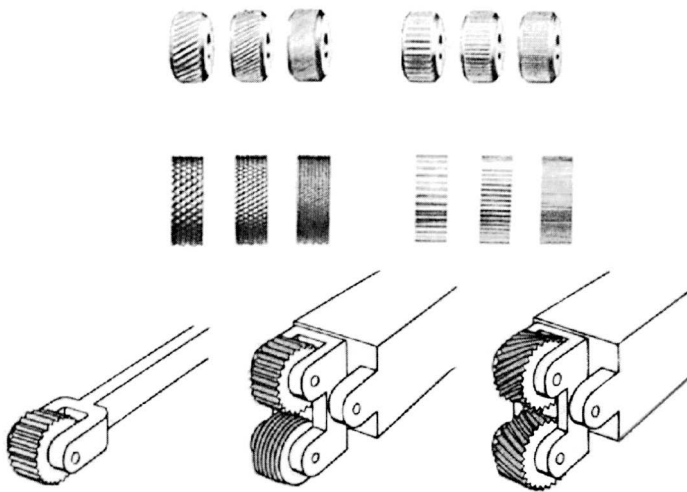


**Σχήμα 4.59:** Εσωτερική τórνευση, ρύθμιση του ύψους του κοπτικού εργαλείου.

#### 4.9.3 Ρίκνωση κυλινδρικών επιφανειών

Η ρίκνωση κυλινδρικών επιφανειών στον τόρνο γίνεται με την βοήθεια ρικνωτών. Ανάλογα με τη μορφή του ρικνωτή διαμορφώνεται η επιφάνεια του κομματιού. Οι ρικνωτές, που έχουν ευθύγραμμη μορφή, δημιουργούν ευθύγραμμες ρικνώσεις. Επίσης αντίστοιχα, οι σταυρωτοί ρικνωτές διαμορφώνουν

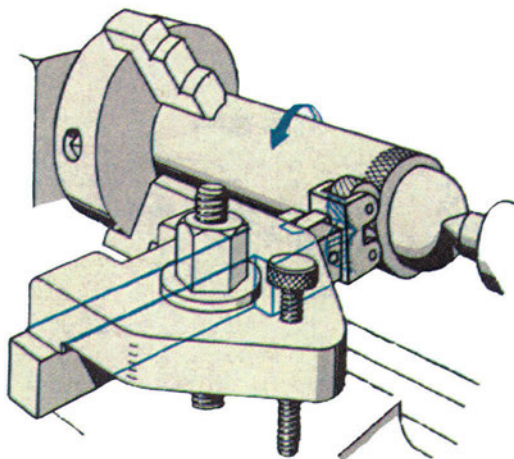
ανάλογες επιφάνειες. Στο σχήμα 4.60 παρουσιάζονται οι διάφορες μορφές ρικνωτών.



**Σχήμα 4.60:** *Είδη ρικνωτών*

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.60 οι ρικνωτές συναρμολογούνται μέσω αρθρώσεων σε μανέλλες με τις οποίες δένονται στον εργαλειοδέτη.

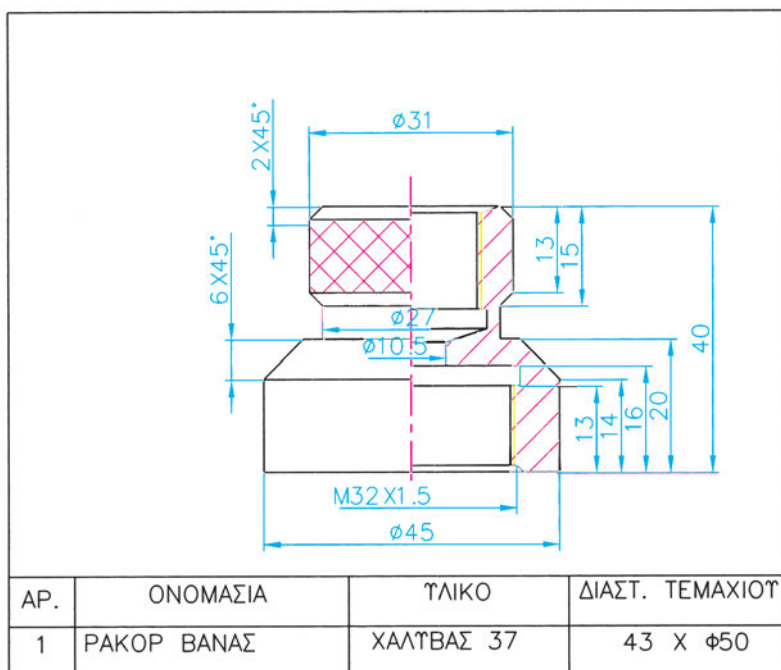
Η ρίκνωση γίνεται με λιγότερες στροφές του τσοκ από τις αντίστοιχες της κατεργασίας εκχόνδρισης και με διαδοχικές πιέσεις του ρικνωτή στην επιφάνεια του τεμαχίου, ώσπου να γίνει η διόγκωση (σχήμα 4.61).



**Σχήμα 4.61:** *Ρίκνωση κυλινδρικών επιφανειών στον τόρνο.*

**ΑΣΚΗΣΗ 4.9****Κατεργασία ρακόρ βάνας.**

Στο παρακάτω κατασκευαστικό σχέδιο φαίνεται η ημιτομή με όψη ενός ρακόρ βάνας

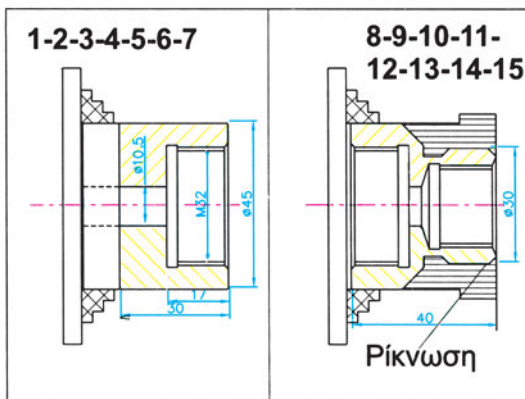
Κατασκευαστικό σχέδιο ρακόρ βάνας

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                                                      | Λειτουργία                                                           | Εργαλεία                           |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1                                                                         | Συγκράτηση στο τσοκ και να προεξέχει 35mm                            | Συγκρατήρας (τσοκ)                 |
| 2                                                                         | Τόρνευση προσώπου                                                    | Εργαλείο προσώπου                  |
| 3                                                                         | Διάτρηση Φ6 σ' όλο το μήκος,<br>Διάτρηση Φ10.5 σ' όλο το μήκος,      | Τρυπάνι Φ6<br>Τρυπάνι Φ10.5        |
| 4                                                                         | Διάτρηση Φ20 σ' όλο το μήκος, 17mm                                   | Τρυπάνι Φ20                        |
| 5                                                                         | Εσωτερική τόρνευση Φ30×16mm και την πατούρα Φ33×3mm                  | Εργαλείο εκχόνδρισης,<br>εσωτερικό |
| 6                                                                         | Κοπή του σπειρώματος M32×1.5                                         | Τριγωνικό εργαλείο κοπής           |
| 7                                                                         | Εξωτερική τόρνευση Φ45×30mm                                          | Εργαλείο εκχόνδρισης               |
| 8                                                                         | Συγκράτηση τεμαχίου από την άλλη πλευρά                              | Τσοκ                               |
| 9                                                                         | Εκχόνδριση σε Φ30×20mm                                               | Εργαλείο εκχόνδρισης               |
| 10                                                                        | Τόρνευση μορφής 3×5mm                                                | Εργαλείο μορφής                    |
| 11                                                                        | Στροφή του εργαλειοδέτη κατά 45°,<br>Κωνική τόρνευση 6×45° και 2×45° | Εργαλείο εκχόνδρισης               |
| 12                                                                        | Εσωτερική τόρνευση Φ20×15mm και της πατούρας Φ23×3mm                 | Εργαλείο εκχόνδρισης<br>εσωτερικό  |
| 13                                                                        | Κοπή σπειρώματος M22×1.2                                             | Τριγωνικό εργαλείο κοπής           |
| 14                                                                        | Αποπεράτωση εξωτερικής διαμέτρου Φ30                                 | Εργαλείο φινιρίσματος              |
| 15                                                                        | Ρίκνωση Φ30×11mm                                                     | Διπλός ρικνωτής                    |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο, Ελεγκτήρες σπειρωμάτων |                                                                      |                                    |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

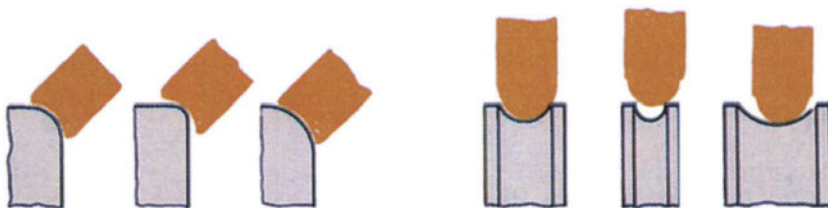
| Κατεργασία       | Στροφές (rpm) | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρώση [mm/rev] |
|------------------|---------------|------------------------|----------------|
| Εκχόνδριση       | 175           | 22                     | 1              |
| Φινίρισμα        | 230           | 30                     | 0.5            |
| Κοπή σπειρώματος | 50            | 7                      | 0.2            |
| Ρίκνωση          | 50            | 7                      | 0.2            |



Στάδια κατεργασίας στον τόρνο ρακόρ βάνας.

#### 4.9.4 Τόρνευση σφαιρικών επιφανειών

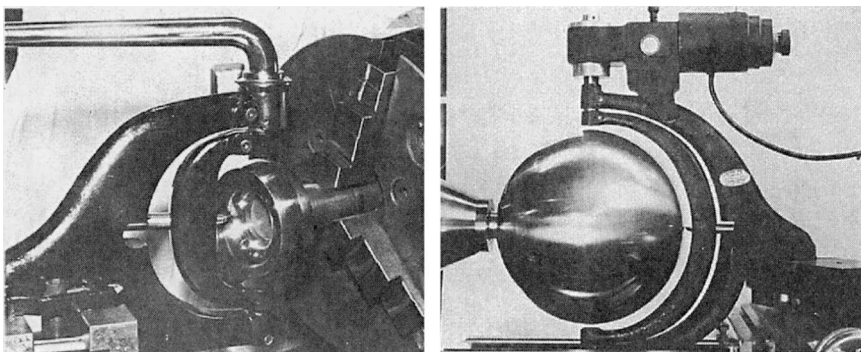
Η κατεργασία σφαιρικών επιφανειών μικρής ακτίνας γίνεται στον τόρνο με τη βοήθεια ειδικών εργαλείων μορφής, που έχουν την ίδια μορφή καμπύλης με την επιθυμητή καμπύλη που πρόκειται να παραχθεί. Η ακτίνα του κοπτικού εργαλείου πρέπει να επιλεγεί ανάλογα με την ακτίνα της καμπύλης. Στο σχήμα 4.62, παρουσιάζονται σωστές και λανθασμένες επιλογές εργαλείων.



**Σχήμα 4.62:** Σωστές και λανθασμένες ακτίνες κοπτικών εργαλείων.

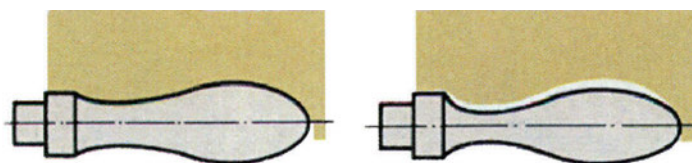
Η κατεργασία μεγάλων ακτινών γίνεται με δυο τρόπους:

1. Με χρήση ιδιοσυσκευής (σχήμα 4.63). Η καθοδήγηση του κοπτικού εργαλείου είναι αυτόματη και δεν απαιτεί την άμεση μεσολάβηση του τεχνίτη. Δημιουργεί καμπύλες με μεγάλη ακρίβεια.



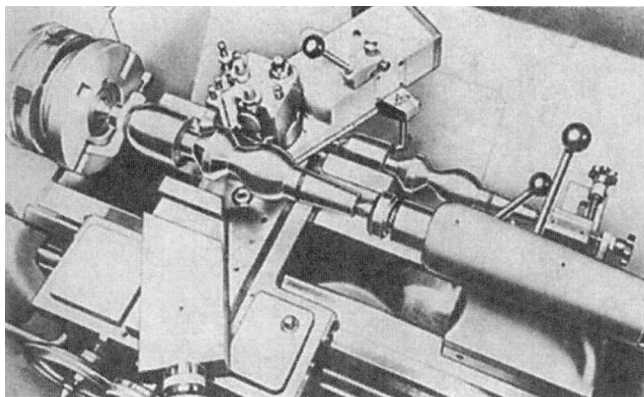
**Σχήμα 4.63:** Χρήση ιδιοσυσκευών για τórνευση σφαιρικών επιφανειών.

Με χειροκίνητη καθοδήγηση του κοπτικού εργαλείου: Σ' αυτή την περίπτωση η ακρίβεια της γεωμετρίας της καμπύλης εξαρτάται από την εμπειρία του χειριστή. Χρησιμοποιούνται ειδικές καλίμπρες οδηγού για τον έλεγχο της γεωμετρίας της καμπύλης (σχήμα 4.64).



**Σχήμα 4.64:** Έλεγχος γεωμετρίας σφαιρικών επιφανειών με καλίμπρες

Εκτός από τις παραπάνω μεθόδους, χρησιμοποιείται και η μέθοδος της αντιγραφής για κατεργασία σφαιρικών επιφανειών στον τórνο. Σε αυτή την περίπτωση, το κοπτικό εργαλείο αντιγράφει τη γεωμετρία ενός πρωτοτύπου, το οποίο τοποθετείται σε μια ιδιοσυσκευή κατά μήκος του κρεβατιού του τórνου. Από το εργαλειοφορείο αφαιρείται ο κοχλίας της εγκάρσιας κίνησης και σταθεροποιείται με ένα εργαλείο που ολισθαίνεται πάνω στην επιφάνεια του πρωτοτύπου. Έτσι, το κοπτικό εργαλείο κάνει τις ίδιες κινήσεις και αντιγράφει τη γεωμετρία του πρωτοτύπου (σχήμα 4.65).



**Σχήμα 4.65:** Τόρνευση σφαιρικών επιφανειών με αντιγραφή.

#### 4.9.5 Κατασκευή ελατηρίων

Για την κατασκευή ελατηρίων στον τόρνο, είναι απαραίτητο πρώτα να υπολογίζεται το μήκος του σύρματος που χρειάζεται για το συγκεκριμένο ελατήριο. Το μήκος του σύρματος δίδεται από την παρακάτω σχέση (βλ. Στοιχεία Μηχανών):

$$L_0 = n \cdot D_0 \cdot N \quad (4.5)$$

Όπου:  $L_0$  είναι το ονομαστικό μήκος του σύρματος και

$D_0$  είναι η μέση διάμετρος του ελατηρίου,

$$D_0 = D_{εξ} - d \quad \text{ή} \quad D_0 = D_{εσ} + d \quad (4.6)$$

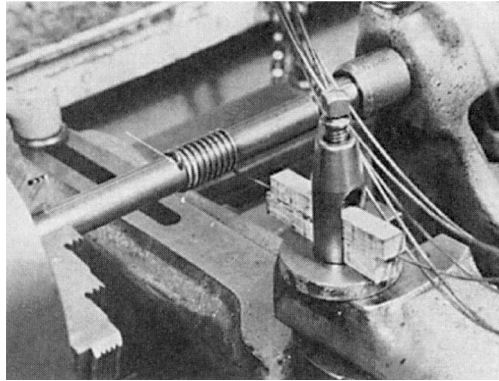
Όπου:  $D_{εξ}$  είναι η εξωτερική διάμετρος του ελατηρίου,

$D_{εσ}$  είναι η εσωτερική διάμετρος του ελατηρίου,

$d$  είναι η διάμετρος του σύρματος και

$N$  είναι ο αριθμός σπειρών.

Το σύρμα με το συγκεκριμένο μήκος τοποθετείται σε μια ιδιοσυσκευή που βρίσκεται πάνω στο εργαλειοφορείο. Η ιδιοσυσκευή περιέχει εγκοπή από την οποία διέρχεται το σύρμα (σχήμα 4.66).



**Σχήμα 4.66:** Κατασκευή ελατηρίων στον τόρνο.

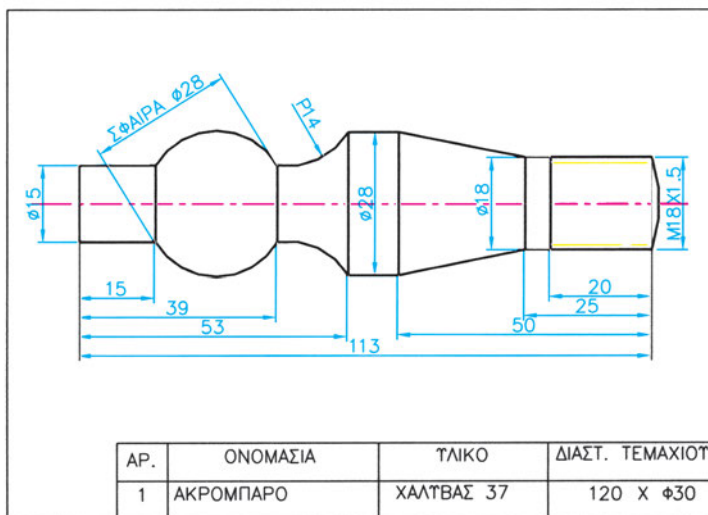
Στο τσοκ του τόρνου συγκρατείται ένας άξονας του οποίου η διάμετρος του είναι ίση με την εσωτερική διάμετρο του ελατηρίου. Η άκρη του σύρματος πιάνεται στο τσοκ, ή σε μια τρύπα στον άξονα. Οι ρυθμίσεις στον τόρνο κανονίζονται όπως οι κοπές σπειρωμάτων, όπου το βήμα του σπειρώματος αντιστοιχεί στο βήμα του ελατηρίου.



#### **ΑΣΚΗΣΗ 4.10**

##### **Κατεργασία ακρόμπαρου στον τόρνο.**

Η πρόοψη του ακρόμπαρου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Πρόοψη ακρόμπαρου.

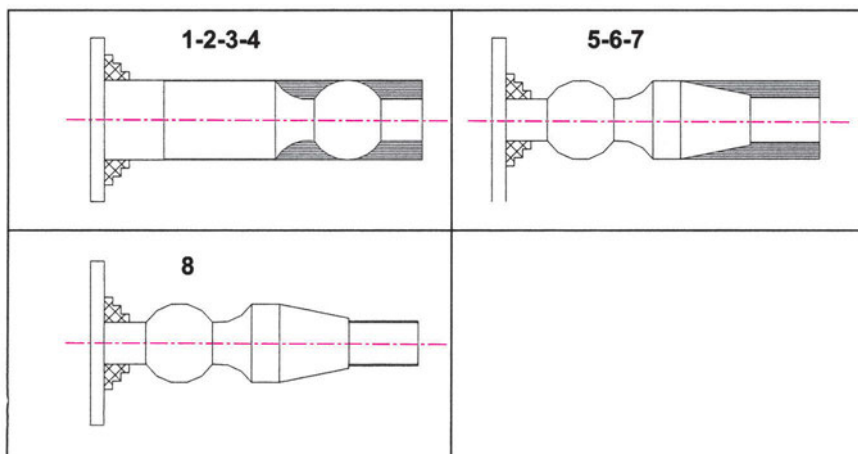


Οι φάσεις κατεργασίας περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

| Φάση                                                                                | Λειτουργία                                                                              | Εργαλεία                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                   | Συγκράτηση στο τσοκ και να προεξέχει 35mm                                               | Συγκρατήρας (τσοκ)                                          |
| 2                                                                                   | Τόρνευση προσώπου<br>Δημιουργία κέντρου                                                 | Εργαλείο προσώπου<br>Κεντροτρύπανο $\Phi 2 \times 60^\circ$ |
| 3                                                                                   | Εκχόνδριση σε $\Phi 28$ και $\Phi 15$ σε μήκος 15mm                                     | Εργαλείο εκχόνδρισης                                        |
| 4                                                                                   | Τόρνευση της σφαίρας και της κοίλης<br>Έλεγχος με την καλίμπρα                          | Εργαλείο σφαιρικής επιφάνειας<br>Καλίμπρα από έλασμα        |
| 5                                                                                   | Αναστροφή του τεμαχίου<br>Συγκράτηση στη διάμετρο $\Phi 15$                             | Τσοκ                                                        |
| 6                                                                                   | Εκχόνδριση σε $\Phi 15$ σε μήκος 25mm                                                   | Εργαλείο εκχόνδρισης                                        |
| 7                                                                                   | Στροφή του εργαλειοδέτη κατά $11^\circ 30'$<br>Κωνική τόρνευση $25 \times 11^\circ 30'$ | Εργαλείο εκχόνδρισης                                        |
| 8                                                                                   | Κοπή σπειρώματος M18 $\times$ 1.5                                                       | Τριγωνικό εργαλείο κοπής                                    |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο, Ελεγκτήρες σπειρωμάτων, Καλίμπρα |                                                                                         |                                                             |

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία       | Στροφές [rpm] | Ταχύτητα κοπής [m/min] | Πρόωση [mm/rev] |
|------------------|---------------|------------------------|-----------------|
| Εκχόνδριση       | 175           | 22                     | 1               |
| Φινίρισμα        | 230           | 30                     | 0.5             |
| Κοπή σπειρώματος | 50            | 7                      | 0.2             |



Στάδια κατεργασίας ακρομπάρου.

#### 4.10 ΤΟΡΝΟΙ ΡΕΒΟΛΒΕΡ

Η κατασκευή ενός κομματιού στον τόρνο περνά από πολλές φάσεις κατεργασίας, όπως εκχόνδριση, διάτρηση, εσωτερική τórνευση, σπειροτόμηση κ.ά. Όλες οι φάσεις εκτελούνται διαδοχικά, η μία μετά την άλλη. Η αλλαγή του κοπτικού εργαλείου, μετά από κάθε φάση κατεργασίας, οδηγεί σε αύξηση του χρόνου παραγωγής.

Στους τórνους ρεβόλβερ, ο εργαλειοδέτης περιέχει πολλά εργαλεία για διάφορες κατεργασίες. Συνήθως χρησιμοποιούνται εργαλειοδέτες με 6 εργαλεία. Τα εργαλεία τοποθετούνται στην περιστροφική κεφαλή, σύμφωνα με τη σειρά που προβλέπεται από τη διαδικασία κατασκευής του κομματιού. Μετά από κάθε φάση κατεργασίας, με αυτόματη ή χειροκίνητη περιστροφή της περιστροφικής κεφαλής, έρχεται μπροστά από το τεμάχιο το κατάλληλο εργαλείο.

Οι τórνοι ρεβόλβερ χρησιμοποιούνται για κατεργασία ομοίων μικρών τεμαχίων, των οποίων το πηλίκο του μήκους δια της διαμέτρου είναι μικρότερο ή ίσο των 6 χιλιοστών ( $l/d \leq 6 \text{ mm}$ ). Τα τεμάχια με μεγάλο μήκος μπορούν να κατεργασθούν σε τórνους ρεβόλβερ, χρησιμοποιώντας ιδιοσυσκευές για σταθερή συγκράτηση των κομματιών.

Οι τórνοι ρεβόλβερ λέγονται ημιαυτόματοι, γιατί βρίσκονται ανάμεσα στους αυτόματους τórνους, όπου όλες οι κινήσεις, για κατεργασία ομοίων αντικειμένων, γίνονται αυτόματα χωρίς την παρέμβαση του χειριστή, και τους κοινούς τórνους, όπου όλες οι κινήσεις εκτελούνται από το χειριστή.

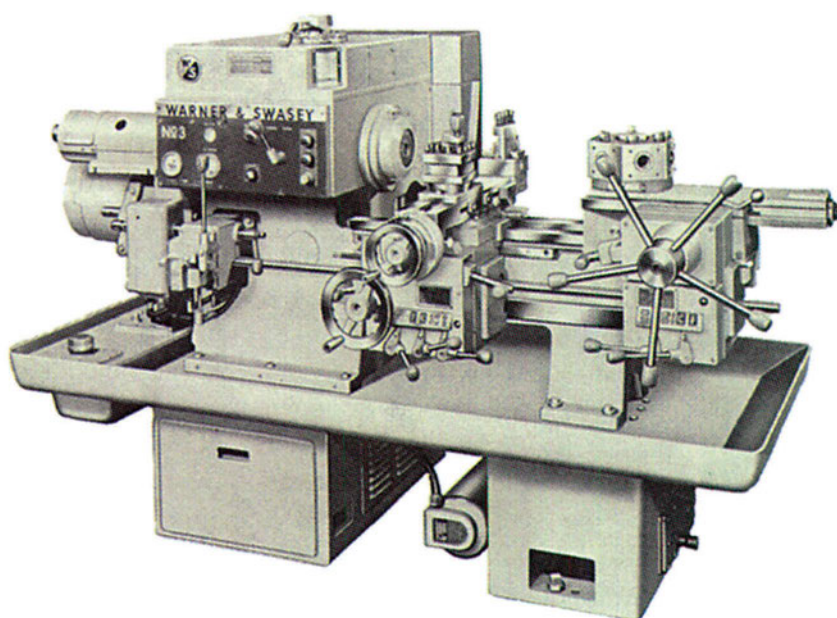
Σε ένα σωστά ρυθμισμένο τόρνο ρεβόλβερ δε γίνονται μετρήσεις σε κάθε κομμάτι κατά την παραγωγή, αλλά κατά αραιά διαστήματα γίνονται έλεγχοι των διαστάσεων, για να εξακριβωθεί η ορθότητα των ρυθμίσεων.

#### 4.10.1 Δομή και κύρια χαρακτηριστικά

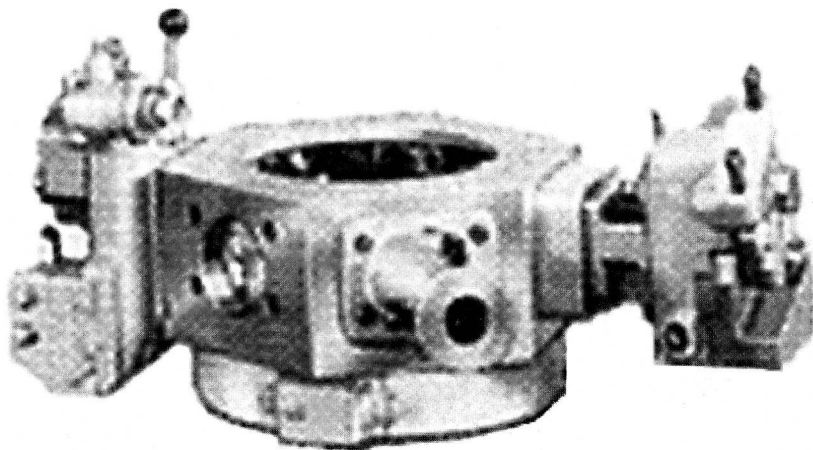
Οι τόρνοι ρεβόλβερ χωρίζονται βασικά σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τη διαμόρφωση και τη θέση της κεφαλής του εργαλειοφορέα:

1. **Πύργος.** Ο εργαλειοφορέας είναι εξάγωνος (σπανιότερα πεντάγωνος ή οκτάγωνος), περιστρέφεται γύρω από ένα άξονα κάθετο προς το κρεβάτι του τόρνου (σχήμα 4.67).

Στον εργαλειοφορέα πύργο υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης μέχρι έξι διαφορετικών εργαλείων, ένα σε κάθε πλευρά του εξαγώνου (σχήμα 4.68).



**Σχήμα 4.67:** Τόρνος ρεβόλβερ με εργαλειοφορέα πύργο.

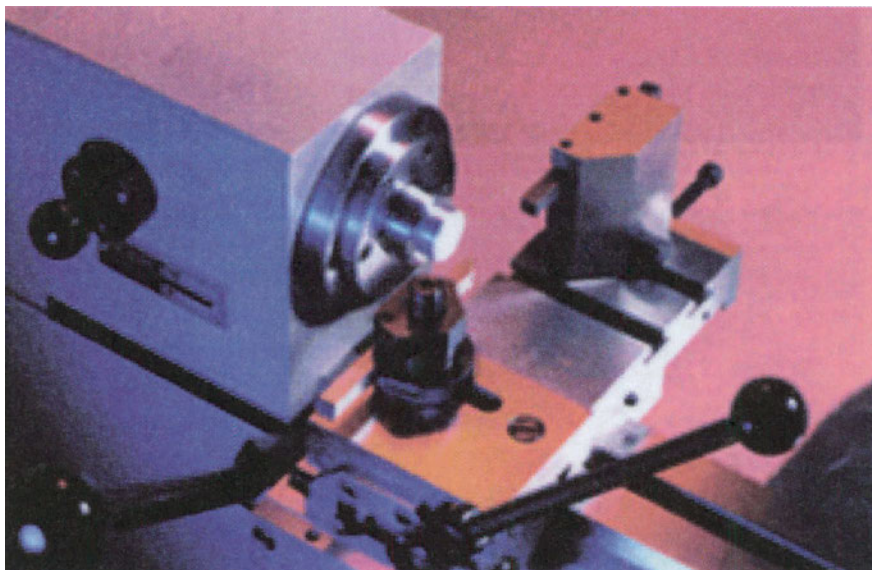


**Σχήμα 4.68:** Κεφαλή εργαλειοφορέα τύπου πύργου.

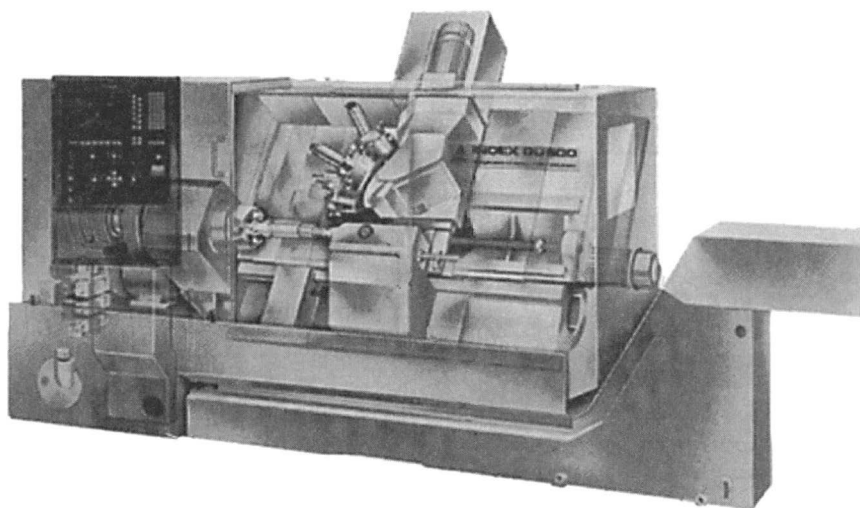
Το εργαλειοφορείο κινείται κατά μήκος του κρεβατιού, με τη βοήθεια γλισιερών. Επιπλέον, στον τόρνο ρεβόλβερ με πύργο, τοποθετούνται απευθείας δυο εργαλειοδέτες επάνω στο εγκάρσιο φορείο. Ο κύριος άξονας του τόρνου και η αξονική γραμμή του κομματιού βρίσκονται ανάμεσα στους δυο εγκάρσιους εργαλειοδέτες (σχήμα 4.69). Ο μπροστινός εγκάρσιος εργαλειοδέτης είναι συνήθως τετραπλός, αλλά μπορεί να συγκρατήσει και περισσότερα παράλληλα εργαλεία, τα οποία μπορούν να κόβουν ταυτόχρονα σε κλιμακωμένες διαμέτρους. Ο πίσω εργαλειοδέτης χρησιμεύει συνήθως για να συγκρατεί το εργαλείο αποκοπής.

**2. Μύλος:** Ο εργαλειοφορέας είναι ένας μύλος που περιστρέφεται γύρω από ένα οριζόντιο άξονα παράλληλο ως προς το κρεβάτι του τόρνου (σχήμα 4.70).

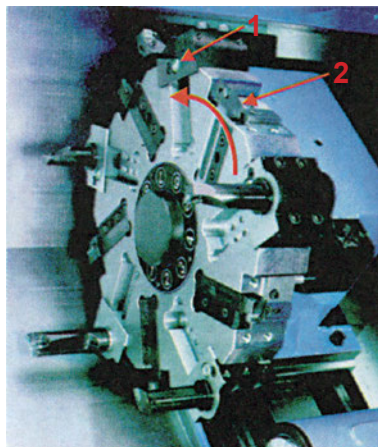
Η μετωπική επιφάνεια του μύλου μπορεί να συγκρατήσει από 12 έως 16 διαφορετικά κοπτικά εργαλεία. Ο άξονας περιστροφής του μύλου βρίσκεται σε συγκεκριμένο ύψος ώστε η αξονική γραμμή της κυρίας ατράκτου του τόρνου να συμπίπτει με την αξονική γραμμή είτε της οπής κορυφής (1) (σχήμα 4.71) είτε της χαμηλότερης οπής.



**Σχήμα 4.69:** Εγκάρσιοι εργαλειοδέτες.



**Σχήμα 4.70:** Τόρνος ρεβόλβερ με εργαλειοφορέα μύλο.



**Σχήμα 4.71:** Κεφαλή εργαλειοφορέα μορφής μύλου.

Η επίπεδη εγκάρσια τórνευση και η αποκοπή γίνονται από κοπτικό εργαλείο που συγκρατείται στη γειτονική οπή της κορυφής (2), με περιστροφική κίνηση ολοκλήρου του μύλου κατά τη φορά του βέλους.

#### 4.10.2 Συνθήκες κατεργασίας

**Ταχύτητες.** Στους τórνους ρεβόλβερ κατασκευάζονται κομμάτια μικρής διαμέτρου, άρα ο αριθμός στροφών της κυρίας ατράκτου μπορεί να είναι μεγάλος, να ξεπεράσει τις 2000 στρ/min. Όμως, η τórνευση ενός κομματιού μπορεί να έχει διάφορες φάσεις κατεργασίας, που απαιτούν χαμηλές στροφές όπως π.χ. σπειροτόμηση, δηλαδή κάτω από 90 στρ/min. Το πλήθος των ταχυτήτων στους τórνους ρεβόλβερ κυμαίνεται από 12 έως 18.

**Πρόωση.** Οι τórνοι ρεβόλβερ με πύργο έχουν και κατά μήκος και εγκάρσια πρόωση. Συγκεκριμένα, ο πύργος κάνει κατά μήκος πρόωση, ενώ το εργαλειοφορείο κάνει και κατά μήκος και εγκάρσια πρόωση. Το φορείο του μύλου στους τórνους ρεβόλβερ κάνει μόνο κατά μήκος πρόωση. Οι διάφορες προώσεις γίνονται ή χειροκίνητα μέσω μοχλών ή αυτόματα. Ο καθορισμός των διαδρομών των κατά μήκος προώσεων γίνεται με τη βοήθεια στόπτερ.

**Ψύξη.** Κατά τη διάρκεια της κοπής, η ψύξη είναι απαραίτητη, γι' αυτό το λόγο όλοι οι τórνοι ρεβόλβερ είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ψύξης. Τα πλεονεκτήματα της ψύξης κατά την κοπή είναι τα εξής:

- ♦ Περιορίζει την τριβή μεταξύ του αποβλίττου και της επιφάνειας κοπής,

καθώς μεταξύ του κομματιού και της ελεύθερης επιφάνειας του εργαλείου.

- ♦ Ελαττώνει τη θερμοκρασία στη ζώνη διάτμησης.
- ♦ Δυνατότητα αύξησης της ταχύτητας κοπής.
- ♦ Καλύτερη ποιότητα επιφανείας.
- ♦ Μεγάλη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου.
- ♦ Τα υγρά κοπής, που χρησιμοποιούνται στους τόννους ρεβόλβερ, είναι τα **λάδια κοπής** και τα **σαπουνέλαια**.

#### 4.10.3 Βασικοί αυτοματισμοί

Στους τόννους ρεβόλβερ, αυτομάτως σταματά η λειτουργία του τόννου στο τέλος της κατεργασίας ενός κομματιού. Η αντικατάσταση του έτοιμου τεμαχίου με καινούργιο για κατεργασία, καθώς και η τοποθέτηση του φορείου στην αρχική του θέση με τη βοήθεια του σταυρωτού χειρομοχλού, εκτελούνται από τον τεχνίτη. Οι αυτόματες εργασίες στους τόννους ρεβόλβερ είναι οι εξής:

- ♦ Απομανδάλωση του πύργου ή μύλου, ώστε να μπορεί να περιστραφεί.
- ♦ Περιστροφή του πύργου ή μύλου για να έρθει το επόμενο εργαλείο στη θέση εργασίας.
- ♦ Σταθεροποίηση του πύργου ή μύλου στη νέα του θέση.
- ♦ Περιστροφή του τυμπάνου με τα στόπερ για τον καθορισμό της διαδρομής κοπής του νέου εργαλείου.

Στους σύγχρονους τόννους ρεβόλβερ, η αλλαγή στροφών της ατράκτου και η αλλαγή προώσεως γίνονται αυτόματα.

#### 4.10.4 Συγκράτηση κομματιών στους τόννους ρεβόλβερ

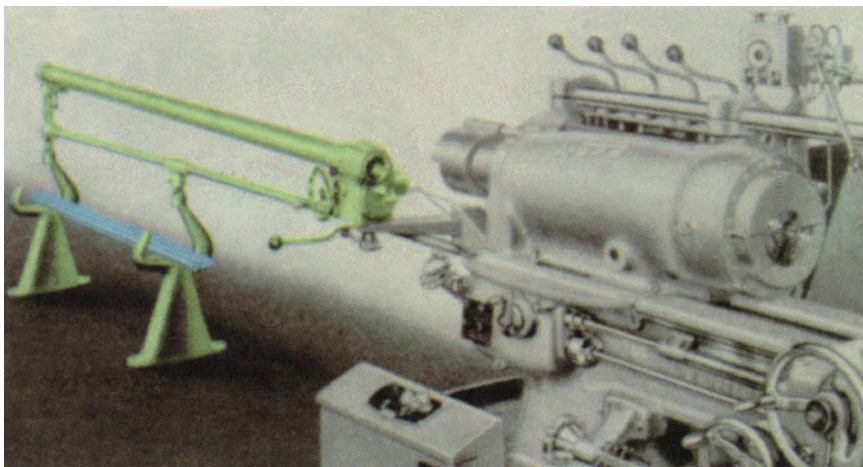
Οι τόννοι ρεβόλβερ επεξεργάζονται κομμάτια μικρού μήκους, επειδή δεν έχουν κεντροφορέα και δεν μπορούν να συγκρατήσουν κομμάτια μεγάλου μήκους. Η συγκράτηση των κομματιών γίνεται μόνο από το τσοκ ή την τσιμπίδα.

Στους τόννους ρεβόλβερ, επεξεργάζονται είτε βέργες διαφορετικών γεωμετρικών διατομών είτε κομμάτια από χυτήριο για τελική επεξεργασία. Έτσι, οι εργασίες του τόννου ρεβόλβερ διακρίνονται σε **εργασίες βέργας** και σε **εργασίες τσοκ**.

Κατά τις εργασίες βέργας, οι βέργες περνούν μέσα από κεντρική οπή της κυρίας ατράκτου και εξέχουν, όσο χρειάζεται, με τη βοήθεια στόπερ στην πρώτη κατά σειρά θέση του πύργου ή του μύλου. Η συγκράτηση της βέργας



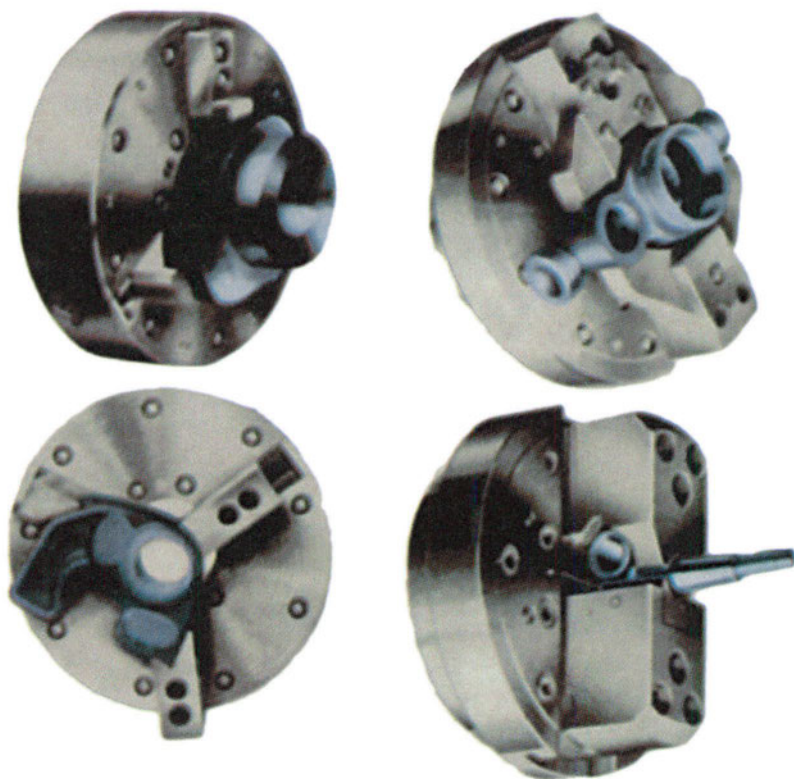
γίνεται από το τσοκ ή την τσιμπίδα. Το μήκος της βέργας είναι 3 έως 6 m, γι' αυτό ο τόρνος πρέπει να εφοδιασθεί στο πίσω μέρος με σύστημα συγκράτησης των κομματιών, καθώς επίσης με σύστημα υποδοχής. Στο σχήμα 4.72 φαίνεται ένα σύστημα υποδοχής και συγκράτησης βεργών για κατεργασία σε τόρνο ρεβόλβερ.



**Σχήμα 4.72:** Σύστημα υποδοχής και συγκράτησης βεργών για επεξεργασία σε τόρνο ρεβόλβερ.

Κατά τις εργασίες στο τσοκ, χρησιμοποιούνται τσοκ με ειδικούς σφικτήρες, των οποίων η μορφή είναι ανάλογη του σχήματος του κομματιού που θα συγκρατήσουν (σχήμα 4.73).

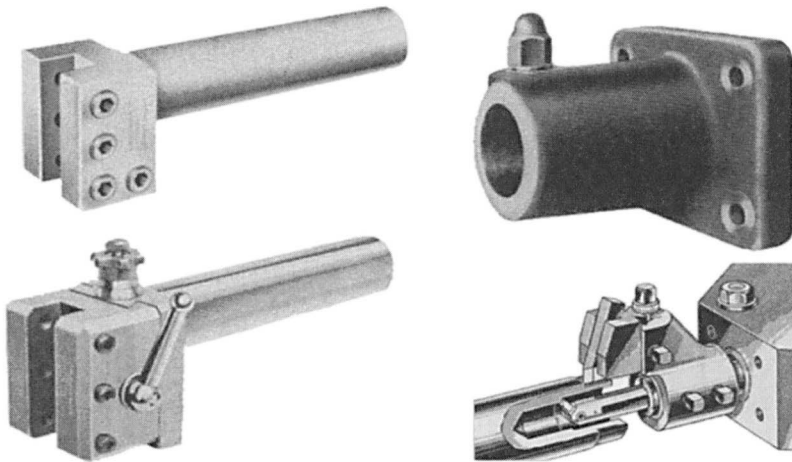




**Σχήμα 4.73:** Τσοκ με ειδικούς σφιγκτήρες.

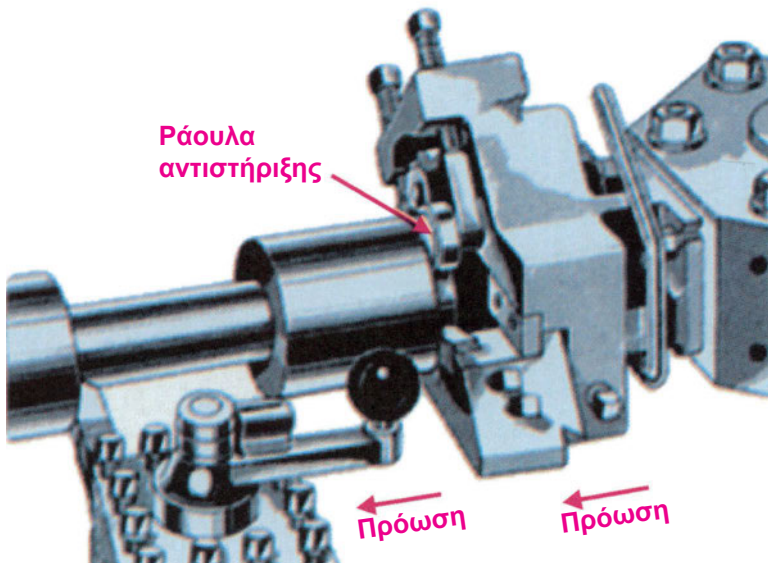
#### 4.10.5 Συγκράτηση κοπτικών εργαλείων

Τα κοπτικά εργαλεία συγκρατούνται πάνω στον πύργο ή στο μύλο, μέσω ειδικών ιδιοσυσκευών. Οι ιδιοσυσκευές αυτές, τις περισσότερες φορές, είναι κατασκευασμένες για συγκράτηση διαφορετικών εργαλείων. Η συγκράτηση των κοπτικών εργαλείων πρέπει να είναι στιβαρή, ώστε να μην ταλαντεύεται το κοπτικό εργαλείο, λόγω των αυτοδιαιρούμενων ταλαντώσεων, οι οποίες προέρχονται από τις δυνάμεις κοπής. Στο σχήμα 4.74 παρουσιάζονται δείγματα ιδιοσυσκευών για συγκράτηση κοπτικών εργαλείων.



**Σχήμα 4.74:** Ιδιοσυσκευές συγκράτησης κοπτικών εργαλείων.

Για πιο σταθερή συγκράτηση βεργών χρησιμοποιείται η αντιστήριξη από ράουλα (σχήμα 4.75).



**Σχήμα 4.75:** Ράουλα αντιστήριξης για τόννευση βέργας

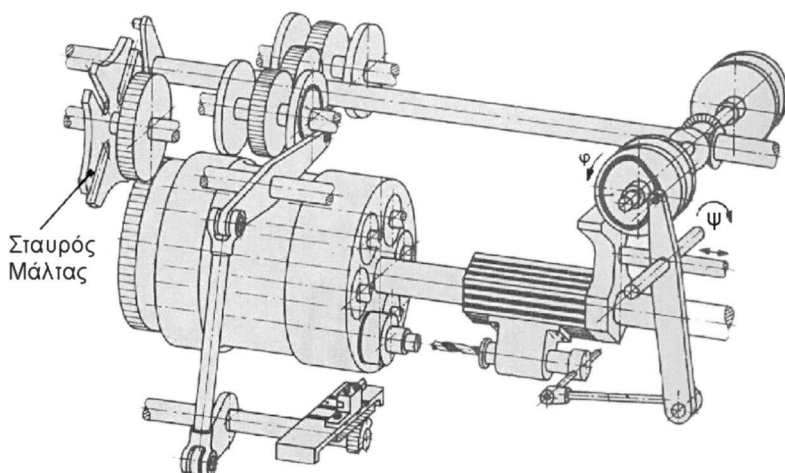
Η αντιστήριξη από τα ράουλα έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- ♦ Στο σημείο συγκράτησης, αναπτύσσονται αντιστάσεις στις δυνάμεις κοπής, με αποτέλεσμα τον περιορισμό των ελαστικών παραμορφώσεων.

- ♦ Επιτρέπει μεγαλύτερο βάθος κοπής λόγω της μεγάλης στιβαρότητας. Αυτό σημαίνει ελάχιστο χρόνο κατεργασίας, και μεγαλύτερη παραγωγή.
- ♦ Ο περιορισμός των ταλαντώσεων της βέργας, έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα επιφάνειας.

#### 4.10.6 Πολυάτρακτοι τórνοι ρεβóλβερ

Οι πολυάτρακτοι τórνοι ρεβóλβερ χρησιμοποιούνται για την κατεργασία μεγάλου αριθμού μικρών αξόνων. Ένα τέτοιο τórνο με έξι σταθμούς κατεργασίας δείχνει το σχήμα 4.76. Στο σχήμα, ενδεικτικά μόνο, φαίνεται ο μηχανισμός καθοδήγησης της κατά μήκος κινήσεως του κοπτικού εργαλείου διατρήσεως.



**Σχήμα 4.76:** Πολυαξονικός τórνος ρεβóλβερ.

Κατά την αρχή της κατεργασίας τοποθετείται το τεμάχιο σε ένα από τα μικρά τσοκ του τυμπάνου. Το τύμπανο καθοδηγείται διαδοχικά μέσω του μηχανισμού του σταυρού Μάλτας (σχήμα 4.76), που είναι συνδεδεμένος με τον κύριο άξονα του τórνου στους διαδοχικούς σταθμούς κατεργασίας των τεμαχίων.

Η κατανομή των κατεργασιών στους σταθμούς κατεργασίας μπορεί να είναι εγκάρσια κατεργασία, κατά μήκος κατεργασία, αποπεράτωση, διάτρηση, σπειροτόμηση απότμηση και αλλαγή του τεμαχίου κ.ά.

Σε καθένα από τους σταθμούς κατεργασίας υπάρχει ένα εργαλειοφορείο, το οποίο κινείται συγχρόνως εγκάρσια και κατά μήκος. Η εγκάρσια κίνηση του κοπτικού εργαλείου ρυθμίζεται μέσω καθοδηγητικής καμπύλης τύπου δίσκου και η κατά μήκος κίνηση μέσω καθοδηγητικής καμπύλης τύπου τυμπάνου. Από αυτούς τους δυο καθοδηγητικούς μηχανισμούς ο ένας υπαγορεύει τις

κινήσεις του εργαλειοφορείου στη φορά της κατεργασίας εγκάρσια ή κατά μήκος ενώ ο άλλος τις κινήσεις του κοπτικού εργαλείου, που είναι κάθετες στην εκάστοτε φορά κατεργασίας.

Η κίνηση από τους ακολούθους προς το εργαλειοφορείο γίνεται με σχέση μετάδοσης 1:1. Ο ακόλουθος των μηχανισμών με οδηγητική καμπύλη είναι τύπου ωστήρα με τροχίσκο.

Γενικά, ο καθοδηγητικός μηχανισμός ενός εργαλειοφορείου εκτελεί τις εξής αποστολές:

- ♦ Ταχεία μετάβαση του κοπτικού εργαλείου από τη θέση αναμονής κοντά στο κατεργαζόμενο τεμάχιο.
- ♦ Σταθερή πρόωση κατεργασίας του εργαλείου.
- ♦ Επιβράδυνση της προώσεως και στη συνέχεια ακινητοποίηση του κοπτικού εργαλείου.
- ♦ Ταχεία επιστροφή του κοπτικού εργαλείου στην αρχική ή κάποια ενδιάμεση θέση αναμονής.
- ♦ Ακινητοποίηση του εργαλειοφορείου, στη θέση αναμονής, κατά τη διάρκεια της περιστροφής του τυμπάνου του τόρνου από τον ένα στον επόμενο σταθμό κατεργασίας.

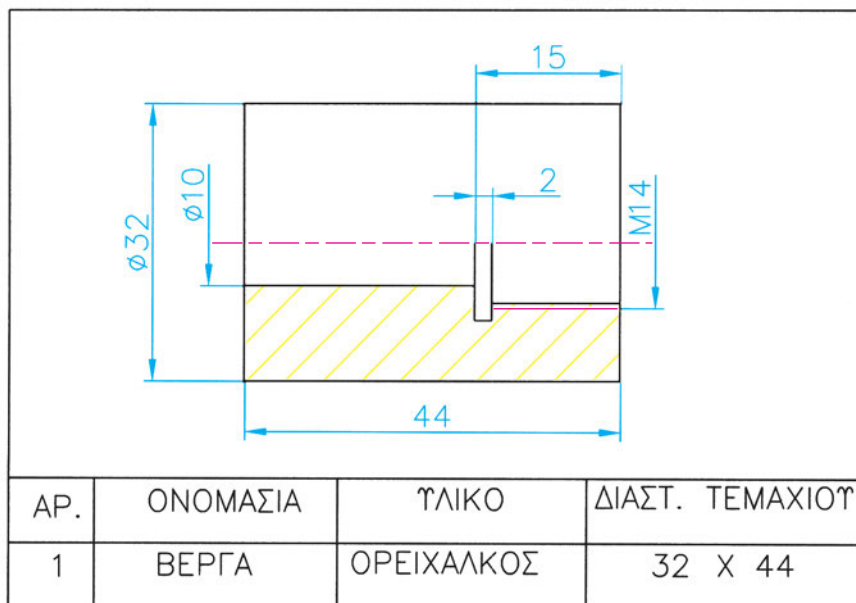


#### **ΑΣΚΗΣΗ 4.11**

---

##### **Κοπή στον τόρνο ρεβόλβερ.**

Το τεμάχιο του παρακάτω σχήματος πρόκειται να κατεργασθεί σε τόρνο ρεβόλβερ με πύργο.

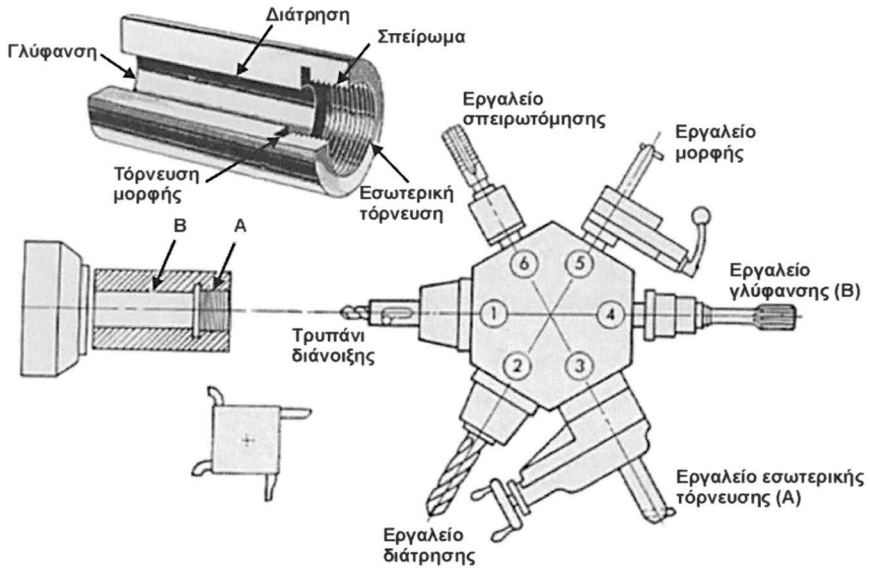


Πρόοψη με ημιτομή μηχανολογικού εξαρτήματος για κατεργασία σε τόρνο ρεβόλβερ με πύργο.

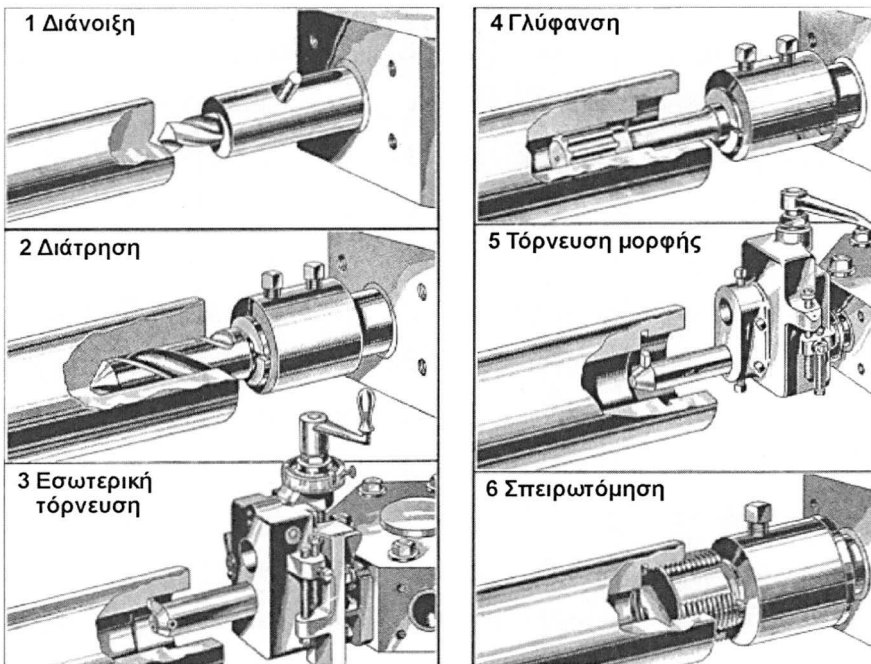
Η μελέτη και ο καθορισμός των φάσεων κατεργασίας σε ένα τόρνο ρεβόλβερ είναι πάρα πολύ σημαντικά και φέρουν το καλύτερο αποτέλεσμα. Σύμφωνα με το κατασκευαστικό σχέδιο του τεμαχίου, για την κατασκευή του απαιτούνται έξι διαφορετικές κατεργασίες. Η σειρά των φάσεων τόννευσης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                               | Λειτουργία                                            | Εργαλεία                        |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1                                                  | Διάτρηση, $\phi 6.5$ mm                               | Τρυπάνι $\phi 6.5$ mm           |
| 2                                                  | Διάτρηση, $\phi 9.5$ mm                               | Τρυπάνι $\phi 9.5$ mm           |
| 3                                                  | Εσωτερική τόννευση, $\phi 13.5$ mm και σε μήκος 15 mm | Εργαλείο εσωτερικής εκχόνδρισης |
| 4                                                  | Γλύφανση $\phi 10$ mm και μήκος 29 mm                 | Εργαλείο γλύφανσης              |
| 5                                                  | Τόννευση μορφής $\phi 18$ mm και μήκος 2 mm           | Εργαλείο μορφής                 |
| 6                                                  | Κοχλιοτόμηση M14 και μήκος 13 mm                      | Εργαλείο σπειρωτόμησης          |
| Εργαλεία μέτρησης : Μετρητικός κανόνας, Παχύμετρο, |                                                       |                                 |

Μετά τη μελέτη των φάσεων κατεργασίας, τοποθετούνται τα αντίστοιχα κοπτικά εργαλεία σύμφωνα με τη σειρά κατεργασίας, στον πύργο όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα.



Τοποθέτηση των κοπτικών εργαλείων στον πύργο σύμφωνα με τη σειρά κατεργασίας.



Στάδια κατεργασίας στον τόρνο ρεβόλβερ με πύργο.



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Αναφέρατε τα είδη τόνων.
2. Πώς εκτιμάται το μέγεθος ενός τόνου;
3. Ποιοι είναι οι κανόνες ασφαλείας κατά τη χρήση του τόνου;
4. Αναφέρατε τα κύρια μέρη του τόνου.
5. Τι είδους καταπονήσεις μπορεί να δέχεται το σώμα του τόνου;
6. Από τι αποτελείται το κιβώτιο ταχυτήτων;
7. Ποιοι είναι οι τρόποι σύνδεσης του τσοκ με την κύρια άτρακτο;
8. Τι χρησιμεύει ο κεντροφορέας;
9. Δώστε ορισμό στον κώνο Μορς.
10. Ονομάσατε τα μέρη μιας κουκουβάγιας.
11. Πώς μεταδίδεται η κίνηση στον άξονα προώσεων;
12. Πώς επιτυγχάνεται η αλλαγή κατεύθυνσης μετακίνησης του κοπτικού εργαλείου;
13. Αναφέρατε τους τρόπους συγκράτησης κοπτικού εργαλείου στον τόννο.
14. Προτιμάται η συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου επάνω ή κάτω από τον άξονα περιστροφής και γιατί;
15. Τι επηρεάζει το ελεύθερο μήκος του κοπτικού εργαλείου;
16. Αναφέρατε τις συσκευές συγκράτησης τεμαχίων στον τόννο, τους τρόπους συγκράτησης και σε ποιες περιπτώσεις εφαρμόζεται κάθε τρόπος;
17. Εξηγήστε τον έλεγχο, που πρέπει να γίνει κατά τη συγκράτηση μεταξύ πόντων.
18. Σε ποιες εργαλειομηχανές διαμορφώνεται η γωνία Μορς και τι διάσταση έχει.
19. Αναφέρατε τα υλικά κοπτικών εργαλείων τόννευσης.
20. Ποιες είναι οι ιδιότητες ενός κοπτικού εργαλείου;
21. Ονομάσατε τις χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του τεμαχίου κατά την τόννευση.

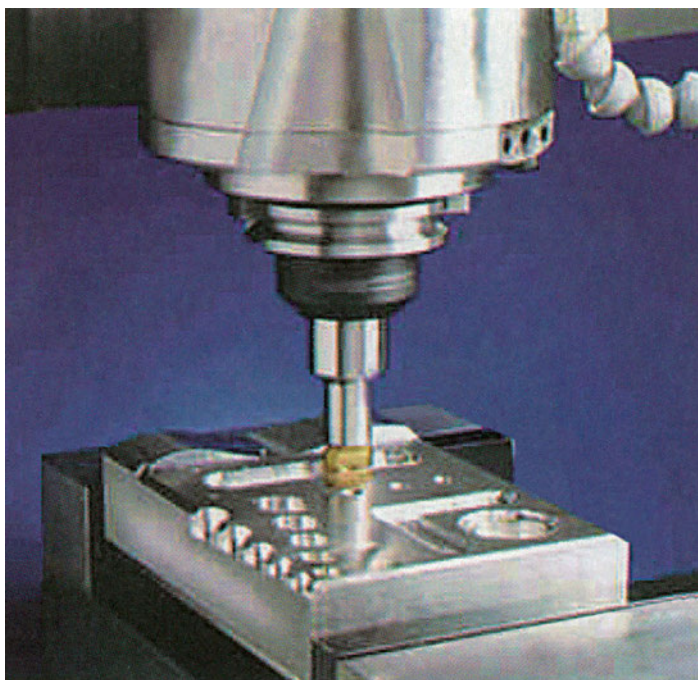
22. Από τι χαρακτηρίζεται η γεωμετρία ενός κοπτικού εργαλείου;
23. Από τι εξαρτώνται οι γωνίες κοπής;
24. Πώς επηρεάζει η γωνία τοποθέτησης τη ζωή του κοπτικού εργαλείου;
25. Δώστε τους ορισμούς της γωνίας αιχμής και της γωνίας κλίσης.
26. Αναφέρατε τα είδη των κοπτικών εργαλείων τórνευσης και τη μορφή καθενός.
27. Εξηγήστε τα στάδια τροχίσματος κοπτικού εργαλείου.
28. Ποια καλούνται κριτήρια αστοχίας;
29. Ποιοι παράγοντες επιδρούν στη ζωή του κοπτικού εργαλείου;
30. Ποιες οι συνθήκες κοπής στον τórνο;
31. Να υπολογισθεί η ταχύτητα κοπής για την κατεργασία στον τórνο τεμαχίου διαμέτρου 35mm, όταν περιστρέφεται με 150 σπρ/min.
32. Να υπολογισθεί η περιστροφική ταχύτητα της κύριας ατράκτου ενός τórνου για την κατεργασία τεμαχίου από χάλυβα St37 διαμέτρου 40mm.
33. Από τι επηρεάζεται η ταχύτητα κοπής;
34. Ένας άξονας από χάλυβα St42,  $D=50\text{mm}$ , πρόκειται να κατεργασθεί στον τórνο. Να υπολογισθούν η ταχύτητα κοπής και οι στροφές του κινητήρα.
35. Τι εκφράζει η πρόωση;
36. Ποια είναι η τιμή της εγκάρσιας πρόωσης σε σχέση με της διαμήκους;
37. Με τι ισούται το πηλίκο της τιμής της πρόωσης δια της τιμής του βάθους κοπής;
38. Για τórνευση τεμαχίου, διαμέτρου 50mm και σε μήκος 280mm, με ταχύτητα κοπής  $u=25\text{m/min}$  και πρόωση  $s=0.5\text{mm/rev}$ , ζητείται ο χρόνος κοπής ( $l_a=l_u=5\text{mm}$ ).
39. Για τórνευση προσώπου τεμαχίου, διαμέτρου 250mm με ταχύτητα κοπής  $u=25\text{m/min}$  και πρόωση  $s=0.5\text{mm/rev}$ , ζητείται ο χρόνος κοπής ( $l_a=5\text{mm}$ ).
40. Σε ποια στάδια της κατεργασίας είναι απαραίτητος ο έλεγχος των μετρήσεων;
41. Αναφέρατε τις γενικές οδηγίες για την τórνευση τεμαχίων.



42. Να υπολογισθεί η γωνία στροφής του εργαλειοδέτη για τórνευση ενός κώνου, του οποίου η μεγάλη διάμετρος  $D=25\text{mm}$  και η μικρή  $d=15\text{mm}$ ,  $l=500\text{mm}$ .
43. Ποιες είναι οι κύριες μέθοδοι κωνικής τórνευσης;
44. Αναφέρατε τις μορφές των σπειρωμάτων.
45. Εξηγήστε τις εξής τυποποιήσεις:  $M16\times 1.5$ ,  $R3''$ ,  $W72\times 1/6''$ ,  $Tr20\times 5$ ,  $S40\times 5$ ,  $Rd84\times 1/6''$ .
46. Με τι ισούται το βήμα ενός σπειρώματος μιας αρχής, δυο αρχών και τριών αρχών;
47. Με ποιους τρόπους γίνεται η κοπή σπειρωμάτων στον τórνο;
48. Αναφέρετε τα στάδια κοπής σπειρώματος στον τórνο.
49. Πώς γίνεται η επιλογή του κοπτικού εργαλείου για κοπή σπειρωμάτων;
50. Ποια είναι η γωνία τοποθέτησης των κοπτικών εργαλείων για κοπή σπειρωμάτων;
51. Πώς εκτιμάται η ταχύτητα κοπής σπειρωμάτων;
52. Πώς επιτυγχάνεται η ρύθμιση του βήματος;
53. Πώς γίνεται η μετάδοση κίνησης από τον κινητήρα στο εργαλειοφορείο για κοπή σπειρωμάτων;
54. Εξηγήστε τους τρόπους διείσδυσης του κοπτικού εργαλείου κατά την κοπή σπειρωμάτων.
55. Ποια είναι η φορά κίνησης του εργαλειοφορείου κατά την κοπή δεξιό-στροφου σπειρώματος;
56. Πώς επιτυγχάνεται η επιστροφή του κοπτικού εργαλείου μετά από κάθε πέρασμα ώστε μην χαλάσει το βήμα;
57. Τι μορφή έχουν τα τρυπάνια που χρησιμοποιούνται στη διάτρηση στον τórνο;
58. Αναφέρατε τα στάδια διάτρησης στον τórνο.
59. Αναφέρατε τα στάδια κατεργασίας εσωτερικής τórνευσης.
60. Πώς γίνεται η ρίκνωση κυλινδρικών επιφανειών στον τórνο;
61. Πώς διαμορφώνονται σφαιρικές επιφάνειες μικρών ακτινών στον τórνο;

62. Με ποιους τρόπους κατεργάζονται σφαιρικές επιφάνειες μεγάλων ακτινών;
63. Εξηγήστε τον τρόπο κατασκευής ελατηρίων στον τόρνο.
64. Ποια τεμάχια κατεργάζονται σε τόρνο Ρεβόλβερ;
65. Ανάλογα με την κεφαλή, σε πόσες κατηγορίες χωρίζονται οι τόρνοι ρεβόλβερ και ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ τους;
66. Ποιος είναι ο καταλληλότερος αριθμός στροφών της κυρίας ατράκτου ενός τόρνου ρεβόλβερ και γιατί;
67. Ποιες προώσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα τόρνο ρεβόλβερ;
68. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα της ψύξης κατά τη διάρκεια της κοπής στον τόρνο ρεβόλβερ.
69. Ονομάσατε τα υγρά κοπής που χρησιμοποιούνται στους τόρνους ρεβόλβερ.
70. Εξηγήστε τις αυτόματες εργασίες στους τόρνους ρεβόλβερ.
71. Ποιες είναι οι εργασίες που διακρίνονται στον τόρνο ρεβόλβερ;
72. Ποιος είναι ο τρόπος συγκράτησης των κοπτικών εργαλείων στον τόρνο ρεβόλβερ;
73. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα που έχει η αντιστήριξη από τα ράουλα.
74. Για ποιες κατεργασίες χρησιμοποιούνται οι πολυάτρακτοι τόρνοι ρεβόλβερ;





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 5

### ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ - ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ

- 5.1 Φρεζάρισμα
- 5.2 Φρεζομηχανή
- 5.3 Κοπτικά εργαλεία
- 5.4 Συνθήκες κατεργασίας
- 5.5 Διαιρέτης
- 5.6 Κατασκευή οδοντοτροχών

**5.7 Γραναζοκόπτες**

**5.8 Φρεζοδράπανα**

**5.9 Φρεζοπλάνες**

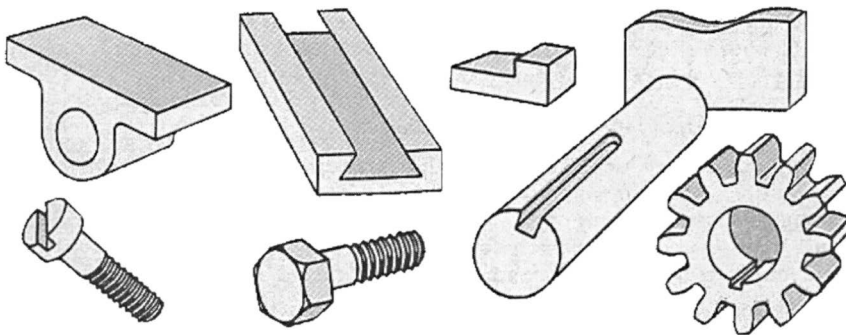


### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Na γνωρίζει ο μαθητής-τρια το φρεζάρισμα, τα είδη φρεζαρίσματος και τα κύρια μέρη μίας φρεζομηχανής. Na επιλέγει τις συνθήκες κοπής κατά το φρεζάρισμα.
- ✓ Na επιλέγει και να τοποθετεί σωστά τα κοπτικά εργαλεία. Na εκτελεί την κατεργασία για την κατασκευή οδοντοτροχών με τη χρήση διαιρέτη.
- ✓ Na αποκτήσει γνώσεις και δεξιότητες για την εκτέλεση κατεργασιών στους γρναζοκόπτες, στα φρεζοδράπανα και στις φρεζοπλάνες.

## 5.1 ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ

Το φρεζάρισμα είναι κατεργασία με αφαίρεση υλικού, κατά την οποία διαμορφώνονται τεμάχια από διάφορα υλικά, όπως χάλυβας, χυτοσίδηρος, συνθετικά υλικά κ.λπ, με επίπεδες ή καμπύλες επιφάνειες, εσοχές, αυλάκια ακόμα και οδοντωτούς τροχούς, όπως φαίνονται στο σχήμα 5.1. Τα τεμάχια αυτά, συνήθως, εκχονδρίζονται ή φινιρίζονται (αποπερατώνονται), ενώ, όταν απαιτούνται πολύ καλές επιφάνειες, ως τελική κατεργασία χρησιμοποιείται η λείανση.



**Σχήμα 5.1:** Τεμάχια κατεργασμένα με φρεζάρισμα.

Τα απόβλιντα στο φρεζάρισμα είναι διακεκομμένα και απομακρύνονται από

ένα περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο. Το εργαλείο αυτό διαθέτει πολλές κοπτικές ακμές διατεταγμένες σε κύκλο, ενώ, για να μπορεί να εισέρχεται το εργαλείο στο κατεργαζόμενο κομμάτι, οι κοπτικές ακμές έχουν τη μορφή της σφήνας όπως και στο εργαλείο τήρνευσης. Η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου αποτελεί και την κύρια κίνηση κοπής. Για τη συνέχεια της κοπής το κατεργαζόμενο κομμάτι, το οποίο συγκρατείται στο τραπέζι της εργαλειομηχανής, μετατοπίζεται με προκαθορισμένο ρυθμό που είναι η **πρόωση**.

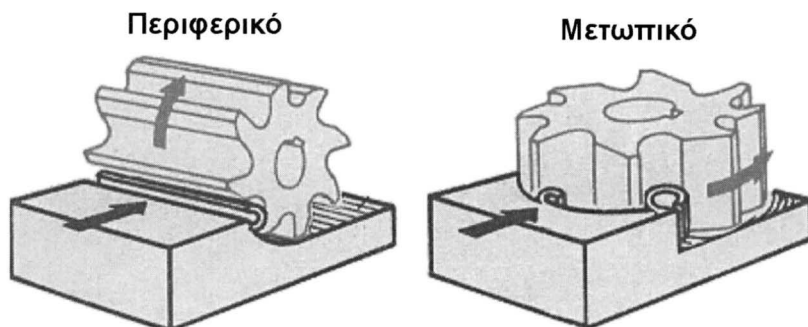
Κατά τη διάρκεια της κοπής, τα κοπτικά δόντια μίας φρέζας (φρέζα ονομάζεται η εργαλειομηχανή, αλλά συχνά φρέζα καλείται και το κοπτικό εργαλείο φρεζαρίσματος), εισέρχονται και εξέρχονται το καθένα από το κομμάτι μέσα σε ένα μικρό μέρος της πλήρους περιστροφής του εργαλείου. Αυτό έχει ως συνέπεια τα κοπτικά δόντια να προλαβαίνουν να απάγουν θερμότητα στο διάστημα που δεν κόβουν και έτσι να μην καταπονούνται θερμικά, σε αντίθεση με το εργαλείο της τήρνευσης, το οποίο εκτελεί συνεχή κοπή. Η κοπή γι' αυτό το λόγο στο φρεζάρισμα λέγεται διακοπτόμενη.

### 5.1.1 Μέθοδοι φρεζαρίσματος

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

Στο περιφερικό φρεζάρισμα, ο άξονας του εργαλείου είναι παράλληλος με την κατεργαζόμενη επιφάνεια και το κοπτικό εργαλείο έχει κυλινδρική μορφή, κόβοντας τα απόβλιττα από το τεμάχιο με περιφερειακά διατεταγμένες κοπτικές ακμές. Τα προκύπτοντα απόβλιττα 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 σχήμα 5.2 παρουσιάζονται τα δύο αυτά είδη φρεζαρίσματος και η κινηματική τους.



**Σχήμα 5.2:** Περιφερικό και μετωπικό φρεζάρισμα.

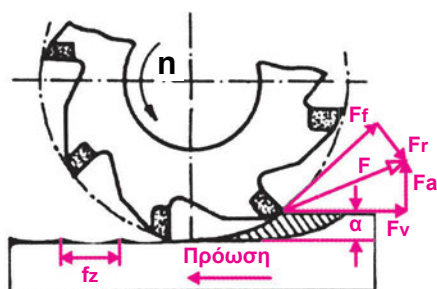
Το μετωπικό φρεζάρισμα χρησιμοποιείται για κατεργασία μόνο επιπέδων επιφανειών, ενώ το περιφερικό φρεζάρισμα χρησιμοποιείται για κατεργασία επιπέδων επιφανειών, σφηνοδρόμων, αυλάκων, καμπυλωτών επιφανειών και επιφανειών με σύνθετη μορφή. Στο μετωπικό φρεζάρισμα, υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης υψηλότερων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

Στο περιφερικό 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 5.3 παρουσιάζεται η κινηματική για τα δύο αυτά είδη φρεζαρίσματος.

Από το σχήμα γίνεται φανερό πως, κατά το αντίρροπο φρεζάρισμα, το πάχος του αποβλίπτου 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 αποβλίπτου 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. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται και από την κατεύθυνση των δυνάμεων κοπής στα δύο είδη φρεζαρίσματος.

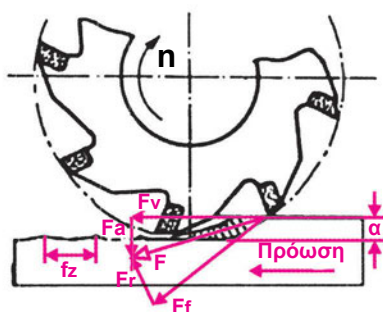


### ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ



$F$  : Δύναμη κοπής  
 $F_f$  : Κύρια δύναμη κοπής  
 $F_r$  : Ακτινική δύναμη κοπής  
 $F_v$  : Συνιστώσα δύναμη στην κατεύθυνση της πρόωσης

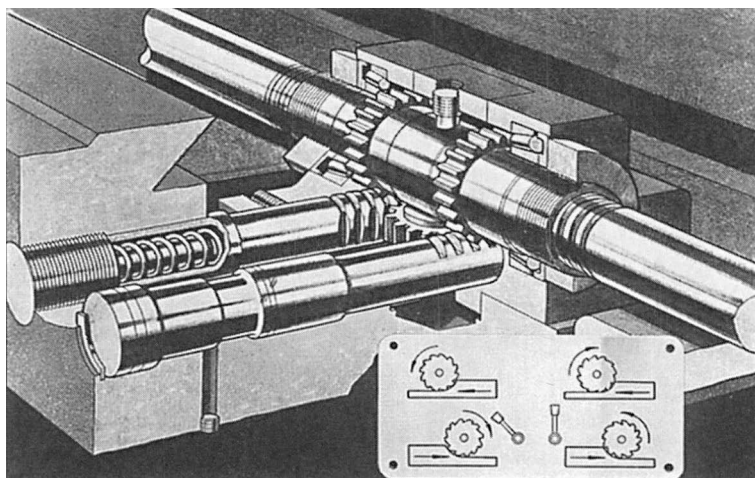
### ΟΜΟΡΡΟΠΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ



$F_a$  : Συνιστώσα δύναμη κοπής κάθετη στην πρόωση  
 $f_z$  : Πρόωση ανά δόντι  
 $\alpha$  : Βάθος κοπής

**Σχήμα 5.3:** Δυνάμεις κοπής στο ομόρροπο και αντίρροπο φρεζάρισμα.

Στο σχήμα 5.4 παρουσιάζεται ο μηχανισμός εναλλαγής του ομόρροπου - αντίρροπου φρεζαρίσματος σε μία φρεζομηχανή.

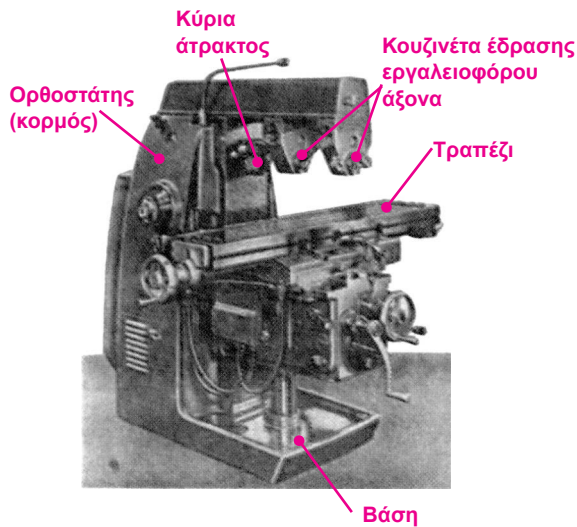


**Σχήμα 5.4:** Μηχανισμός εναλλαγής ομόρροπου και αντίρροπου φρεζαρίσματος.

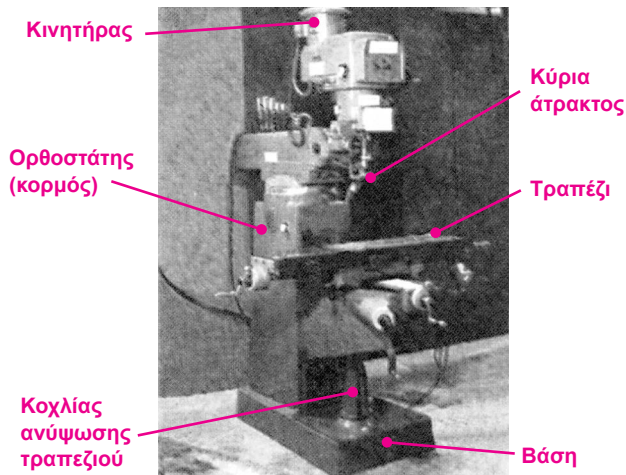
## 5.2 ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΗ

Η διαμόρφωση διάφορων μορφών και τεμαχίων στη φρέζα απαιτεί και διάφορους τύπους εργαλειομηχανών για οικονομικότερη κατεργασία. Έτσι, διακρίνονται οι εξής βασικοί τύποι:

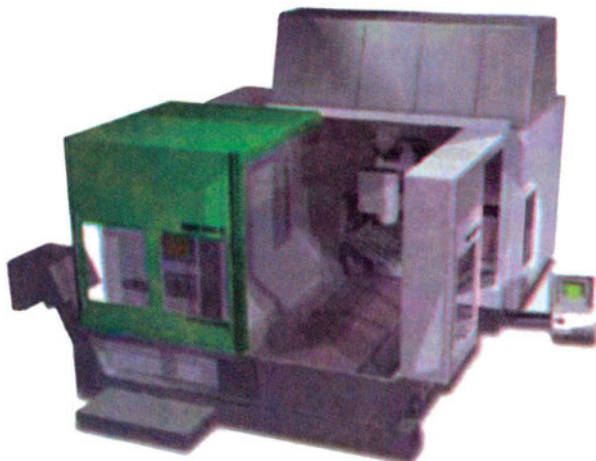
- ♦ Οριζόντια φρεζομηχανή (σχήμα 5.5)
- ♦ Κάθετη φρεζομηχανή (σχήμα 5.6)
- ♦ Κέντρο κατεργασίας (σχήμα 5.7)



Σχήμα 5.5: Οριζόντια φρέζα.



Σχήμα 5.6: Κατακόρυφη φρέζα.



**Σχήμα 5.7:** Κέντρο κατεργασίας.

Το κέντρο κατεργασίας ανήκει στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση C.N.C., το οποίο θα αναφερθεί στο ειδικό κεφάλαιο.

### **Η οριζόντια φρεζομηχανή**

Η οριζόντια φρέζα χρησιμοποιείται για γενικές εργασίες και το χαρακτηριστικό της είναι ότι ο κύριος άξονας, που μεταφέρει κίνηση στο εργαλείο, είναι οριζόντιος.

Τα κύρια μέρη της οριζόντιας φρέζας είναι τα εξής:

- ♦ Η βάση,
- ♦ ο κορμός ή ορθοστάτης,
- ♦ η κύρια άτρακτος,
- ♦ το συγκρότημα τραπεζιού.

**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.

**Ο κορμός** ή ορθοστάτης. Είναι το βασικότερο μέρος μίας φρεζομηχανής, πάνω στο οποίο συγκρατούνται το συγκρότημα 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 τραπεζιού πάνω-κάτω.

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

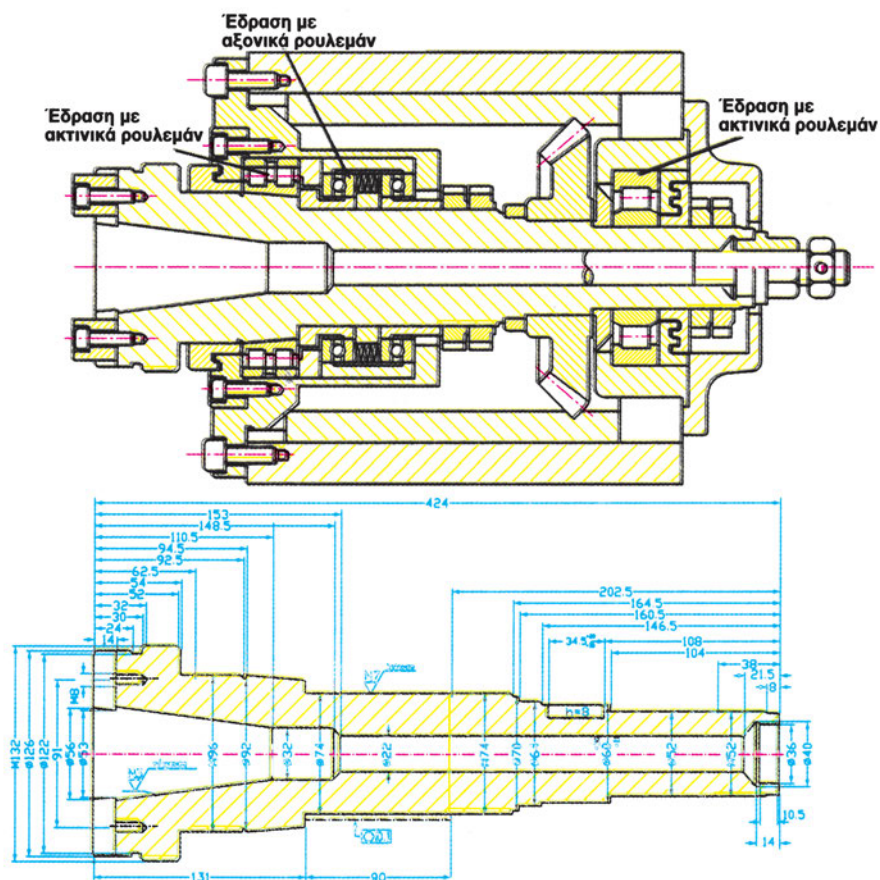
**Η κύρια άτρακτος.** Στερεώνει στο άκρο της τον εργαλειοφόρο άξονα. Σ' αυτή καταλήγουν οι περιστροφικές ταχύτητες. Η κύρια άτρακτος δέχεται και ακτινικές και αξονικές φορτίσεις, οι οποίες προέρχονται από τις δυνάμεις κοπής, γι' αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται για την έδρασή της ακτινικά έδρανα κύλισης,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

Στο σχήμα 5.8 παρουσιάζεται η πρόοψη σε τομή της έδρασης μίας κύριας ατράκτου, καθώς και το κατασκευαστικό σχέδιό της, όπου φαίνονται εκτός από το κατασκευαστικό σχέδιο και τα απαραίτητα σύμβολα ανοχών και κατεργασιών.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, η άτρακτος είναι διάτρητη σε όλο το μήκος της και καταλήγει σε μία κολουροκωνική οπή, μέσα στην οποία σφίγγεται το κωνικό άκρο του εργαλειοφόρου. Η κωνική οπή είναι τυποποιημένη κατά DIN 2079,2080 με κωνικότητα 3.5:12.

**Το συγκρότημα τραπέζιού.** Σε μία κοινή φρεζομηχανή, της οποίας το τραπέζι δεν έχει δυνατότητα περιστροφής, τα κύρια μέρη του συγκροτήματος τραπέζιού, τα οποία φαίνονται στο σχήμα 5.9, είναι τα εξής:

- ♦ **Το κατώτερο φορείο.** Οδηγείται και ολισθαίνεται πάνω σε κατακόρυφους ολισθητήρες, οι οποίοι βρίσκονται στο μέτωπο του κορμού της φρεζομηχανής. Χρησιμοποιείται για κατακόρυφες κινήσεις του συγκροτήματος τραπέζιού. Η μεταφορά κίνησης γίνεται με τη βοήθεια μίας κολόνας-κοχλία.
- ♦ **Το ανώτερο φορείο.** Ολισθαίνει μέσα έξω πάνω σε γλίσιέρες, που βρίσκονται πάνω στο κατώτερο φορείο, και οδηγεί το συγκρότημα 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 γλίσιέρες που βρίσκονται πάνω στο ανώτερο φορείο.

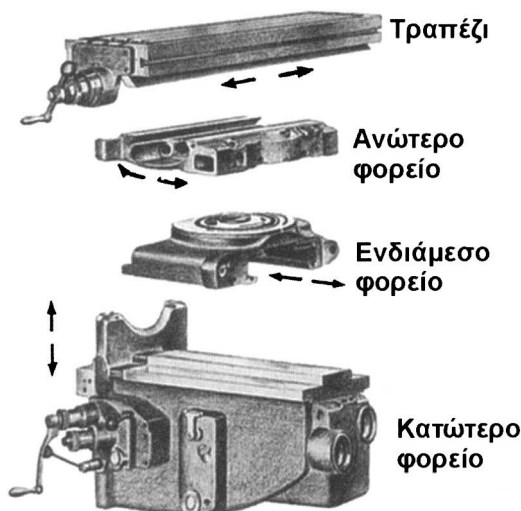


Σχήμα 5.8: Έδραση και κατασκευαστικό σχέδιο μίας κύριας ατράκτου φρεζοκεφαλής.



Σχήμα 5.9: Συγκρότημα τραπεζιού οριζόντιας φρεζομηχανής.

Σε μία φρεζομηχανή γενικής χρήσης (γιουνιβέρσαλ universal) το συγκρότημα τραπέζιού, εκτός από τα παραπάνω μέρη, περιλαμβάνει και ένα **ενδιάμεσο φορείο** μεταξύ του κατώτερου και του ανώτερου φορείου (σχήμα 5.10). Το ενδιάμεσο φορείο δίνει τη δυνατότητα στο τραπέζι να περιστρέφεται γύρω από ένα άξονα παράλληλο προς τον κορμό. Η γωνία περιστροφής είναι  $\pm 45^\circ$ .

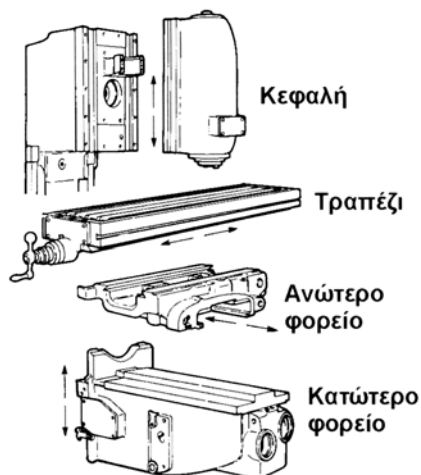


**Σχήμα 5.10:** Συγκρότημα τραπέζιού οριζόντιας φρεζομηχανής γενικής χρήσης (universal).

Όλες οι κινήσεις των μερών του συγκροτήματος τραπέζιού πραγματοποιούνται είτε χειροκίνητα, με τη βοήθεια χειρομοχλών που φέρουν βαθμονομημένα δακτυλίδια, είτε μηχανικά.

### Η κατακόρυφη φρεζομηχανή

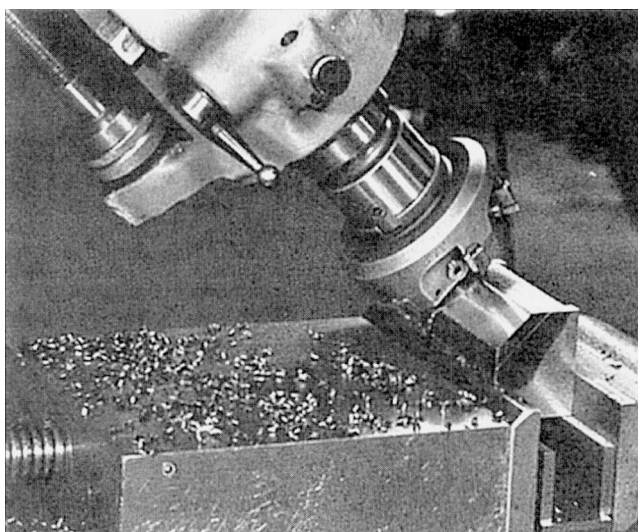
Η κατακόρυφη φρέζα έχει χαρακτηριστικό ότι ο κύριος άξονας, που μεταφέρει κίνηση στο εργαλείο, είναι κάθετος. Τα κύρια μέρη μίας κατακόρυφης φρεζομηχανής δε διαφέρουν από τα αντίστοιχα της οριζόντιας φρεζομηχανής, εκτός από τη διαμόρφωση της κεφαλής. Στο σχήμα 5.11 φαίνονται τα κύρια μέρη μίας κατακόρυφης φρεζομηχανής, καθώς και οι κατευθύνσεις των κινήσεών τους.



**Σχήμα 5.11:** Κύρια μέρη μίας κατακόρυφης φρεζομηχανής.

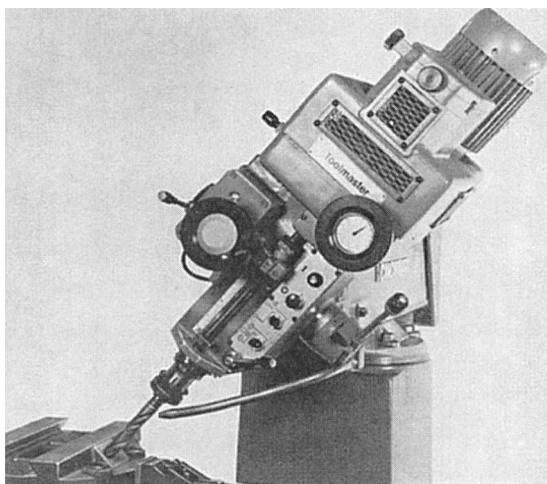
Τα είδη των κατακόρυφων φρεζομηχανών, ανάλογα με τις δυνατότητες κινήσεων της κεφαλής, είναι τα εξής:

- ♦ Με σταθερή κεφαλή πάνω στον κορμό.
- ♦ Με περιστροφική κεφαλή (σχήμα 5.12). Η γωνία περιστροφής γύρω από ένα οριζόντιο άξονα είναι  $\pm 45^\circ$ .
- ♦ Με περιστροφική κεφαλή και δυνατότητα μετατόπισης της κύριας ατράκτου (σχήμα 5.13).



**Σχήμα 5.12:** Περιστροφική κεφαλή κατακόρυφης φρεζομηχανής.





**Σχήμα 5.13:** Περιστροφική κεφαλή κατακόρυφης φρεζομηχανής και δυνατότητα μετατόπισης κύριας ατράκτου.

### 5.2.1 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 5.1).

**Πίνακας 5.1: Διαμήκης διαδρομή τραπεζιού.**

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

Μία 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 φρεζομη-



χανές έχουν διαμήκη διαδρομή τραπέζιου που διαφέρει από την αντίστοιχη του πίνακα.

### 5.2.2 Συγκράτηση των κοπτικών εργαλείων

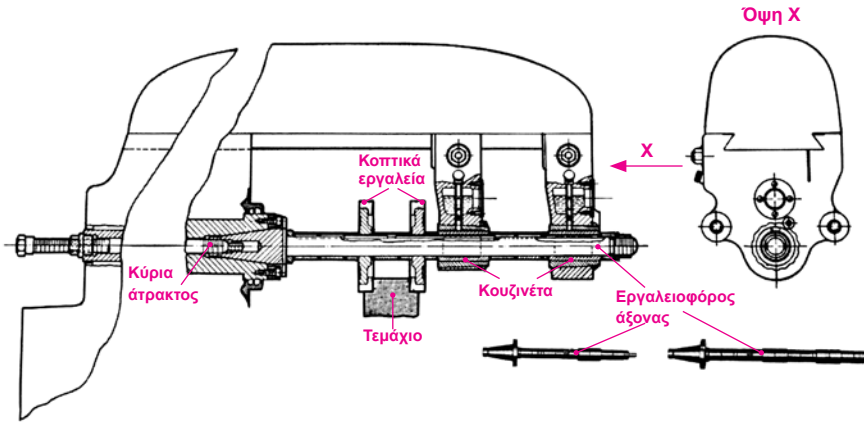
Ανάλογα με τη μορφή των κοπτικών εργαλείων και τη μέθοδο φρεζαρίσματος, οι τρόποι συγκράτησης των κοπτικών εργαλείων είναι οι εξής:

- ♦ **Κατευθείαν στην κεφαλή της ατράκτου.** Τα κοπτικά εργαλεία έχουν ολόσωμο όμοιο κώνο, με κωνικότητα 3.5:12, και φωλιάζουν απευθείας στην κεφαλή της ατράκτου (σχήμα 5.14). Στην περίπτωση που καταλήγουν σε κώνο Μορς, χρησιμοποιείται μία συστολή, η οποία εσωτερικά έχει κοίλο κώνο Μορς, και στην οποία φωλιάζει η φρέζα (κοπτικό εργαλείο) ενώ εξωτερικά έχει κώνο με κωνικότητα 3.5:12, ο οποίος προσαρμόζεται στην κωνική κεφαλή.



Σχήμα 5.14: Φρέζα ολόσωμη με κώνο.

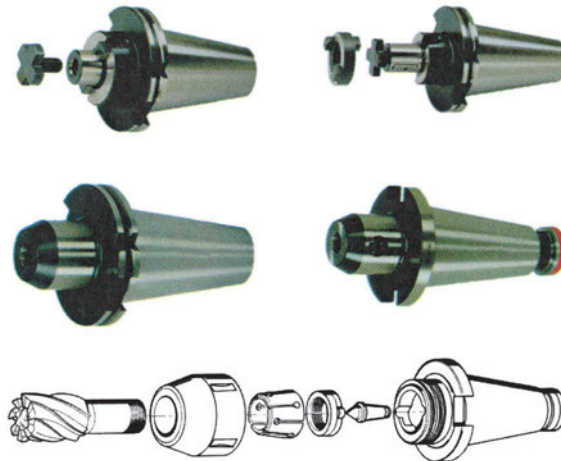
- ♦ **Πάνω στους εργαλειοφόρους άξονες μεγάλου μήκους.** Οι εργαλειοφόροι άξονες μεγάλου μήκους έχουν τουλάχιστον δύο σημεία στήριξης. Ένα άκρο τους διαμορφώνεται σε κώνο με κωνικότητα 3.5:12, για να προσαρμόζεται στην κωνική κεφαλή της ατράκτου και το άλλο άκρο έχει σπείρωμα για να βιδώνεται ένα περικόχλιο, το οποίο σταθεροποιεί τα διάφορα στοιχεία που συναρμολογούνται στον άξονα. Σε όλο το μήκος του εργαλειοφόρου είναι διαμορφωμένος ένας σφηνάυλακας, ο οποίος είναι απαραίτητος για να σφηνώνουν οι φρέζες πάνω στον εργαλειοφόρο και να μεταφέρονται οι περιστροφικές ταχύτητες στα κοπτικά εργαλεία μέσω σφηνών. Στο σχήμα 5.15 παρουσιάζονται εργαλειοφόροι άξονες μεγάλου μήκους, καθώς και ο τρόπος συναρμολόγησής τους στην κύρια άτρακτο.



**Σχήμα 5.15:** Εργαλειοφόροι άξονες και τρόπος συναρμολόγησής τους στην κύρια άτρακτο.

- ♦ **Πάνω στους εργαλειοφόρους άξονες μικρού μήκους.** Οι εργαλειοφόροι άξονες μικρού μήκους στηρίζονται ως πρόβολος μόνο στην κωνική κεφαλή, ενώ τα κοπτικά εργαλεία προσαρμόζονται στο άλλο άκρο. Τέτοιοι εργαλειοφόροι χρησιμοποιούνται στην περίπτωση του μετωπικού και κυλινδρικού φρεζαρίσματος. Στο [σχήμα 5.16](#) παρουσιάζονται διάφορες μορφές συγκράτησης φρεζών στον εργαλειοφόρο άξονα μικρού μήκους.

Η συγκράτηση των κοπτικών εργαλείων στις κατακόρυφες φρεζομηχανές γίνεται είτε απευθείας στην κωνική κεφαλή, είτε μέσω εργαλειοφόρων αξόνων μικρού μήκους.



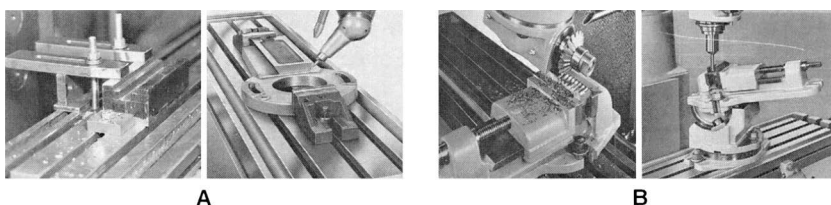
**Σχήμα 5.16:** Μικροί εργαλειοφόροι άξονες – πρόβολοι.

### 5.2.3 Συγκράτηση των τεμαχίων

Η συγκράτηση των τεμαχίων για κατεργασία στη φρεζομηχανή γίνεται είτε απευθείας στο τραπέζι, με τη βοήθεια διάφορων φουρκετών, είτε πάνω σε μέγγενη, η οποία συγκρατείται πάνω στο τραπέζι (παρ. 3.1.5.2).

Κατά μήκος του τραπεζιού έχει αυλάκια τύπου “Τ”, μέσα στα οποία περνάνε οι κεφαλές των βιδών που σφίγγουν τα κομμάτια ή τις συσκευές συγκράτησής τους. Στο σχήμα 5.17Α παρουσιάζονται δύο τυπικοί τρόποι συγκράτησης κομματιών κατευθείαν πάνω στο τραπέζι της φρεζομηχανής με τη βοήθεια φουρκετών. Στο σχήμα 5.17Β η συγκράτηση γίνεται πάνω σε μέγγενη.

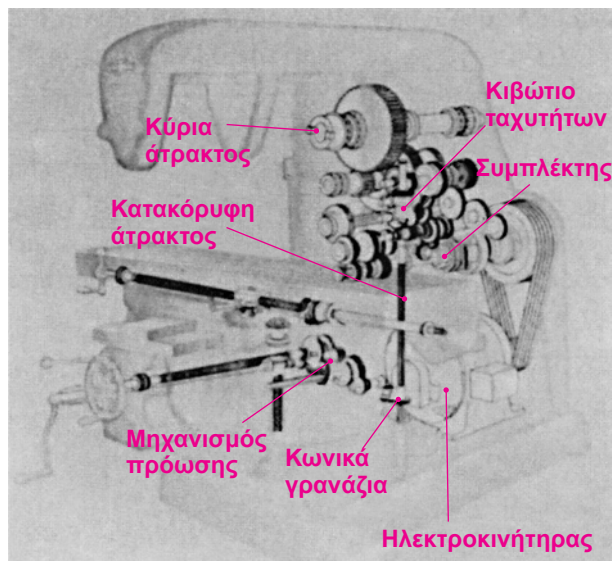
Στις περιπτώσεις κατεργασίας τεμαχίων ειδικών απαιτήσεων συγκράτησης κατασκευάζονται κατάλληλες ιδιοσυσκευές.



**Σχήμα 5.17:** Συγκράτηση τεμαχίων για κατεργασία σε φρεζομηχανή.

### 5.2.4 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 5.18) ή συγκρατείται στο εξωτερικό μέρος του κορμού. Από την αρχική άτρακτο η κίνηση μεταδίδεται στην κινητήρια άτρακτο του κιβωτίου ταχυτήτων μέσω συμπλέκτη.



**Σχήμα 5.18:** Μετάδοση κίνησης σε οριζόντια φρεζομηχανή.

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 τραπέζιού 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 τραπέζιού.

Η μετάδοση κίνησης στο συγκρότημα τραπέζιού γίνεται είτε από ανεξάρτητο ηλεκτροκινήτηρα, είτε από το βασικό ηλεκτροκινήτηρα της φρεζομηχανής. Η κίνηση μεταδίδεται από τον ηλεκτροκινήτηρα σε μία κατακόρυφη άτρακτο μέσω ζεύγους κωνικών οδοντωτών τροχών (σχήμα 5.18). 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 τραπέζιού. Οι ταχύτητες πρόωσης είναι και αυτές κλιμακωτές. Η διαμήκης μέγιστη ταχύτητα πρόωσης ανέρχεται από 1200 μέχρι 2000 στρ/min. Η διαμήκης ταχύτητα επαναφοράς ανέρχεται από 2 μέχρι και 4m/min.

### 5.3 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Για τα διάφορα είδη φρεζαρίσματος χρησιμοποιούνται διαφορετικών μορφών κοπτικά εργαλεία. Συνήθως, τα εργαλεία αυτά κατασκευάζονται από ταχυχάλυβα, επειδή επιτρέπει τη χρησιμοποίηση υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από τους κοινούς χάλυβες εργαλείων. Πολύ συχνά χρησιμοποιούνται και πλακίδια σκληρομετάλλων (ιδίως στο μετωπικό φρεζάρισμα). Ανάλογα με το είδος φρεζαρίσματος οι συνήθεις μορφές κοπτήρων είναι:

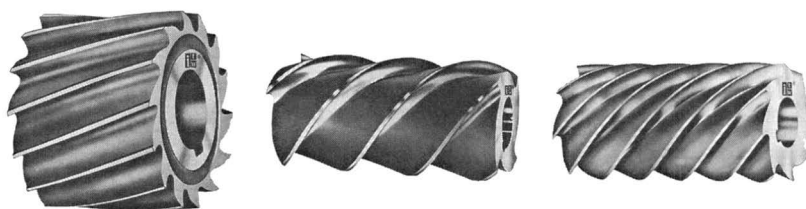
#### Περιφερικό φρεζάρισμα

- ♦ Κυλινδρικοί (σχήμα 5.19),
- ♦ δισκοειδείς (σχήμα 5.20),
- ♦ πριονοειδείς (σχήμα 5.21),
- ♦ γωνιακοί (σχήμα 5.22),
- ♦ κοπτήρες μορφής (σχήμα 5.23),
- ♦ κονδύλια (σχήμα 5.24),
- ♦ κοχλιωτοί (σχήμα 5.25).

#### Μετωπικό φρεζάρισμα

- ♦ Κυλινδρικοί (σχήμα 5.26),
- ♦ πρισματικοί (σχήμα 5.27),
- ♦ εντιθέμενων δοντιών (σχήμα 5.28).

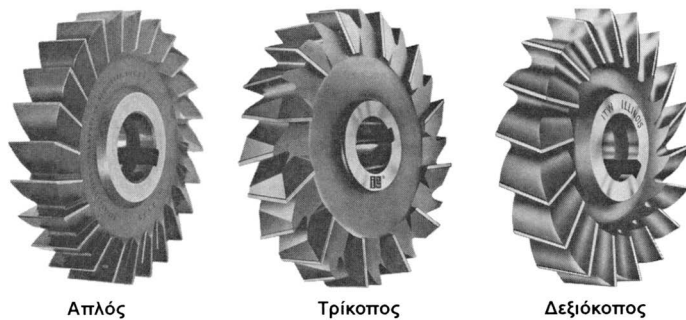
Ανάλογα με τον αριθμό των κοπτικών πλευρών, οι κοπτήρες χαρακτηρίζονται **μίας κόψης, δίκοποι** ή **τρίκοποι**, ενώ ανάλογα με την κατεργασία που προορίζονται διακρίνονται σε **ελαφρού** ή **βαρέως τύπου**.



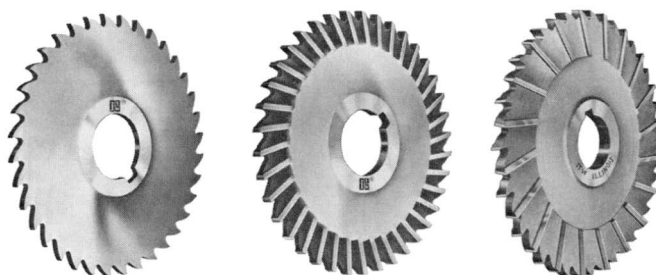
Ελαφρού τύπου

Βαρέως τύπου

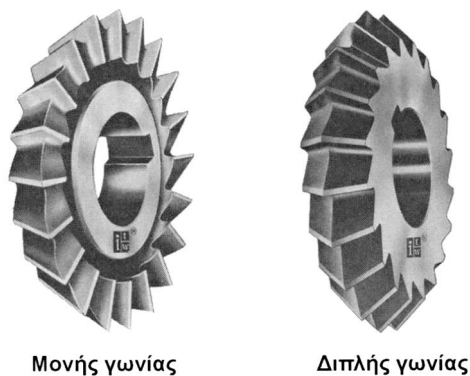
**Σχήμα 5.19:** Κυλινδρικοί κοπτήρες.



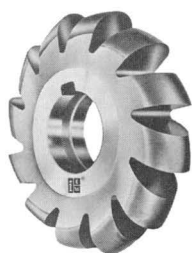
**Σχήμα 5.20:** Δισκοειδείς κοπτήρες.



**Σχήμα 5.21:** Πριονοειδείς κοπτήρες.



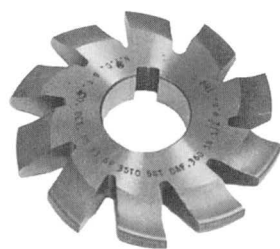
**Σχήμα 5.22:** Κοπτήρας μονής και διπλής γωνίας.



Κυρτός



Κοίλος

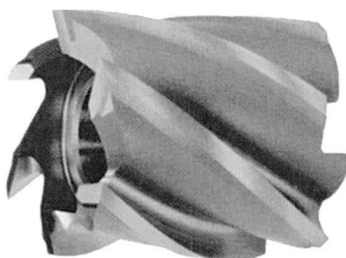
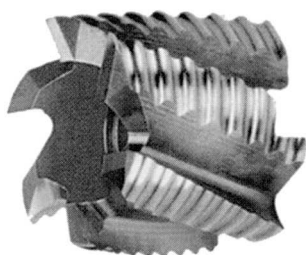


Διαμόρφωση οδόντωσης

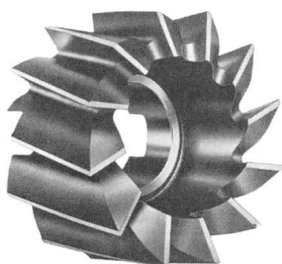
Σχήμα 5.23: Κοπτήρες μορφής.



Σχήμα 5.24: Κονδύλια.



Σχήμα 5.25: Κοχλιωτοί κοπτήρες.



Τρίκοπος



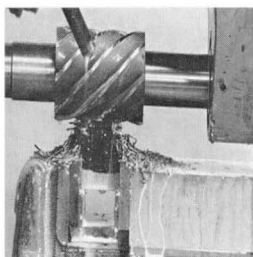
Κοχλιωτός

Σχήμα 5.26: Κυλινδρικοί κοπτήρες.

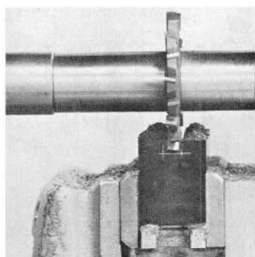




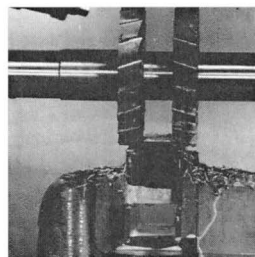
Στο σχήμα 5.29 παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογών διάφορων εργασιών φρεζαρίσματος με την κατάλληλη χρησιμοποίηση κοπτήρων.



Περιφερικό φρεζάρισμα με κυλινδρική φρέζα



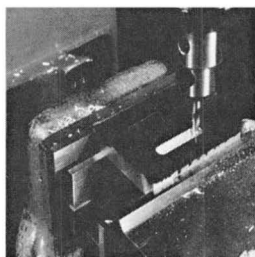
Αυλάκωση με τρίκοπη φρέζα



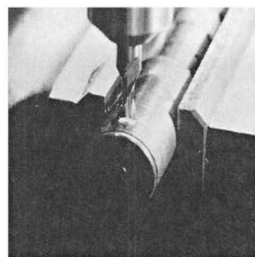
Φρεζάρισμα με δύο τρίκοπες φρέζες



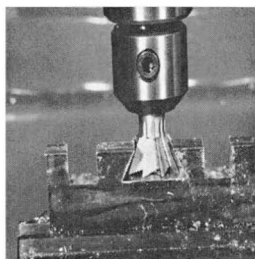
Φρεζάρισμα περιφέρειας κομματιού με κονδύλι



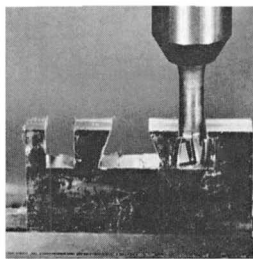
Φρεζάρισμα εσοχής με κονδύλι



Φρεζάρισμα σφηναύλακο



Φρεζάρισμα χελιδονοουράς με εργαλείο μορφής

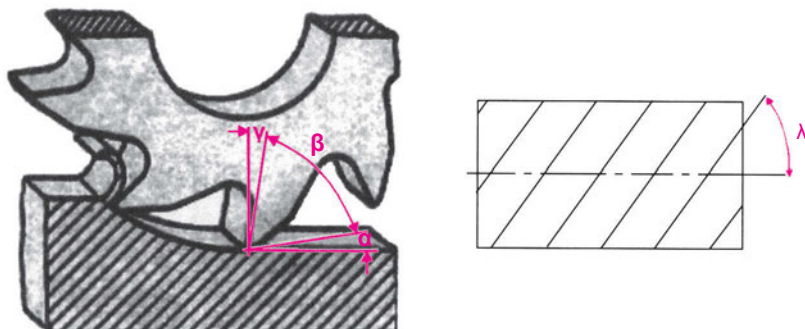


Φρεζάρισμα αυλακιού "Τ" με εργαλείο μορφής

**Σχήμα 5.29:** Εφαρμογές διάφορων μορφών φρεζών.

### 5.3.1 Γωνίες κοπής φρεζών

Η ποιότητα επιφάνειας του κατεργαζόμενου τεμαχίου, καθώς και η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου, εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τις γωνίες κοπής στα δόντια των φρεζών. Οι γωνίες κοπής μετρούνται σε ένα επίπεδο κάθετο προς την κόψη του δοντιού (σχήμα 5.30). Όπως και στην τórνευση, διακρίνονται τρεις γωνίες κοπής: γωνία ελευθερίας  $\alpha$ , γωνία σφηνός  $\beta$  και γωνία αποβλίπτου  $\gamma$ , όπου  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ .



**Σχήμα 5.30:** Γωνίες κοπής κατά το φρεζάρισμα.

Μεγάλο ρόλο παίζει η γωνία αποβλίπτου  $\gamma$ , η οποία εξαρτάται από το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Όσο πιο μαλακό είναι το κατεργαζόμενο υλικό, τόσο η γωνία  $\gamma$  μεγαλώνει και μπορεί να φθάσει μέχρι  $25^\circ$ . Επίσης, όταν είναι σωστή η γωνία αποβλίπτου  $\gamma$ , το απόβλιπτο αποκτά σωστή μορφή κυλινδρική και η δύναμη κοπής ελαττώνεται. Στους κοπτήρες με ελικοειδή οδόντωση η γωνία έλικα  $\lambda$  του δοντιού είναι σημαντική.

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι τιμές των γωνιών κοπής διάφορων κοπτήρων από ταχυχάλυβα για κοπή διάφορων υλικών.

Ανάλογα με τη σκληρότητα, οι φρέζες χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **N**, **H** και **W**. Όπου: **N** είναι για μαλακούς χάλυβες με όριο θραύσης μέχρι  $80 \text{ kp/mm}^2$  και χυτοσίδηρο με σκληρότητα μέχρι 180 HB, **H** είναι για πολύ σκληρούς χάλυβες με όριο θραύσης πάνω από  $80 \text{ kp/mm}^2$  και χυτοσίδηρο με σκληρότητα πάνω από 180 HB και **W** είναι για πολύ μαλακά υλικά.

**Πίνακας 5.3: Τιμές γωνιών κοπής διάφορων φρεζών από ταχυχάλυβα (HSS).**

|                  |   | Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70 kp/mm <sup>2</sup> | Ανθρακούχοι χάλυβες 70 - 90 kp/mm <sup>2</sup> | Ανθρακούχοι χάλυβες 90 - 110 kp/mm <sup>2</sup> | Κεκραμένοι χάλυβες | Χυτοχάλυβες 38 - 52 kp/mm <sup>2</sup> | Φαίος χυτοσίδηρος έως 200 BHN | Φαίος χυτοσίδηρος άνω 200 BHN | Χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτου | Μαλακτοποιημένος χυτοσίδηρος | Κράματα αργιλίου | Ορείχαλκος | Κρατέρωμα | Πλαστικά |
|------------------|---|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------|------------|-----------|----------|
|                  |   |                                               |                                                |                                                 |                    |                                        |                               |                               |                                   |                              |                  |            |           |          |
| Περιφερική φρέζα | α | 7                                             | 6                                              | 6                                               | 5                  | 5                                      | 6                             | 6                             | 6                                 | 5                            | 8                | 6          | 6         | 8        |
|                  | γ | 18                                            | 15                                             | 10                                              | 8                  | 14                                     | 15                            | 12                            | 14                                | 15                           | 25               | 15         | 12        | 25       |
|                  | λ | 45                                            | 45                                             | 40                                              | 40                 | 40                                     | 45                            | 40                            | 40                                | 40                           | 45               | 40         | 40        | 40       |
| Μετωπική φρέζα   | α | 7                                             | 6                                              | 6                                               | 5                  | 5                                      | 6                             | 6                             | 6                                 | 5                            | 8                | 6          | 6         | 8        |
|                  | γ | 15                                            | 12                                             | 8                                               | 6                  | 10                                     | 12                            | 12                            | 12                                | 12                           | 25               | 12         | 12        | 25       |
|                  | λ | 25                                            | 25                                             | 25                                              | 20                 | 22                                     | 25                            | 20                            | 22                                | 22                           | 35               | 20         | 20        | 35       |
| Δισκοειδής φρέζα | α | 7                                             | 6                                              | 6                                               | 5                  | 5                                      | 6                             | 6                             | 6                                 | 5                            | 8                | 6          | 6         | 8        |
|                  | γ | 15                                            | 12                                             | 8                                               | 6                  | 10                                     | 12                            | 12                            | 12                                | 12                           | 25               | 12         | 12        | 20       |
|                  | λ | 20                                            | 15                                             | 12                                              | 10                 | 20                                     | 15                            | 15                            | 15                                | 20                           | 35               | 20         | 15        | 35       |
| Κονδύλι          | α | 8                                             | 6                                              | 6                                               | 6                  | 6                                      | 6                             | 7                             | 6                                 | 6                            | 8                | 6          | 6         | 8        |
|                  | γ | 15                                            | 12                                             | 8                                               | 8                  | 12                                     | 12                            | 12                            | 12                                | 12                           | 25               | 10         | 10        | 20       |
|                  | λ | 40                                            | 30                                             | 30                                              | 20                 | 40                                     | 30                            | 30                            | 30                                | 35                           | 40               | 30         | 30        | 40       |

#### 5.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο αριθμός των στροφών του κοπτικού εργαλείου εξαρτάται, όπως και στην τόνρευση, από την επιθυμητή ταχύτητα κοπής. Η ταχύτητα κοπής στο φρεζάρισμα αντιπροσωπεύει την κίνηση του κοπτικού δοντιού στο χρόνο.

**Ταχύτητα κοπής.** Εκφράζει το ρυθμό κοπής στην κύρια κίνηση, που είναι η περιστροφή του εργαλείου. Όπως και στην τόνρευση, έτσι και στο φρεζάρισμα τεμαχίου, με κοπτικό εργαλείο διαμέτρου  $D$  [mm], το οποίο περιστρέφεται με  $n$  στροφές το λεπτό (rpm), η ταχύτητα κοπής  $u$ , ισούται:

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]} \quad (5.1)$$

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής  $u$  για φρεζάρισμα με κοπτήρα από ταχυχάλυβα ή σκληρομέταλλο πλην μετωπικών κοπτήρων εντιθέμενων δοντιών, των οποίων οι αντίστοιχες συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5.

**Πίνακας 5.4: Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής  $u$  [m/min] για φρεζάρισμα με κοπτήρα από ταχυχάλυβα ή σκληρομέταλλο πλην μετωπικών κοπτήρων εντιθέμενων δοντιών.**

| Υλικό                                             | Ταχύτητα κοπής $u$ [m/min] |               |
|---------------------------------------------------|----------------------------|---------------|
|                                                   | Ταχυχάλυβας                | Σκληρομέταλλο |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 kP/mm <sup>2</sup>     | 17...24                    | 100...150     |
| Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 kP/mm <sup>2</sup>      | 16...24                    | 80...120      |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 kP/mm <sup>2</sup>  | 15...20                    | 60...100      |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 kP/mm <sup>2</sup> | 11...18                    | 50...80       |
| Κεκραμένοι χάλυβες                                | 13...17                    | 60...100      |
| Χυτοχάλυβες 38-52 kP/mm <sup>2</sup>              | 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      |

**Πίνακας 5.5: Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής  $u$  [m/min] για φρεζάρισμα με μετωπικούς κοπτήρες εντιθεμένων δοντιών.**

| Υλικό                                           | Ταχύτητα κοπής $u$ [m/min] |               |
|-------------------------------------------------|----------------------------|---------------|
|                                                 | Ταχυχάλυβας                | Σκληρομέταλλο |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 $\text{kp/mm}^2$     | 21...30                    | 90...200      |
| Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 $\text{kp/mm}^2$      | 20...38                    | 80...160      |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 $\text{kp/mm}^2$  | 15...23                    | 60...110      |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 $\text{kp/mm}^2$ | 12...19                    | 50...100      |
| Κεκραμένοι χάλυβες                              | 12...20                    | 45...80       |
| Χυτοχάλυβες 38-52 $\text{kp/mm}^2$              | 15...25                    | 50...90       |
| Φαιός χυτοσίδηρος έως 200 BHN                   | 19...26                    | 65...100      |
| Φαιός 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      |

**❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.1**

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 5.4 προκύπτει, για το είδος της κατεργασίας και το συγκεκριμένο κατεργαζόμενο υλικό, ταχύτητα κοπής  $u=17\text{m/min}$ . Έτσι:

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

Ο αριθμός στροφών μπορεί να επιλεγεί από τον πίνακα 5.6 σε συνάρτηση της ταχύτητας κοπής και της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου.

**Πίνακας 5.6: Αριθμός στροφών κοπτήρα σε στρ/min.**

| Ταχύτητα Κοπής $u$ [m/min] | Διάμετρος κοπτήρα $D$ [mm] |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                            | 40                         | 50  | 60  | 75  | 90  | 110 | 130 | 150 | 175 | 200 |
| 6                          | 48                         | 38  | 32  | 26  | 21  | 17  | 15  | 13  | 11  | 10  |
| 8                          | 64                         | 51  | 42  | 34  | 28  | 23  | 20  | 17  | 15  | 13  |
| 10                         | 79                         | 64  | 53  | 42  | 35  | 29  | 24  | 21  | 18  | 16  |
| 12                         | 96                         | 76  | 64  | 51  | 42  | 35  | 29  | 25  | 22  | 19  |
| 14                         | 112                        | 89  | 73  | 60  | 50  | 40  | 34  | 30  | 26  | 22  |
| 18                         | 145                        | 115 | 96  | 76  | 64  | 52  | 44  | 38  | 33  | 29  |
| 22                         | 175                        | 140 | 117 | 93  | 77  | 64  | 54  | 47  | 40  | 35  |
| 26                         | 210                        | 165 | 140 | 110 | 91  | 75  | 65  | 56  | 48  | 42  |
| 30                         | 240                        | 190 | 160 | 128 | 105 | 87  | 73  | 64  | 55  | 48  |
| 35                         | 280                        | 225 | 185 | 150 | 125 | 100 | 86  | 74  | 64  | 56  |
| 40                         | 320                        | 255 | 210 | 170 | 140 | 116 | 98  | 86  | 72  | 64  |
| 45                         | 360                        | 287 | 240 | 190 | 160 | 130 | 110 | 95  | 82  | 72  |
| 50                         | 400                        | 318 | 265 | 212 | 177 | 145 | 122 | 106 | 91  | 80  |

**□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.2**

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 5.4 προκύπτει, για το είδος της κατεργασίας και το συγκεκριμένο κατεργαζόμενο υλικό, ταχύτητα κοπής  $u=22\text{m/min}$ . Από τον πίνακα 5.6, 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 το κοπτικό εργαλείο, το κατεργαζόμενο υλικό, το βάθος κοπής και την επιδιωκόμενη ποιότητα επιφάνειας. Η πρόωση στο φρεζάρισμα δίδεται με δύο μορφές:

- ♦ **πρόωση ανά λεπτό  $s$ :** είναι η μετατόπιση του τραπεζιού σε ένα λεπτό.

- ♦ **πρόωση ανά δόντι  $s_z$** : είναι η μετατόπιση του τραπεζιού στο διάστημα από την εισχώρηση ενός δοντιού της φρέζας μέχρι την εισχώρηση του επόμενου.

Η σχέση που συνδέει τις δύο αυτές προώσεις προκύπτει ως εξής: Έστω φρέζα με  $z$  κοπτικές ακμές (ή δόντια), η οποία περιστρέφεται με  $n$  στροφές το λεπτό και το τραπεζί 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:

$$S = s_z \cdot z \cdot n \quad (5.2)$$

Στους πίνακες 5.7 και 5.8 παρουσιάζονται οι συνιστώμενες τιμές της πρόωσης ανά δόντι  $s_z$  για φρεζάρισμα με κοπτήρες από ταχυχάλυβα και σκληρομέταλλο αντίστοιχα.

**Πίνακας 5.7: Συνιστώμενες τιμές της πρόωσης ανά δόντι  $s_z$  [mm/δόντι] για φρεζάρισμα με φρέζες από ταχυχάλυβα (HSS).**

| Υλικό                                             | Πρόωση ανά δόντι $s_z$<br>[mm/δόντι] |                   |                     |         |                 |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|---------|-----------------|
|                                                   | Περιφερική<br>φρέζα                  | Μετωπική<br>φρέζα | Δισκοειδής<br>φρέζα | Κονδύλι | Φρέζα<br>μορφής |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 kp/mm <sup>2</sup>     | 0,2                                  | 0,25              | 0,07                | 0,05    | 0,04            |
| Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 kp/mm <sup>2</sup>      | 0,15                                 | 0,2               | 0,06                | 0,05    | 0,04            |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 kp/mm <sup>2</sup>  | 0,1                                  | 0,15              | 0,06                | 0,04    | 0,03            |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 kp/mm <sup>2</sup> | 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 <sup>2</sup>              | 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            |

**Πίνακας 5.8: Συνιστώμενες τιμές της πρόωσης ανά δόντι  $s_z$  [mm/δόντι] για φρεζάρισμα με φρέζες από σκληρομέταλλο (HSS)**

| Υλικό                                             | Πρόωση ανά δόντι $s_z$<br>[mm/δόντι] |                   |                     |         |                 |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|---------------------|---------|-----------------|
|                                                   | Περιφερική<br>φρέζα                  | Μετωπική<br>φρέζα | Δισκοειδής<br>φρέζα | Κονδύλι | Φρέζα<br>μορφής |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 50 kp/mm <sup>2</sup>     | 0.25                                 | 0.28              | 0.1                 | 0.05    | 0.04            |
| Ανθρακούχοι χάλυβες 50-70 kp/mm <sup>2</sup>      | 0.2                                  | 0.25              | 0.07                | 0.04    | 0.03            |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 70-90 kp/mm <sup>2</sup>  | 0.15                                 | 0.22              | 0.06                | 0.04    | 0.03            |
| Ανθρακούχοι χάλυβες έως 90-110 kp/mm <sup>2</sup> | 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 kp/mm <sup>2</sup>              | 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            |

**Χρόνος κοπής.** Είναι το πηλίκον της απόστασης που διανύει το τραπέζι της εργαλειομηχανής διά την ταχύτητα της πρόωσης.

$$t_h = \frac{L}{s} \quad (5.3)$$

Η απόσταση  $L$  εξαρτάται από το μήκος του κομματιού  $l$  και τα διαστήματα πριν και μετά την κοπή  $l_a$  και  $l_u$ :

$$L = l + l_a + l_u \quad (5.4)$$

### ❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.3

Τεμάχιο από χάλυβα St42 που έχει μήκος 250mm πρόκειται να εκχονδρισθεί με κυλινδρικό κοπτήρα. Να υπολογισθεί ο χρόνος κοπής. Δίδονται  $l_a = 30\text{mm}$ ,  $l_u = 5\text{mm}$ , ταχύτητα πρόωσης  $s = 100\text{mm/min}$ .



**Λύση**

Από τη σχέση (5.4)  $L = l + l_a + l_u \Rightarrow l = 250 + 30 + 5 = 285 \text{ mm}$

Ο χρόνος κοπής:

$$t_h = \frac{L}{s} = \frac{285 \text{ mm}}{100 \text{ mm/min}} = 2.85 \text{ min}$$

**Δυνάμεις κοπής.** Κατά τη διάρκεια της κατεργασίας του φρεζαρίσματος αναπτύσσονται δυνάμεις στο κοπτικό εργαλείο, οι οποίες έχουν διεύθυνση και μέτρο εξαρτώμενα, εκτός των άλλων, και από το είδος της κατεργασίας. Στο σχήμα 5.3, για τις περιπτώσεις του ομόρροπου και αντίρροπου φρεζαρίσματος, παρουσιάσθηκαν οι συνιστώσες της δύναμης κοπής  $F$ . Από τη φορά της δύναμης κοπής  $F$  στις δύο αυτές περιπτώσεις φρεζαρίσματος εξάγεται το συμπέρασμα ότι στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο πιέζει το κομμάτι στο τραπέζι, ενώ στο αντίρροπο προσπαθεί να το ανασηκώσει.

**5.4.1 Γενικές οδηγίες για το φρεζάρισμα τεμαχίων**

- ♦ Πρέπει να επιλεγεί ο σωστός κοπτήρας.
- ♦ Οι στροφές του κοπτήρα και η ταχύτητα πρόωσης πρέπει να υπολογίζονται ακριβώς. Κατά τη διάρκεια της εκχόνδρισης, επιλέγονται χαμηλές περιστροφικές ταχύτητες και μεγάλη ταχύτητα πρόωσης, για προστασία του κοπτικού εργαλείου. Κατά την αποπεράτωση (φινιρίσμα), επιλέγονται υψηλές περιστροφικές ταχύτητες και μικρή πρόωση.
- ♦ Για κατεργασία φινιρίσματος πρέπει να επιλέγεται το κατάλληλο εργαλείο και βάθος κοπής όχι μεγαλύτερο του  $0.5 - 1 \text{ mm}$ .
- ♦ 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.

### 5.4.2 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:

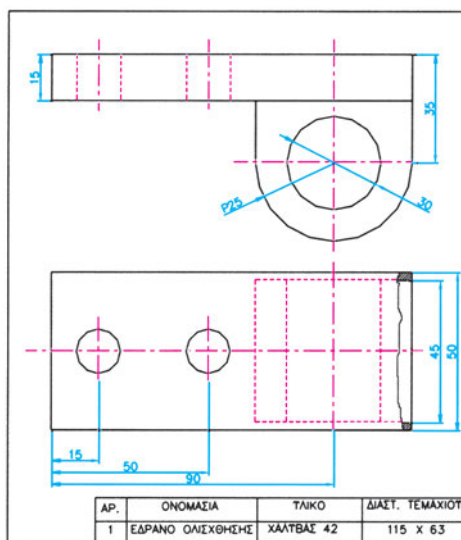
- ♦ Το κοπτικό εργαλείο δεν πρέπει να πιάνεται κατά τη διάρκεια της κοπής.
- ♦ Ποτέ να μην καθαρίζονται τα απόβλιντα με το χέρι, αλλά με τη χρήση ειδικής βούρτσας.
- ♦ Μετρήσεις πρέπει να γίνονται μόνο όταν είναι σταματημένη η μηχανή.



#### 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.

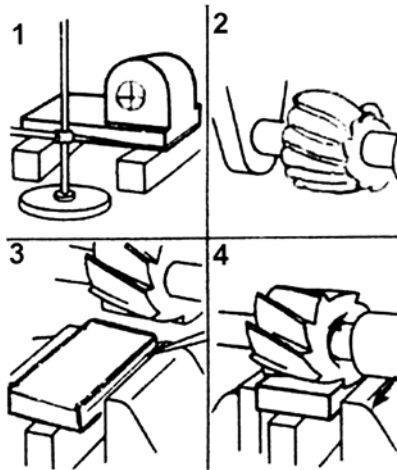
Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                             | Λειτουργία                                                                             | Εργαλεία                                             |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                                                | Χάραξη                                                                                 | Υψομετρικός χαρακτήρας                               |
| 2                                                | Συγκράτηση κοπτήρα.<br>Έλεγχος ομοαξονικότητας του κοπτήρα και του εργαλειοφόρου άξονα | Κυλινδρικός κοπτήρας 63x70N.<br>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 [σπρ/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 (5.1), σε συνάρτηση με τη διάμετρο του κοπτήρα και την ταχύτητα κοπής. Η ταχύτητα κοπής επιλέγεται από τον πίνακα 5.4 και η πρόωση ανά δόντι από τον πίνακα 5.7. 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 τραπεζιού. 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  $l_u$  ( $l_u=3-5\text{mm}$ ).



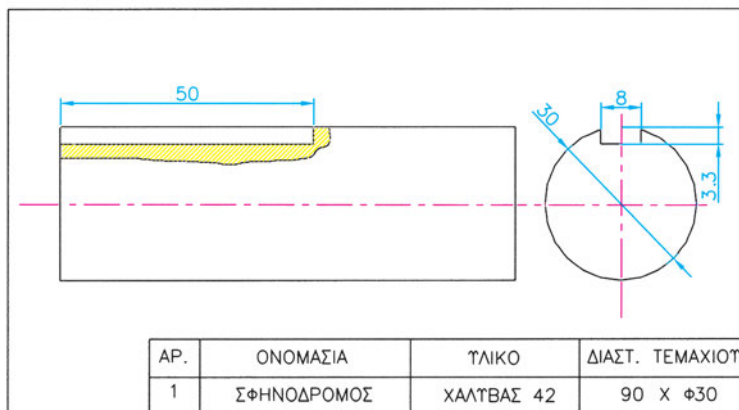
Στάδια κατεργασίας φρεζαρίσματος επίπεδης επιφάνειας σώματος εδράνου ολίσθησης.



### 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.

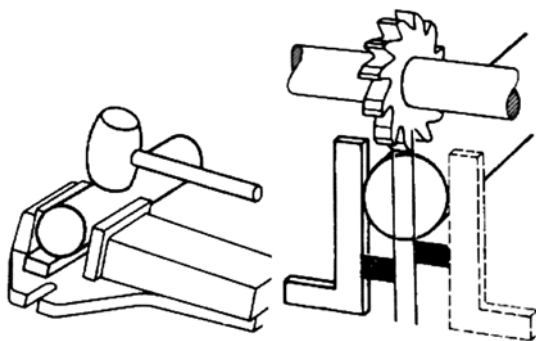
Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| Φάση                                            | Λειτουργία                         | Εργαλεία                                             |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1                                               | Συγκράτηση κοπτήρα                 | Δισκοειδής κοπτήρας 63×8<br>Εργαλειοφόρος άξονας Φ22 |
| 2                                               | Συγκράτηση κομματιού               | Μέγγενη                                              |
| 3                                               | Περιφερικό αντίρροπο<br>φρεζάρισμα |                                                      |
| Εργαλεία μέτρησης: Σταθερή γωνία 90°, παχύμετρο |                                    |                                                      |

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

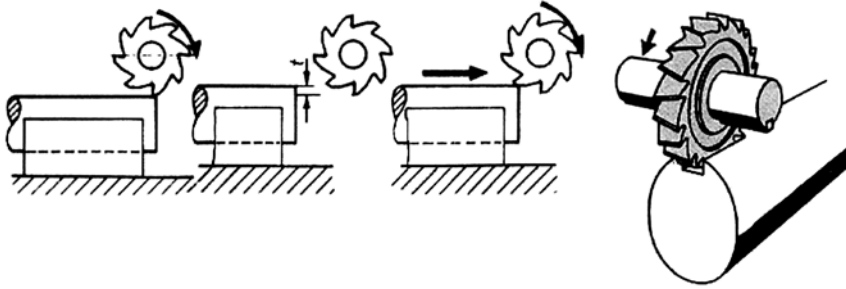
| Κατεργασία | Στροφές<br>[στρ/min] | Ταχύτητα κοπής<br>[m/min] | Πρώωση $s_z$<br>[mm/δόντι] |
|------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|
| Εκχόνδριση | 113                  | 22                        | 0.07                       |

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.

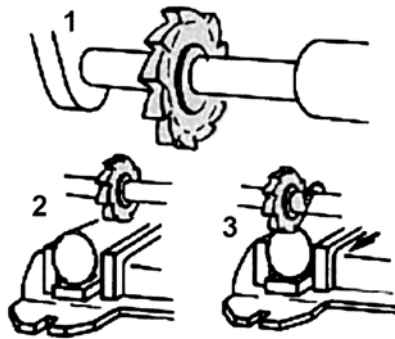


Ευθυγράμμιση του άξονα με το τραπέζι της φρεζομηχανής.

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.



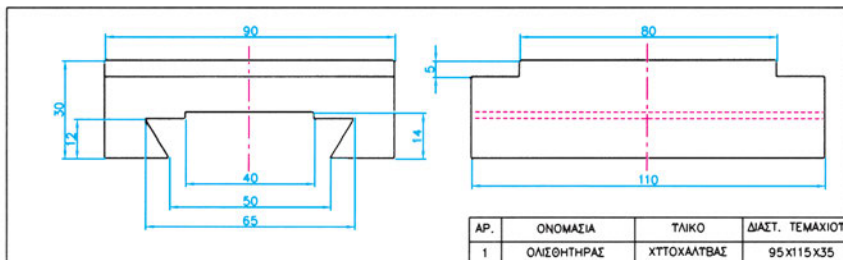
Στάδια κατεργασίας φρεζαρίσματος σφηνόδρομου.



### ΑΣΚΗΣΗ 5.3

#### Φρεζάρισμα ολισθητήρα

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



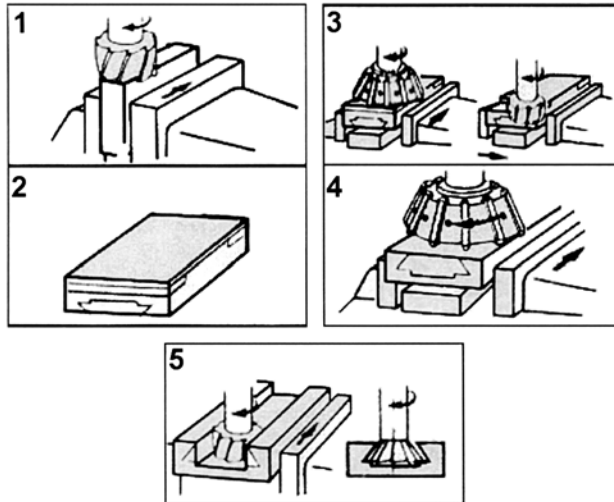
Κατασκευαστικό σχέδιο ολισθητήρα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επιλεγόμενες τιμές των συνθηκών κατεργασίας.

| Κατεργασία |            | Στροφές<br>[σπρ/min] | Ταχύτητα κοπής<br>[m/min] | Πρώωση $s_z$<br>[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:

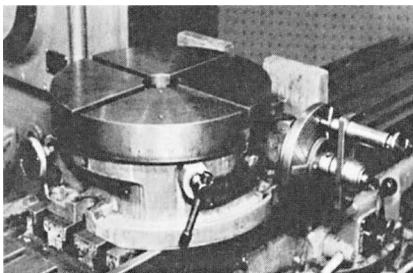
| Φάση                                                | Λειτουργία                                                                                                                                                                                                                                                  | Εργαλεία                                                                                 |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>                                            | Φρεζάρισμα πλάγιων <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση κοπτήρα</li> <li>• Συγκράτηση κομματιού</li> <li>• Φρεζάρισμα πλάγιων</li> </ul>                                                                                                     | Κονδύλι 50N<br>Μέγγενη                                                                   |
| <b>2</b>                                            | Χάραξη                                                                                                                                                                                                                                                      | Υψομετρικός<br>χαράκτης                                                                  |
| <b>3</b>                                            | Φρεζάρισμα άνω επιφάνειας <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση εργαλείου</li> <li>• Συγκράτηση κομματιού</li> <li>• Εκχόνδριση επιφάνειας</li> <li>• Τοποθέτηση κονδυλιού</li> <li>• Εκχόνδριση και φινίρισμα των δυο σκαλοπατιών</li> </ul> | Μετωπικός<br>κυλινδρικός<br>κοπτήρας Φ100<br><br>Κονδύλι<br>ελικοειδούς<br>οδόντωσης 50N |
| <b>4</b>                                            | Φρεζάρισμα κάτω επιφάνειας <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοποθέτηση κοπτήρα</li> <li>• Συγκράτηση κομματιού</li> <li>• Εκχόνδριση και φινίρισμα επιφάνειας</li> </ul>                                                                            | Μετωπικός<br>κυλινδρικός<br>κοπτήρας Φ100                                                |
| <b>5</b>                                            | Φρεζάρισμα κωνικού αυλακιού<br>Τοποθέτηση κονδυλιού<br>Εκχόνδριση μορφής αυλακιού<br>Τοποθέτηση εργαλείου μορφής<br>Φρεζάρισμα μορφής κώνου                                                                                                                 | Κονδύλι ελικοειδές<br>N50<br><br>Κοπτήρας<br>χειλιδονοουράς<br>50×14×55°                 |
| Εργαλεία μέτρησης: Σταθερή γωνία 90°, σύνθετη γωνία |                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                          |



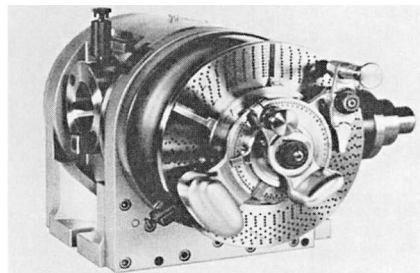
Στάδια κατεργασίας φρεζαρίσματος ολισθητήρα.

### 5.5 ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ

Ο διαιρέτης είναι ένα ξεχωριστό εξάρτημα για κάποια φρεζομηχανή, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα κατεργασίας στο τεμάχιο σε ίσες γωνίες είτε σε κυλινδρική είτε σε μετωπική επιφάνεια. Οι διαιρέτες διακρίνονται σε **επίπεδους** ή **κάθετους**, ανάλογα με τη δυνατότητα έδρασης του τεμαχίου, όπως επίσης σε διαιρέτες **άμεσης** ή **έμμεσης διαίρεσης**. Στο σχήμα 5.31 παρουσιάζεται η φωτογραφία ενός επίπεδου διαιρέτη και ενός κάθετου διαιρέτη.



Επίπεδος διαιρέτης



Κάθετος διαιρέτης

**Σχήμα 5.31:** Επίπεδος και κάθετος διαιρέτης.



Στους επίπεδους διαιρέτες η άτρακτος είναι κάθετη προς το επίπεδο του τραπεζιού της φρεζομηχανής, ενώ στους αντίστοιχους κάθετους η άτρακτος είναι παράλληλη προς το επίπεδο του τραπεζιού.

Οι διαιρέτες δίνουν τη δυνατότητα κατεργασίας στη φρεζομηχανή πολύ-σφηνων, οδοντώσεων, πολυγώνων, ελικοειδών αυλακιών, κ.λπ. Σήμερα οι χρησιμοποιούμενοι διαιρέτες στις ψηφιακά καθοδηγούμενες φρέζες και στα κέντρα κατεργασίας είναι και αυτοί καθοδηγούμενοι ψηφιακά.

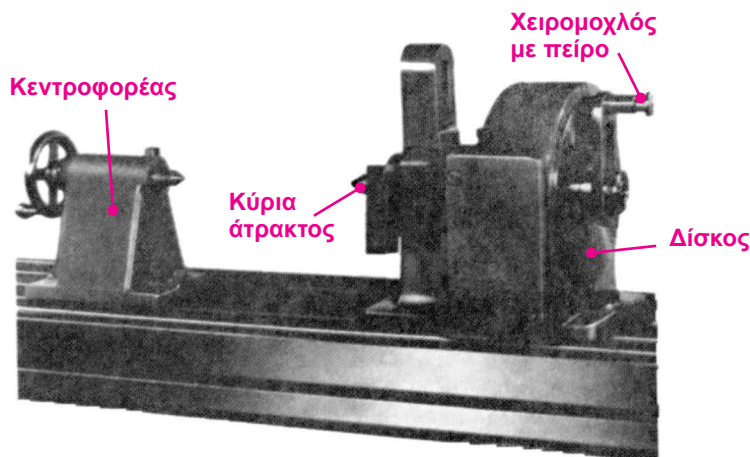
Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης κίνησης στο τεμάχιο, οι διαιρέτες χωρίζονται σε:

- ♦ απλούς για άμεση διαίρεση,
- ♦ απλούς για έμμεση διαίρεση,
- ♦ με διαφορική διαίρεση.

### **Διαιρέτης απλός για άμεση διαίρεση**

Ο απλός διαιρέτης είναι κατάλληλος, όταν ο αριθμός των διαιρέσεων είναι μικρός. Ένας απλός διαιρέτης για άμεση διαίρεση παρουσιάζεται στο σχήμα 5.32.

Το τεμάχιο συγκρατείται μεταξύ κέντρων της κύριας ατράκτου του διαιρέτη και του κεντροφορέα. Ο δίσκος στερεώνεται πάνω στην κύρια άτρακτο του διαιρέτη, η περιφέρειά του έχει οπές ή εγκοπές ομοιόμορφα μοιρασμένες σε ίσες γωνίες. Ο αριθμός των οπών είναι ανάλογος με τον αριθμό των διαιρέσεων που απαιτείται για μία συγκεκριμένη κατεργασία. Ο πείρος σταθεροποιεί την άτρακτο σε μία θέση που αντιστοιχεί σε μία οπή ή σε μία εγκοπή του δίσκου. Έτσι, κάθε περιστροφή του δίσκου συνδέεται άμεσα με περιστροφή της ατράκτου και συνεπώς του κομματιού. Γι' αυτό το λόγο ο διαιρέτης αυτός ονομάζεται απλός για άμεση διαίρεση. Με τον απλό διαιρέτη μπορούν να πραγματοποιηθούν μέχρι 50 διαιρέσεις.



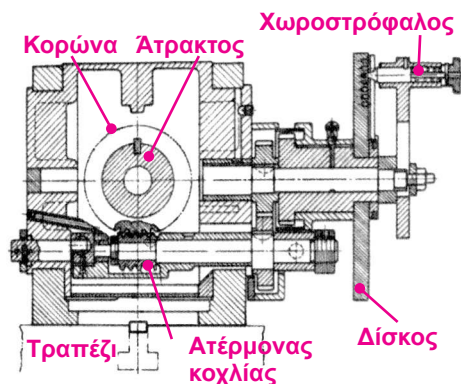
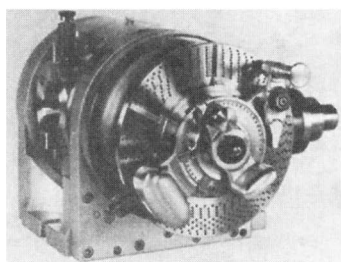
**Σχήμα 5.32:** Απλός διαιρέτης για άμεση διαίρεση.

Ας υποθεθεί ότι θα φρεζαρισθεί μία εξαγωνική κεφαλή ενός κοχλία. Τοποθετείται ένας δίσκος με 12 οπές ή εγκοπές. Ο πείρος εισχωρεί στην οπή και ασφαλίζει το δίσκο σε μία θέση με την πίεση του ελατηρίου. Φρεζάρεται σε αυτή τη θέση η μία πλευρά του εξαγώνου. Στη συνέχεια, αποσύρεται ο πείρος για να απελευθερωθεί η άτρακτος και με τη βοήθεια του χειρομοχλού γυρίζει η άτρακτος κατά  $1/6$  της στροφής, δηλαδή κατά 2 οπές ( $12/6=2$ ). Με τη στροφή της άτρακτου περιστρέφεται και το κομμάτι κατά  $1/6$  της στροφής. Με αυτό τον τρόπο κατεργάζονται και οι υπόλοιπες πλευρές του εξαγώνου.

### Διαιρέτης απλός για έμμεση διαίρεση

Ο απλός διαιρέτης για έμμεση διαίρεση χρησιμοποιείται για μεγαλύτερο αριθμό διαιρέσεων σε σχέση με τον προηγούμενο. Στο σχήμα 5.33 φαίνονται μία φωτογραφία ενός απλού διαιρέτη για έμμεση διαίρεση και μία πρόοψη σε τομή.

Η λειτουργία του παραπάνω διαιρέτη βασίζεται στη μετάδοση κίνησης στην κύρια άτρακτο από ένα ζεύγος ατέρμονα κοχλία-κορώνας, των οποίων η σχέση μετάδοσης είναι συνήθως 40:1. Η κορώνα είναι σφηνωμένη σταθερά στην άτρακτο. Ο δίσκος διαιρέσεως στηρίζεται στον άξονα του ατέρμονα κοχλία. Για κάθε διαιρέτη υπάρχουν τρεις δίσκοι διαιρέσεως. Ο καθένας από τους δίσκους αποτελείται από έξι περιφέρειες με ομοιόμορφα μοιρασμένες οπές (πίνακας 5.9).



Σχήμα 5.33: Διαιρέτης απλός για έμμεση διαίρεση.

Πίνακας 5.9: Αριθμός οπών στους τρεις δίσκους ενός απλού διαιρέτη για έμμεση διαίρεση.

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

Ο χειρομοχλός μετακινείται και ακτινικά, για να υπάρχει δυνατότητα επιλογής μίας από τις έξι περιφέρειες του δίσκου.

Η περιστροφική κίνηση μεταδίδεται από το χειρομοχλό στον ατέρμονα κοχλία, στην κορώνα, στην κύρια άτρακτο και συνεπώς στο κομμάτι. Ας υποθεθεί ότι στο κομμάτι θα γίνουν  $z$  διαιρέσεις και η σχέση μετάδοσης είναι 40:1. Ο δίσκος τότε πρέπει να στραφεί  $x$  φορές. Όπου:

$$x = \frac{40}{z} \quad (5.5)$$

Για να κατεργασθεί μια εξαγωνική κεφαλή ενός κοχλία με τη χρήση ενός διαιρέτη με έμμεση διαίρεση π.χ., ο αριθμός στροφών του χειρομοχλού για κάθε κατεργασία υπολογίζεται από τη σχέση (5.5).

$$x = \frac{40}{z} = \frac{40}{6} = 6 + \frac{4}{6} \text{ [στροφές]}$$

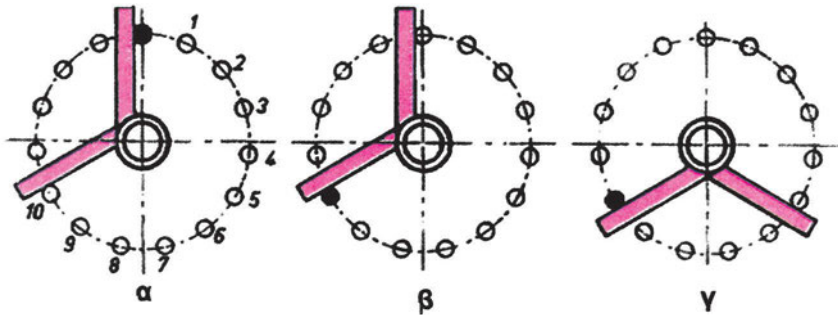
Σύμφωνα με τον πίνακα 5.9, δεν υπάρχει δίσκος με 6 τρύπες, άρα πρέπει να βρεθεί άλλο κλάσμα ισοδύναμο του 4/6:

$$x = 6 + \frac{4}{6} = 6 + \frac{2}{3} = 6 + \frac{2.5}{3.5} = 6 + \frac{10}{15} \text{ [στροφές]}$$

Ο χειρομοχλός πρέπει να γυρίσει κάθε φορά 6 στροφές και 10 οπές στην περιφέρεια των 15 οπών.

Για το μέτρημα των οπών χρησιμοποιείται γωνιακός δείκτης, ο οποίος

τοποθετείται πάνω στο δίσκο (σχήμα 5.34).



**Σχήμα 5.34:** Γωνιακός δείκτης.

Το άνοιγμα του γωνιακού δείκτη καλύπτει 10 οπές στην περιφέρεια των 15 οπών. Ο πρώτος δείκτης τοποθετείται ακριβώς πριν από την οπή, όπου είναι ο πείρος (Θέση 0) και ο δεύτερος δείκτης τοποθετείται στη θέση 10 (σχήμα 5.34α). Μετά το φρεζάρισμα της πρώτης πλευράς του εξαγώνου, ο χειρομοχλός γυρίζει 6 στροφές και 10 οπές (σχήμα 5.34β). Ο γωνιακός δείκτης θα γυρίσει έτσι, ώστε ο πρώτος δείκτης να πάρει τη θέση του δεύτερου και ο δεύτερος μία καινούρια θέση, η οποία θα είναι η αντίστοιχη του χειρομοχλού για την κατεργασία της τρίτης πλευράς (σχήμα 5.34γ).

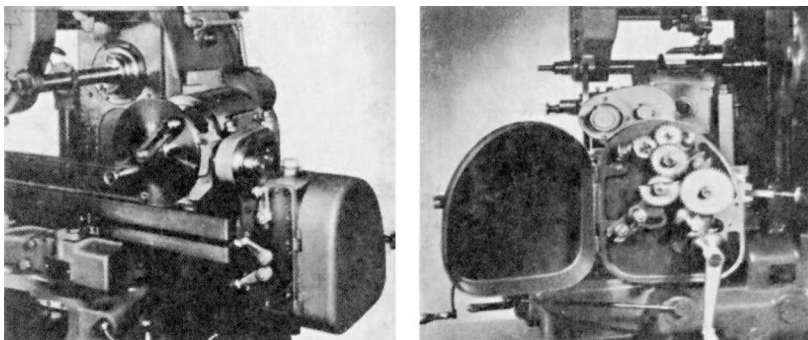
### Διαιρέτης με διαφορεική διαίρεση.

Σε μερικές περιπτώσεις απαιτείται περιφέρεια οπών, η οποία δεν υπάρχει στους τρεις δίσκους που αναφέρονται στον πίνακα 5.9 και σε αυτήν τη περίπτωση χρησιμοποιείται διαιρέτης με διαφορεική διαίρεση. Για τη διαφορεική διαίρεση χρησιμοποιούνται ζεύγη ανταλλακτικών οδοντοτροχών (σχήμα 5.35).

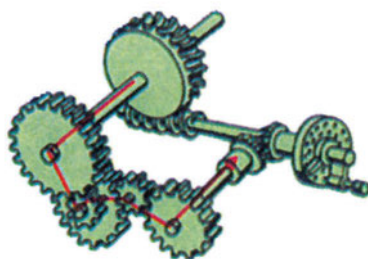
Κατά τη διαφορεική διαίρεση, ο δίσκος είναι ελεύθερος και η περιστροφική κίνηση μεταφέρεται από τους ανταλλακτικούς οδοντοτροχούς στον ατέρμονα κοχλία μέσω ζεύγους κωνικών οδοντοτροχών με σχέση μετάδοσης 1:1 (σχήμα 5.36).

Ο αριθμός δοντιών των εναλλάξιμων τροχών για τη μετάδοση κίνησης είναι ο εξής:

|    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|-----|
| 24 | 24 | 28 | 32 | 40 | 44  |
| 48 | 56 | 64 | 72 | 86 | 100 |



Σχήμα 5.35: Διαιρέτης με διαφορετική διαίρεση.



Σχήμα 5.36: Μεταφορά κίνησης στη διαφορετική διαίρεση.

Για τον υπολογισμό των οδοντοτροχών της διαφορετικής διαίρεσης εκλέγεται ένας φανταστικός αριθμός διαίρεσης, ο οποίος είναι ο πλησιέστερος του πραγματικού, με τον οποίο είναι δυνατή η απλή διαίρεση. Η αναγκαία σχέση μετάδοσης της κίνησης, με κατεύθυνση από την άτρακτο προς το βοηθητικό άξονα του διαιρέτη, δίδεται από τη σχέση:

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = (\Phi - z) \cdot \frac{40}{\Phi} \quad (5.6)$$

Όπου:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  είναι ο αριθμός δοντιών των ανταλλακτικών οδοντοτροχών,  $\Phi$  και  $z$  είναι ο φανταστικός και ο πραγματικός αριθμός διαίρεσης αντίστοιχα.

Αν  $\Phi > z$ , τότε ο δίσκος πρέπει να γυρίζει ομόρροπα ως προς το στρόφαλο.

Αν  $\Phi < z$ , τότε ο δίσκος πρέπει να γυρίζει αντίρροπα ως προς το στρόφαλο.

#### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.4

Να καθορισθεί ο διαιρέτης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για κατεργασία ενός οδοντοτροχού με 57 δόντια σε φρεζομηχανή.

**Λύση**

Ο χειροστρόφαλος, σύμφωνα με τη σχέση (5.5) πρέπει να στραφεί  $x=40/57$  φορές, δηλαδή 40 οπές στην περιφέρεια των 57 οπών. Επειδή δεν υπάρχει δίσκος των 57 οπών (πίνακας 5.9), διαλέγεται ένας φανταστικός αριθμός διαιρέσεων πολύ κοντά στον πραγματικό, ο οποίος μπορεί να γίνει με απλή διαίρεση. Έστω  $\Phi=60$  τότε, σύμφωνα με τη σχέση (5.5),  $x = 40/60=2/3=18/27$ , δηλαδή 18 οπές στην περιφέρεια των 27 οπών. Άρα ο φανταστικός αριθμός  $\Phi=60$  είναι δεκτός, γιατί μπορεί να γίνει με απλή διαίρεση.

Για να βρεθεί ο πραγματικός αριθμός διαιρέσεων, χρησιμοποιείται ένας διαιρέτης με διαφορετική διαίρεση, του οποίου οι εξωτερικοί τροχοί μετάδοσης της κίνησης είναι:

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = (\Phi - z) \cdot \frac{40}{\Phi} = (60 - 57) \cdot \frac{40}{60} = \frac{6}{3} = \frac{48}{24}$$

Επειδή  $\Phi > z$  το στρόφαλο και ο δίσκος πρέπει να γυρίζουν ομόρροπα. Επίσης χρειάζεται ένας ενδιάμεσος οδοντοτροχός, γιατί η μετάδοση είναι απλή.

**□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.5**

Για κοπή  $z=327$  δοντιών σε φρεζομηχανή, να καθορισθούν ο διαιρέτης και οι στροφές του στροφάλου.

**Λύση**

Σύμφωνα με τη σχέση (5.5) το χειροστρόφαλο πρέπει να στρέφεται κατά  $40/327$  της στροφής για κάθε διαίρεση. Αλλά περιφέρεια με 327 οπές δεν υπάρχει, γι' αυτό το λόγο θα χρησιμοποιηθεί η διαφορετική διαίρεση.

Επιλέγεται ο φανταστικός αριθμός  $\Phi=330$ , σύμφωνα με τη σχέση (5.5),  $x=40/330=4/33$ , δηλαδή 4 οπές στην περιφέρεια των 33 οπών. Άρα, ο φανταστικός αριθμός  $\Phi=330$  είναι δεκτός, γιατί μπορεί να γίνει με απλή διαίρεση.

Οι εξωτερικοί τροχοί μετάδοσης της κίνησης υπολογίζονται από τη σχέση (5.6):

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = (\Phi - z) \cdot \frac{40}{\Phi} = (330 - 327) \cdot \frac{40}{330} = 3 \cdot \frac{4}{33} = \frac{4}{11} = \frac{32}{44} \cdot \frac{24}{48}$$

Άρα, οι οδοντοτροχοί  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  και  $\delta$  θα έχουν αριθμό δοντιών 32, 44, 24 και 48 αντίστοιχα. Η μετάδοση της κίνησης γίνεται χωρίς ενδιάμεσο τροχό. Το χειροστρόφαλο και ο δίσκος πρέπει να γυρίζουν ομόρροπα.

**□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.6**

Για κοπή  $z=73$  δοντιών σε φρεζομηχανή, να καθορισθούν ο διαιρέτης και οι στροφές του στρόφαλου.

**Λύση**

Σύμφωνα με τη σχέση (5.5), το χειροστρόφαλο πρέπει να στρέφεται κατά  $40/73$  φορές, δηλαδή 40 σπές σε περιφέρεια των 73 σπών. Επειδή δεν υπάρχει δίσκος των 73 σπών (πίνακας 5.9), επιλέγεται ένας φανταστικός αριθμός διαιρέσεων πολύ κοντά στον πραγματικό, ο οποίος μπορεί να γίνει με απλή διαίρεση. Έστω  $\Phi=70$  τότε, σύμφωνα με τη σχέση (5.5),  $x = 40/70 = 4/7 = 12/21$ , δηλαδή 12 σπές στην περιφέρεια των 21 σπών. Άρα ο φανταστικός αριθμός  $\Phi=70$  είναι δεκτός, γιατί μπορεί να γίνει με απλή διαίρεση.

Για να βρεθεί ο πραγματικός αριθμός διαιρέσεων, χρησιμοποιείται ένας διαιρέτης με διαφορετική διαίρεση, του οποίου οι εξωτερικοί τροχοί μετάδοσης της κίνησης είναι:

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{\gamma}{\delta} = (\Phi - z) \cdot \frac{40}{\Phi} = (70 - 73) \cdot \frac{40}{70} = -\frac{12}{7} = -\frac{48}{28}$$

Επειδή  $\Phi < z$ , ο στρόφαλος και ο δίσκος πρέπει να γυρίζουν αντίρροπα, γι' αυτό το λόγο τοποθετείται ένας ενδιάμεσος τροχός.

**5.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΟΔΟΝΤΟΤΡΟΧΩΝ**

Οι οδοντοτροχοί 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.

**5.6.1 Είδη οδοντοτροχών**

Ανάλογα με τη μορφή τους, τα συνηθισμένα είδη οδοντοτροχών είναι τα ακόλουθα (σχήμα 5.37):

- ♦ **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.



Σχήμα 5.37: Διάφορα είδη οδοντοτροχών.

- ♦ **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.

### 5.6.2 Χαρακτηριστικά της οδόντωσης

Τα βασικά μεγέθη της οδόντωσης είναι τα ακόλουθα (σχήμα 5.38):

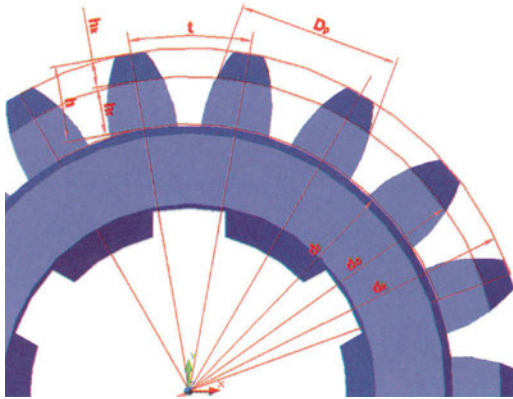
- ♦ Ο αριθμός δοντιών  $z$ .
- ♦ Το βήμα  $t$  σε [mm] είναι το μήκος εκείνου του τόξου του αρχικού κύκλου, που περιλαμβάνεται ανάμεσα σε δυο αριστερές παρειές δύο διαδοχικών δοντιών. Το βήμα ορίζεται ανάλογα με το είδος της οδόντωσης, όπως π.χ. το μετωπικό και το κάθετο βήμα στους οδοντοτροχούς με λοξή οδόντωση ή το βήμα μεγάλης ή μικρής διαμέτρου στους κωνικούς οδοντοτροχούς.
- ♦ Η αρχική διάμετρος  $d_0$  σε [mm] προσδιορίζεται από τη γενική σχέση:

$$\pi \cdot d_0 = z \cdot t \quad \text{ή} \quad d_0 = \frac{z \cdot t}{\pi} \quad (5.7)$$

Όπου  $z$  είναι ο αριθμός δοντιών του οδοντοτροχού.

- ♦ Το μέτρο βήματος της οδόντωσης ή μέτρο της οδόντωσης (modul)  $m$  σε mm σχετίζεται με το αρχικό βήμα κατά το μετρικό σύστημα ως εξής:

$$m = \frac{t}{\pi} = \frac{d_0}{z} \quad (5.8)$$



$t$  : Βήμα [mm]  
 $D_p$  : Διαμετρικό βήμα [ $\text{in}^{-1}$ ]  
 $d_0$  : Αρχική διάμετρος [mm]  
 $d_k$  : Διάμετρος κεφαλής [mm]  
 $d_f$  : Διάμετρος ποδός [mm]  
 $h$  : Ύψος δοντιού [mm]  
 $h_k$  : Ύψος κεφαλής [mm]  
 $h_f$  : Ύψος ποδός [mm]

**Σχήμα 5.38:** Βασικά μεγέθη της οδόντωσης.

- ♦ Στο Αγγλοσαξονικό σύστημα ορίζεται το περιφερειακό βήμα (circular pitch)  $C_p$  ή  $P_t$  ως:

$$C_p [\text{in}] = \frac{\pi \cdot d_0 [\text{in}]}{z} = \frac{t [\text{mm}]}{25.4} = \frac{m [\text{mm}]}{8.09} \quad (5.9)$$

- ♦ Το διαμετρικό βήμα (diametral pitch)  $D_p$  ή  $P$ . Εκφράζει τον αριθμό των δοντιών του οδοντοτροχού που αντιστοιχεί σε μία ίντσα αρχικής διαμέτρου, δηλαδή:

$$D_p [\text{in}^{-1}] = \frac{z}{d_0 [\text{in}]} = \frac{\pi}{C_p [\text{in}]} = \frac{25.4}{m [\text{mm}]} \quad (5.10)$$

Προτυποποιημένες τιμές του μέτρου  $m$  και του διαμετρικού βήματος  $D_p$  για μετωπικούς οδοντοτροχούς δίδονται στους πίνακες 5.10 και 5.11 σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO 54-1977 (ή DIN 780, Teil 1).

Τα προαναφερθέντα στοιχεία της οδόντωσης συμπληρώνονται και με άλλα, τα οποία κατά περίπτωση προσδιορίζονται από τα  $z$ ,  $m$  ή  $D_p$  (ή  $P$ ). Τα μεγέθη αυτά της οδόντωσης, όπως η διάμετρος κεφαλής  $d_k$ , το ύψος κεφαλής  $h_k$ , το ύψος ποδός  $h_f$  και το συνολικό ύψος του δοντιού  $h$  και άλλα, 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 5.12 και 13 δίνονται σχέσεις υπολογισμού των στοιχείων οδοντοτροχών με ευθύγραμμη οδόντωση με βάση το βήμα  $m$  και το διαμετρικό βήμα  $D_p$ .

**Πίνακας 5.10: Προτυποποιημένες τιμές του μέτρου οδόντωσης  $m$  κατά ISO 54-1977 ή DIN 780 (Teil1) για μετωπικούς οδοντοτροχούς.**

|         | Μοντούλ $m$ [mm] |      |      |      |      |      |       |       |      |
|---------|------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| Σειρά 1 | 0.05             | 0.06 | 0.08 | 0.1  | 0.12 | 0.16 | 0.2   | 0.25  | 0.3  |
| Σειρά 2 | 0.056            | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.14 | 0.18 | 0.22  | 0.28  | 0.35 |
| Σειρά 1 | 0.4              | 0.5  | 0.6  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 1     | 1.25  | 1.5  |
| Σειρά 2 | 0.45             | 0.55 | 0.65 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 1.125 | 1.375 | 1.75 |
| Σειρά 1 | 2                | 2.5  | 3    | 4    | 5    | 6    | 8     | 10    | 12   |
| Σειρά 2 | 2.25             | 2.75 | 3.5  | 4.5  | 5.5  | 7    | 9     | 11    | 14   |
| Σειρά 1 | 16               | 20   | 25   | 32   | 40   | 50   | 60    |       |      |
| Σειρά 2 | 18               | 22   | 28   | 36   | 45   | 55   | 70    |       |      |

**Πίνακας 5.11: Προτυποποιημένες τιμές του διαμετρικού βήματος  $P$  κατά ISO 54-1977 ή DIN 780 (Teil1) για μετωπικούς οδοντοτροχούς.**

|              | Διαμετρικό βήμα $P$ [1/inch] και $m=25.4/P$ [mm] |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P$ [1/inch] | 200                                              | 180   | 160   | 140   | 120   | 100   | 80    | 64    | 48    |
| $m$ [mm]     | 0,127                                            | 0,141 | 0,158 | 0,181 | 0,211 | 0,254 | 0,317 | 0,396 | 0,529 |
| $P$ [1/inch] | 40                                               | 36    | 32    | 26    | 24    | 20    | 18    | 16    | 14    |
| $m$ [mm]     | 0,635                                            | 0,705 | 0,793 | 0,907 | 1,058 | 1,27  | 1,411 | 1,587 | 1,814 |
| $P$ [1/inch] | 12                                               | 11    | 10    | 9     | 8     | 7     | 6     | 5,5   | 5     |
| $m$ [mm]     | 2,116                                            | 2,309 | 2,54  | 2,822 | 3,175 | 3,628 | 4,233 | 4,618 | 5,08  |
| $P$ [1/inch] | 4,5                                              | 4     | 3,5   | 3     | 2,75  | 2,5   | 2,25  | 2     | 1,75  |
| $m$ [mm]     | 5,644                                            | 6,350 | 7,257 | 8,466 | 9,236 | 10,16 | 11,24 | 12,7  | 14,51 |
| $P$ [1/inch] | 1,5                                              | 1,25  | 1     | 0,875 | 0,75  | 0,625 | 0,5   |       |       |
| $m$ [mm]     | 16,93                                            | 20,32 | 25,4  | 29,03 | 33,87 | 40,64 | 50,80 |       |       |

**Πίνακας 5.12: Στοιχεία οδοντοτροχού μερικού συστήματος με ευθύγραμμη οδόντωση.**

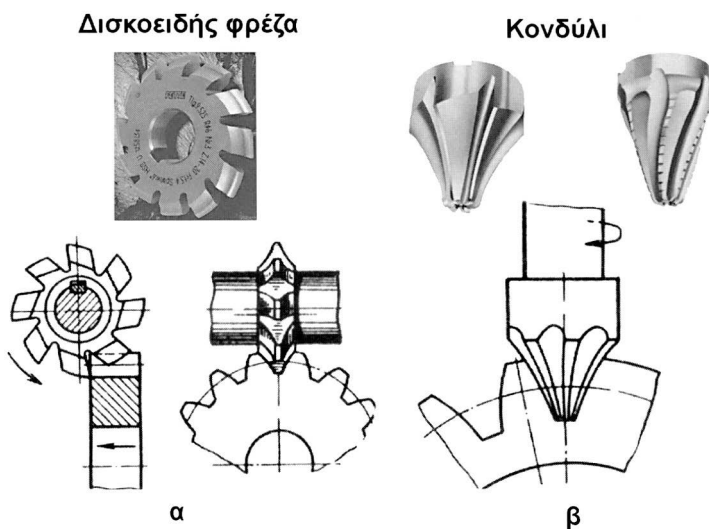
| Περιγραφή                  | Σύμβολο | Υπολογισμός                                       |
|----------------------------|---------|---------------------------------------------------|
| Μοντούλ                    | $M$     | $m = t/\pi = d_o/z$                               |
| Βήμα οδόντωσης             | $T$     | $t = m \cdot \pi = d_o \cdot \pi/z$               |
| Αρχική διάμετρος           | $d_o$   | $d_o = z \cdot m = d_k - 2m$                      |
| Εξωτερική διάμετρος        | $d_k$   | $d_k = (z+2) \cdot m = d_o + 2m$                  |
| 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            | $z$     | $z = d_o/m = d_o \cdot \pi/t$                     |
| Απόσταση αξόνων τροχών     | $a$     | $a = m \cdot (z_1 + z_2)/2 = (d_{o1} + d_{o2})/2$ |

**Πίνακας 5.13: Στοιχεία οδοντοτροχού με ευθύγραμμη οδόντωση κατά το αγγλοσαξονικό σύστημα.**

| Περιγραφή              | Σύμβολο | Υπολογισμός                                                 |
|------------------------|---------|-------------------------------------------------------------|
| Διαμετρικό βήμα (πιτς) | $D_p$   | $D_p = (z+2) / D_k = z/d = \pi / C_p = 25.4/m$              |
| 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 | $A$     | $A = (z_1 - z_2) / 2D_p$                                    |

**5.6.3 Κοπή οδοντώσεων σε φρεζομηχανή**

Η κοπή οδοντώσεων σε φρεζομηχανή επιτυγχάνεται είτε με δισκοειδή φρέζα ή με κονδύλι μορφής (σχήμα 5.39).

**Σχήμα 5.39: 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, διατρέπει 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 οικονομικώς. 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 φρεζών για κάθε μοντούλ, συνολικά οκτώ, που αποτελούν ένα σύνολο και χρησιμοποιούνται για όλους τους αριθμούς δοντιών, αρχίζοντας από 12 δόντια μέχρι άπειρα.

Η σειρά των οκτώ κοπτήρων αποτελεί τη βασική σειρά και χρησιμοποιείται για μέτρο οδόντωσης  $m < 8\text{mm}$ . Για μεγαλύτερο μέτρο ( $m16\text{mm}$ ), ο αριθμός δοντιών του υπό κατεργασία οδοντοτροχού εντάσσεται σε 15 περιοχές και για  $m > 16$  διατίθενται σειρές των 26 κοπτήρων (πίνακες 5.14 και 5.15).

**Πίνακας 5.14: Επιλογή δισκοφρεζών σε σχέση με τον αριθμό δοντιών της οδόντωσης για δεδομένο μέτρο οδόντωσης  $m$ .**

| Αριθμός Φρέζας                             | 1     | 11/2  | 2     | 21/2  | 3      | 31/2   | 4     | 41/2  |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
| 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     | 51/2  | 6     | 61/2  | 7      | 71/2   | 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-∞ |       |

**Πίνακας 5.15: 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 (σχήμα 5.39α):

- ♦ Το μοντούλ m ή το διαμετρικό βήμα P,
- ♦ ο αριθμός της φρέζας (1....8) για σειρά των 8 τεμαχίων,
- ♦ η περιοχή του αριθμού δοντιών,
- ♦ η γωνία κλίσεως της ευθείας γραμμής.

Στην περίπτωση τροχών με ελικοειδή δόντια, για την επιλογή της δισκοφρέζας χρησιμοποιείται ένας φανταστικός αριθμός δοντιών  $z_1$ , ο οποίος εξαρτάται από τη γωνία κλίσεως των δοντιών ως προς τον άξονα:

$$z_1 = \frac{z}{\sin^3 \alpha} \quad (5.11)$$

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 5.14, για κοπή 114 δοντιών επιλέγεται η δισκοφρέζα Νο 7.

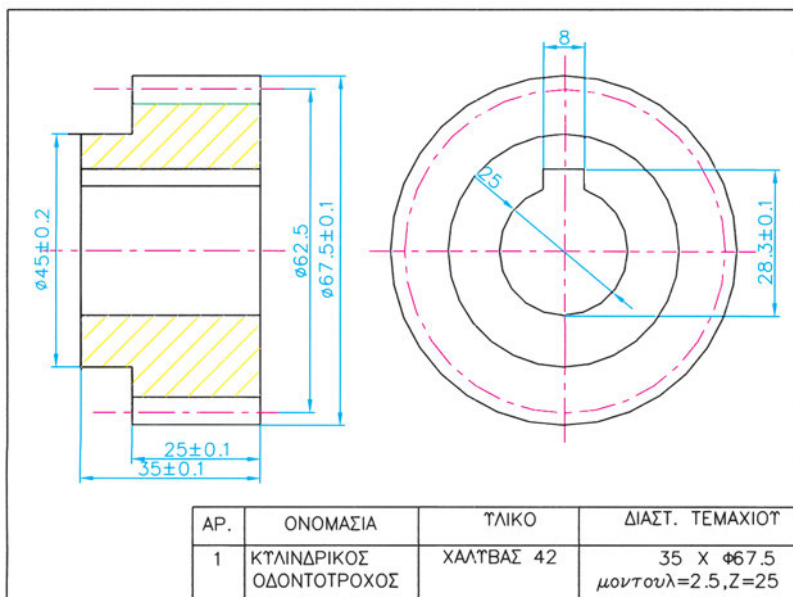
Οι κονδυλοειδείς φρέζες μορφής εφαρμόζονται στην κοπή μετωπικών οδοντώσεων σχετικά μεγάλου μέτρου ( $m10mm$ ) και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που δεν καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση της κοχλιοειδούς φρέζας (παρ. 5.6.4). Οι κοπτήρες αυτοί συναντώνται ως κοπτήρες εκχόνδρισης και ως κοπτήρες αποπεράτωσης. Μπορούν να είναι τύπου ένθετων λεπίδων από ταχυχάλυβα ή και συγκολλημένων λεπίδων. Συνήθως, προσαρμόζονται σε κύρια άτρακτο φρεζομηχανής που φέρει κατάλληλο σπείρωμα.



#### ΑΣΚΗΣΗ 5.4

##### Κοπή κυλινδρικού οδοντοτροχού σε φρεζομηχανή με χρήση διαιρέτη.

Πρόκειται για κυλινδρικό οδοντοτροχό με παράλληλη οδόντωση, αριθμός δοντιών  $z=25$  δόντια, και μοντούλ  $m=2.5mm$ . Το κατασκευαστικό σχέδιο παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



##### Κατασκευαστικό σχέδιο κυλινδρικού οδοντοτροχού.

Από τον πίνακα 5.12 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 5.14. Για αριθμό δοντιών  $z=25$  επιλέγεται η φρέζα Νο 4 της σειράς των 8.

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

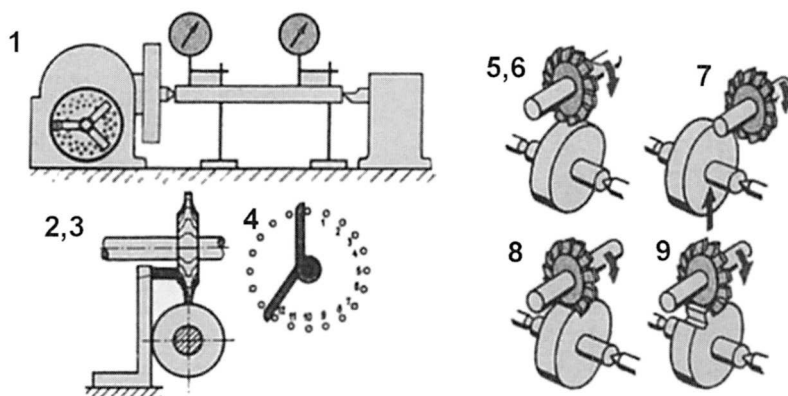
| Φάση                                                                        | Λειτουργία                                                                                                                          | Εργαλεία                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                                                                           | Τοποθέτηση και ευθυγράμμιση του διαιρέτη σε οριζόντια φρεζομηχανή                                                                   | Απλός έμμεσος διαιρέτης<br>Μετρητικό ρολόι         |
| 2                                                                           | Συγκράτηση κοπτήρα.<br>Έλεγχος ομοαξονικότητας του κοπτήρα και του εργαλειοφόρου άξονα                                              | Δισκοφρέζα 2.5,4,21-25,20°<br>Εργαλειοφόρος άξονας |
| 3                                                                           | Συγκράτηση κομματιού μεταξύ κέντρων του διαιρέτη                                                                                    | Σταθερή ορθή γωνία 90°                             |
| 4                                                                           | Ρύθμιση δεικτών του δίσκου διαιρέσεως.<br>(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.<br>Κατακόρυφη μετακίνηση του τραπεζιού σε ύψος όσο είναι το βάθος κοπής (5.42mm) |                                                    |
| 8                                                                           | Φρεζάρισμα του 1 <sup>ου</sup> μεσοδόντιου                                                                                          |                                                    |
| 9                                                                           | Απομάκρυνση του κομματιού από τη φρέζα.<br>Περιστροφή του χειροστρόφαλου κατά μία στροφή και 12 οπές                                |                                                    |
| 10                                                                          | Φρεζάρισμα του επόμενου δοντιού                                                                                                     |                                                    |
| Εργαλεία μέτρησης. Διαβήτη, αεροστάθμη (αλφάδι), μετρητικό ρολόι, 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 | 128               | 25                     | 0.04                    |

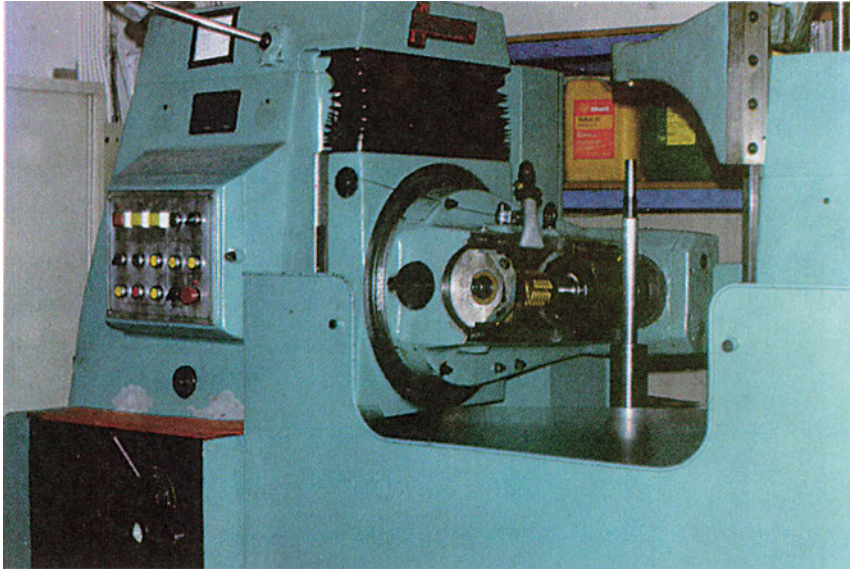
Τα στάδια κατεργασίας παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Στάδια κατεργασίας για κοπή παράλληλης οδόντωσης σε φρεζομηχανή.

## 5.7 ΓΡΑΝΑΖΟΚΟΠΤΕΣ

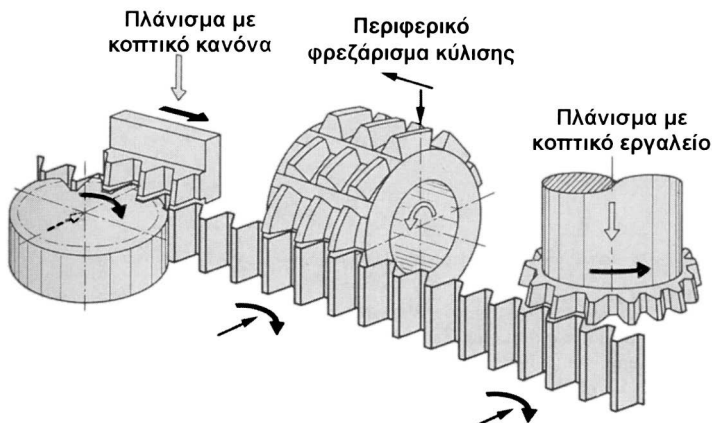
Ο γραναζοκόπτης είναι μία εργαλειομηχανή για κοπή οδοντώσεων (σχήμα 5.40). Το πλεονέκτημά της είναι ότι για κάθε μοντούλ ή διαμετρικό βήμα υπάρχει ένα μόνο κοπτικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κοπή διάφορων αριθμών δοντιών. Αντίθετα, για διαμόρφωση οδόντωσης σε φρεζομηχανή για κάθε 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 5.40: Γραναζοκόπτης

Η κοπή οδόντωσης σε γραναζοκόπτη πραγματοποιείται με τις εξής μεθόδους (σχήμα 5.41):

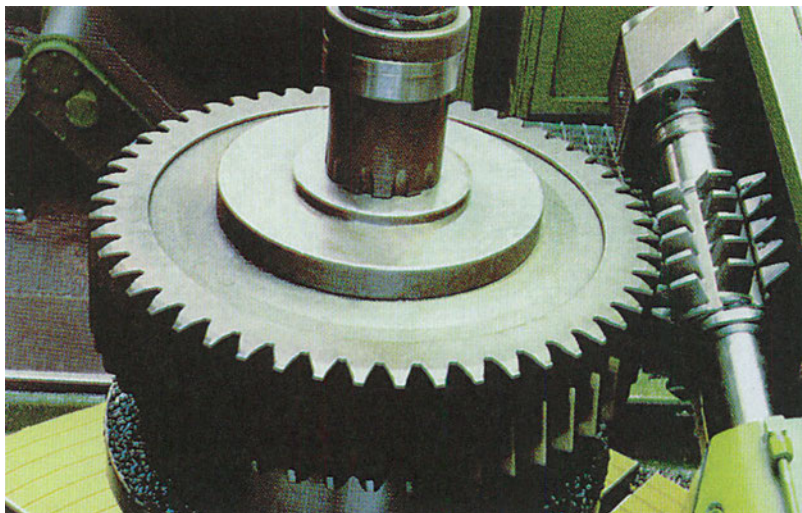
- ♦ **Περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης** (ή μέθοδος χόμπινγκ, hobbing). Το εργαλείο είναι περιστρεφόμενη κοχλιοειδής φρέζα.
- ♦ **Πλάνισμα κύλισης** (ή μέθοδος Φέλλους, Fellows). Το κοπτικό εργαλείο παλινδρομεί και περιστρέφεται.
- ♦ **Πλάνισμα με κοπτικό κανόνα** (ή μέθοδος Μαγκ, Maag). Το κοπτικό εργαλείο παλινδρομεί και μετατοπίζεται.



Σχήμα 5.41: Κύριες κατεργασίες κοπής οδοντώσεων σε γραναζοκόπτη.

### 5.7.1 Περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης

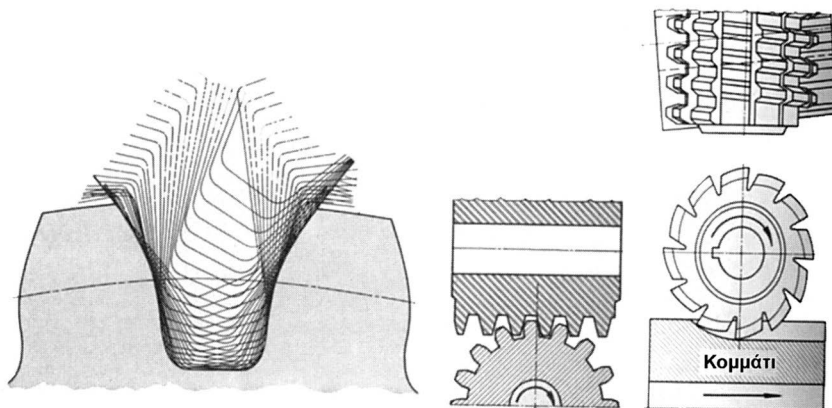
Το περιφερικό φρεζάρισμα κύλισης χρησιμοποιείται για μορφοποίηση οδοντώσεων σε μετωπικούς κυρίως οδοντοτροχούς, με ευθύγραμμη ή λοξή εξωτερική οδόντωση (σχήμα 5.42), σε ατέρμονες κοχλίες και σε οδοντοτροχούς που συνεργάζονται μαζί τους (κορώνες), ακόμη και σε πολύσφηνα.



**Σχήμα 5.42:** Μορφοποίηση οδόντωσης κατά το περιφερικό φρεζάρισμα.

Η κινηματική του περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης έχει τρεις κινήσεις (σχήμα 5.43):

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 5.43:** Κινηματική του περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης.

Ο κοπτήρας 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 κοπτήρα (πάσσα), τότε στο τέλος κάθε περιστροφής του τεμαχίου τίθεται το επιλεγόμενο κατά περίπτωση βάθος κοπής, με προσεγγιστική κίνηση του κομματιού προς τον κοπτήρα (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:

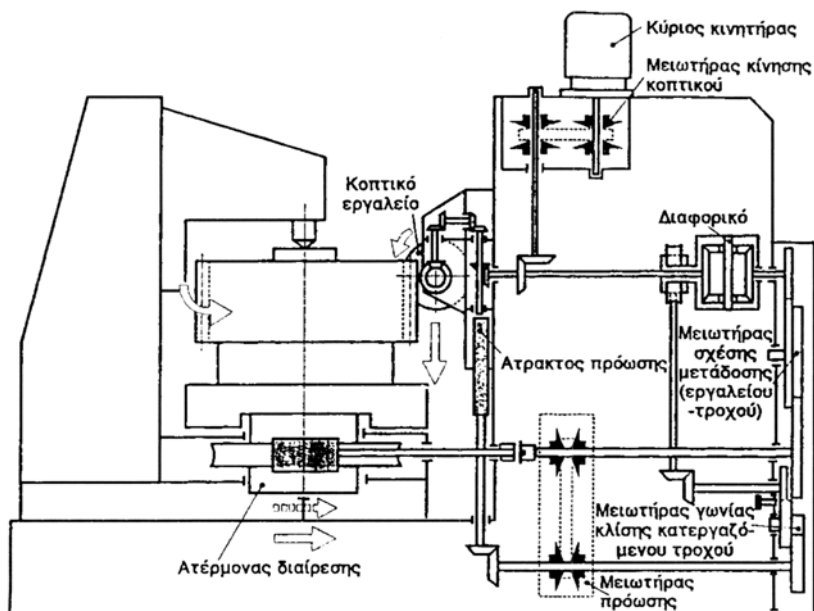
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{C} \quad (5.12)$$

Όπου:  $z_2$  είναι ο αριθμός δοντιών του υπό κατεργασία οδοντοτροχού και  $C$  ο αριθμός αρχών του κοπτήρα (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 κοπτήρας έχει δύο αρχές, δηλαδή  $C=2$ , για κοπή οδόντωσης με 50 δόντια θα πρέπει ο κοπτήρας να εκτελεί 25 περιστροφές σε μία πλήρη περιστροφή του κομματιού.

#### 5.7.1.1 Τα μέρη γραναζοκόπτη περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης

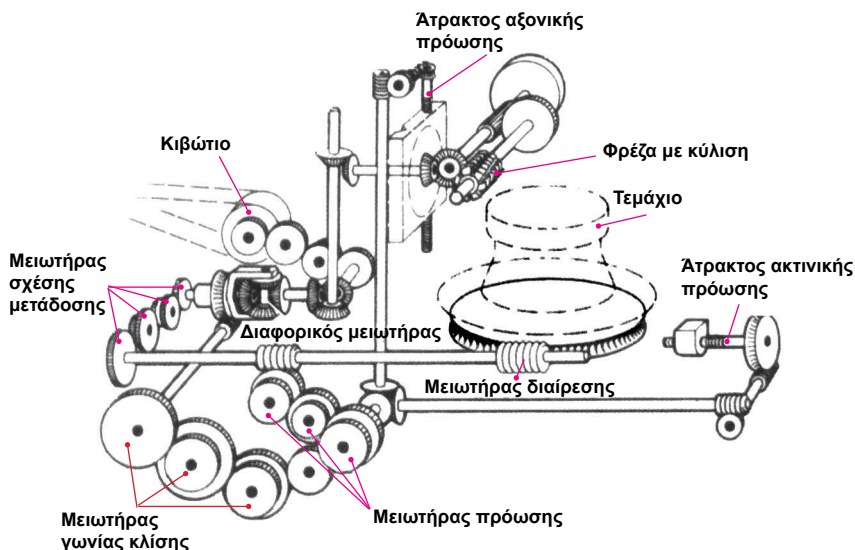
Ένας τυπικός γραναζοκόπτης αποτελείται από τα ακόλουθα μέρη (σχήμα 5.44):

- ♦ Τη διάταξη μετάδοσης περιστροφικής ταχύτητας στον κοχλιοειδή κοπτήρα μέσω της κύριας ατράκτου (πρωτεύουσα κίνηση).
- ♦ Τη διάταξη μετάδοσης περιστροφικής ταχύτητας στο κομμάτι μέσω τραπεζιού (κίνηση πρόωσης κυλίσσεως).
- ♦ Το μηχανισμό της γραμμικής κίνησης του κοπτήρα 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 κοπτήρα (κίνηση ακτινικής πρόωσης).
- ♦ Στοιχεία για τη ρύθμιση της θέσης του κομματιού και του κοπτήρα σε σχέση με την εξωτερική διάμετρο, πλάτος και γωνία έλικα των οδοντοτροχών.



**Σχήμα 5.44:** Κύρια μέρη μετάδοσης κίνησης σε γρاناζοκόπτη.

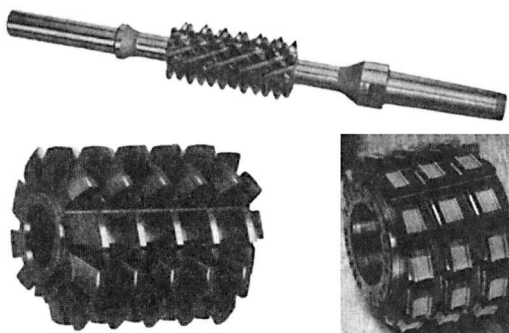
Οι αναφερόμενες πιο πάνω αναγκαίες κινήσεις των διάφορων μελών του γρاناζοκόπτη υλοποιούνται με αντίστοιχες μεταδόσεις οδοντοτροχών και με σχετικούς μηχανισμούς (σχήμα 5.45).



**Σχήμα 5.45:** Μηχανισμοί μετάδοσης κίνησης σε γранаζοκόπτη.

#### 5.7.1.2 Η κοχλιοειδής φρέζα (κοπτήρας χόμπ)

Η κοχλιοειδής φρέζα (σχήμα 5.46) 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 5.46:** Κοχλιοειδείς φρέζες (χομπ).

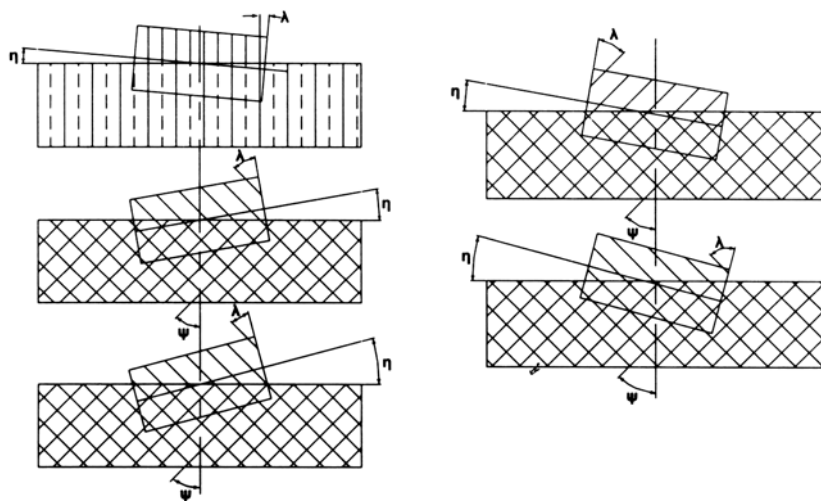
Οι κοχλιοειδείς φρέζες διακρίνονται σε φρέζες εκχόνδρισης και φρέζες αποπεράτωσης. Για την αύξηση του ρυθμού αφαίρεσης υλικού οι κοχλιοειδείς φρέζες εκχόνδρισης μπορούν να έχουν σπείρωμα με δύο αρχές. Κοχλιοειδείς

φρέζες με τρεις αρχές δεν κατασκευάζονται, γιατί κρίνονται ασύμφωρες. Οι φρέζες φινιρίσματος κατασκευάζονται με σπείρωμα μίας αρχής.

Υπάρχουν ολόσωμες κοχλιοειδείς φρέζες (σχήμα 5.46), 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).

### 5.7.1.3 Εκτέλεση της κατεργασίας κοπής οδόντωσης με κοχλιοειδή φρέζα κύλισης

Κατά την κοπή ευθύγραμμης οδόντωσης σε μετωπικό οδοντοτροχό, η κοχλιοειδής φρέζα προσαρμόζεται στο γριναζοκόπτη με τρόπο, ώστε ο άξονάς της να σχηματίζει με το οριζόντιο επίπεδο γωνία ίση με τη γωνία κλίσης ( $\lambda$ ) 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  $\psi$  είναι η γωνία κλίσης της οδόντωσης που πρόκειται να μορφοποιηθεί (σχήμα 5.47). 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 (+).



Σχήμα 5.47: Κλίσεις του κοπτήρα χομπ.

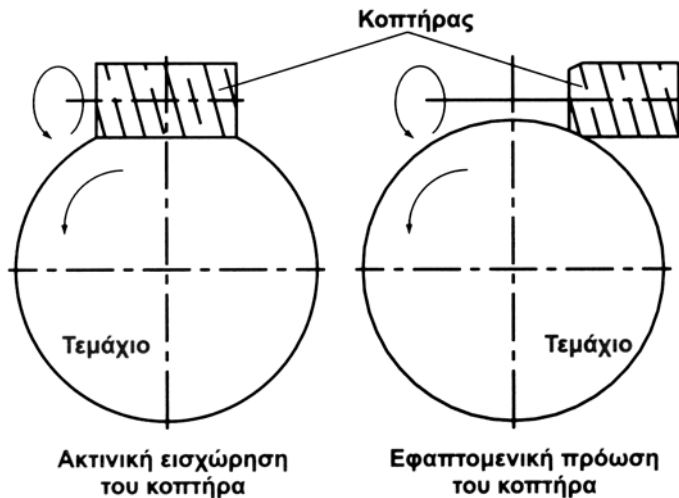
Η ακρίβεια κατεργασίας του οδοντοτροχού εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- ♦ 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.

#### 5.7.1.4 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 5.48):

1. Η ακτινική εισχώρηση του κοπτικού εργαλείου.
2. Με εφαπτομενική πρόωση του κοπτήρα ως προς το τεμάχιο.



Σχήμα 5.48: 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  $8^\circ$  ( $\psi \leq 8^\circ$ ), δηλαδή ο ατέρμονας έχει μικρό βήμα, εφαρμόζεται ακτινική εισχώρηση. Για  $\psi > 8^\circ$ , δηλαδή ο ατέρμονας έχει πολλές αρχές, εφαρμόζεται κίνηση με επαπτομενική πρόωση.

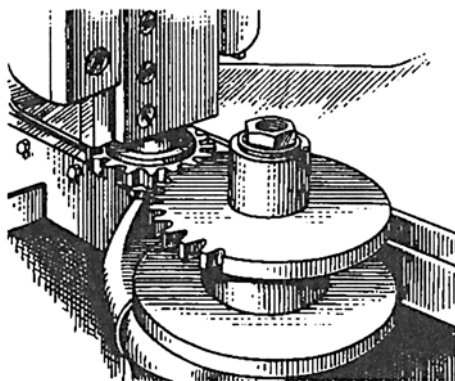
Κατά το φρεζάρισμα κορώνας η ονομαστική διάμετρος και η γωνία έλικα της φρέζας δε σχετίζονται με τον υπό μορφοποίηση οδοντοτροχό ενώ στη σχεδίαση κοπτήρων για κοπή κορωνών αυτό δεν ισχύει. Ο κοπτήρας πρέπει να είναι απαράλλακτος με το συνεργαζόμενο με την κορώνα ατέρμονα κοχλία.

Οι κοπτήρες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κορωνών έχουν ευθείες πλευρές σε αξονική διατομή του κοπτήρα. Επίσης, χρησιμοποιούνται κοπτήρες με καμπύλες πλευρές.

### 5.7.2 Πλάνισμα κύλισης με κοπτικό οδοντοτροχό

Με τη μέθοδο αυτή (σχήμα 5.49) 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.

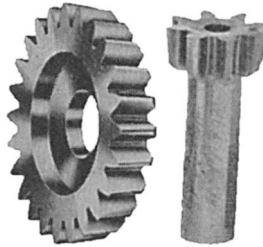


**Σχήμα 5.49:** Κοπή οδόντωσης με τη μέθοδο φέλλοους (Fellows).

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.

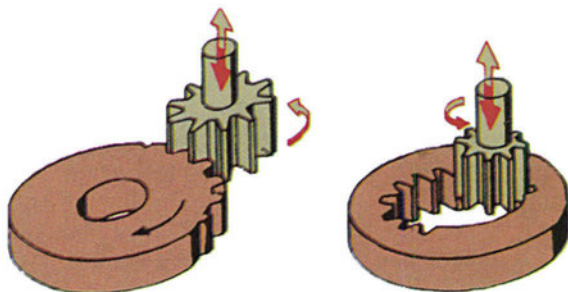
Ο κοπτήρας (σχήμα 5.50) κατασκευάζεται από ταχυχάλυβα κατάλληλης ποιότητας. Έχει το ίδιο μέτρο οδόντωσης (μοντούλ) με εκείνο της προς μορφοποίηση οδόντωσης.



**Σχήμα 5.50:** Κοπτικοί τροχοί.

Οι κινήσεις της κοπής με τη μέθοδο του πλανίσματος κύλισης με περιστρεφόμενο κοπτικό οδοντοτροχό (σχήμα 5.51) 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.

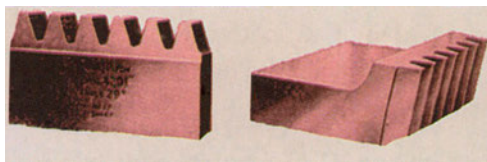


**Σχήμα 5.51:** Οι κινήσεις κατά την κοπή οδόντωσης με τη μέθοδο πλάνισματος κύλισης με κοπτικό εργαλείο.

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.

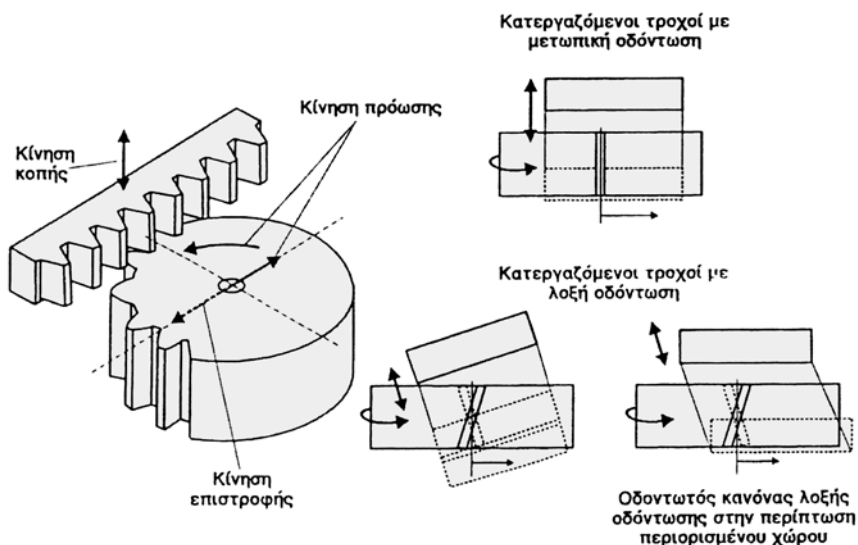
### 5.7.3 Πλάνισμα κύλισης με κοπτικό οδοντοκανόνα

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 5.52).



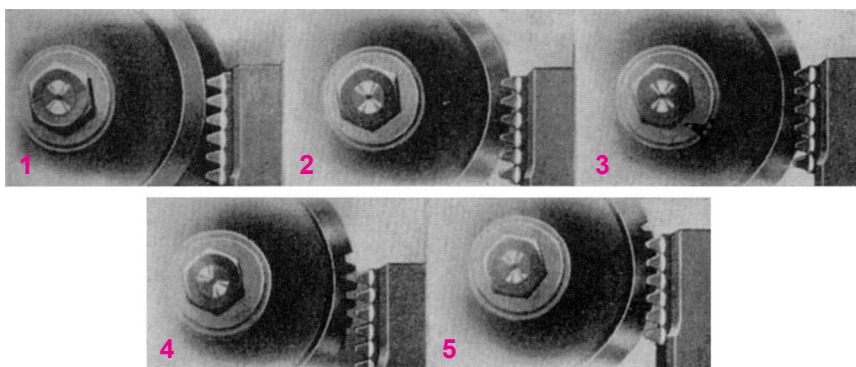
**Σχήμα 5.52:** Κοπτικά χτένια.

Στο σχήμα 5.53 παρουσιάζονται οι κινήσεις του οδοντοκανόνα και του τεμαχίου για τη μορφοποίηση της οδόντωσης.



**Σχήμα 5.53:** Πλάνισμα κύλισης με οδοντοκανόνα.

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 5.54](#).

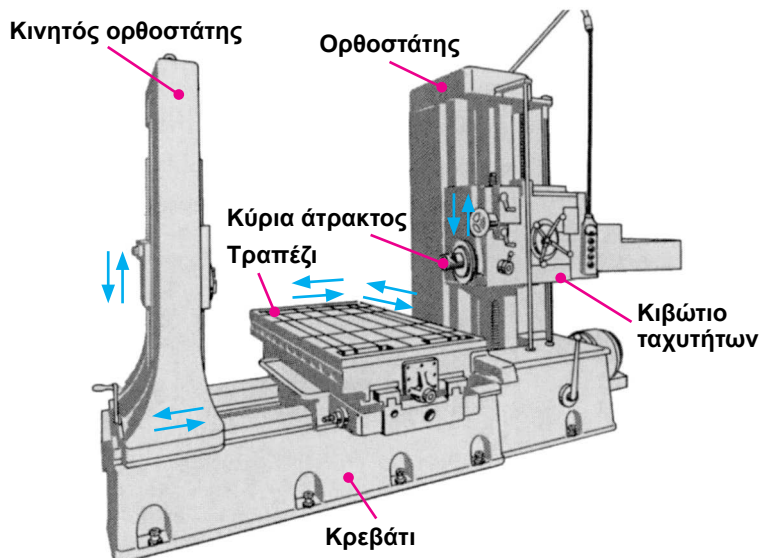


**Σχήμα 5.54:** Στάδια κοπής οδόντωσης με οδοντοκανόνα.

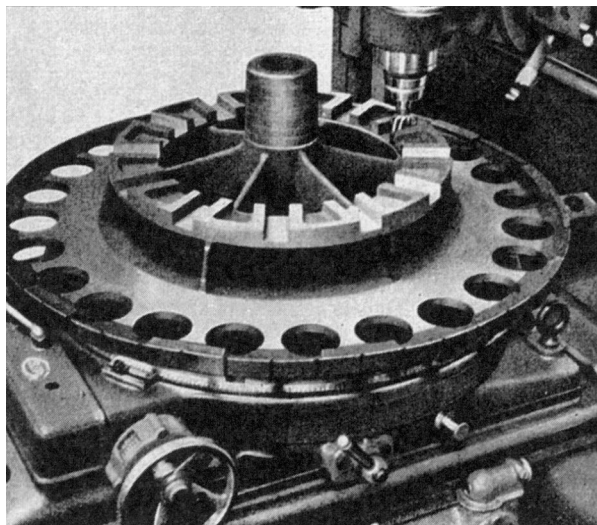
### 5.8 ΦΡΕΖΟΔΡΑΠΑΝΑ

Τα φρεζοδράπανα είναι εργαλειομηχανές, οι οποίες μπορούν να εκτελέσουν όλες τις κατεργασίες κοπής πλην της λείανσης. Οι κατεργασίες εκτελούνται συγχρόνως ή διαδοχικά με τη χρήση καταλλήλων κοπτικών εργαλείων. Μέσω των φρεζοδραπάνων μπορούν να επιτευχθούν κατεργασίες διάνοιξης εσωτερικών οπών, πλάνισης, διάτρησης, γλύφανσης, τórνευσης εξωτερικών επιφανειών μεγάλων διαμέτρων με ακίνητο το τεμάχιο, κοπής σπειρωμάτων και φρεζαρίσματος με κοπτήρες ή με τη βοήθεια ειδικών κεφαλών. Ένα φρεζοδράπανο για κατεργασία εσωτερικής τórνευσης, διάτρησης και φρεζαρίσματος φαίνεται στο σχήμα 5.55.

Το πλεονέκτημα των φρεζοδραπάνων είναι ότι το κομμάτι παραμένει συγκρατημένο σταθερά στην ίδια θέση καθ' όλη τη διάρκεια των διαφόρων φάσεων κατεργασίας. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται διάτρηση π.χ. οπών, που ανήκουν στην ίδια αξονική γραμμή. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται περιστρεφόμενο τραπέζι, το οποίο εγγυάται την ακριβή εκτέλεση των αντιστοίχων φάσεων. Στο σχήμα 5.56 εικονίζεται ένα τεμάχιο που υφίσταται διάφορες κατεργασίες σε φρεζοδράπανο.



Σχήμα 5.55: Φρεζοδράπανο.

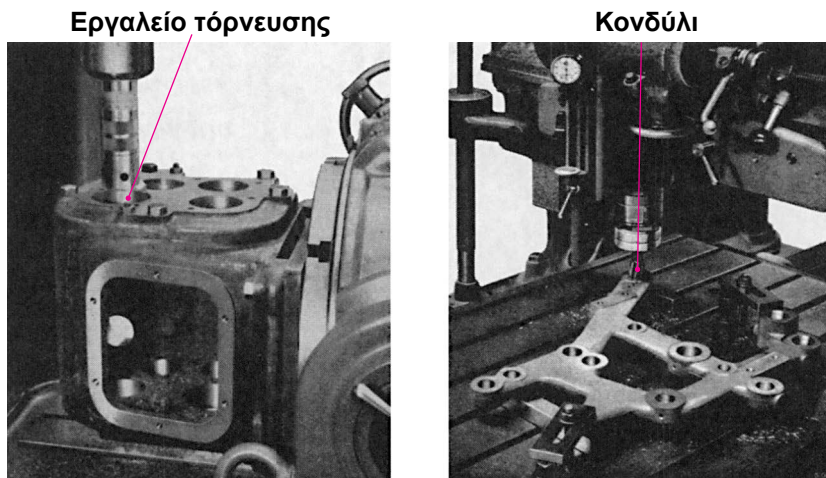


**Σχήμα 5.56:** Συγκράτηση τεμαχίου σε περιστρεφόμενο τραπέζι φρεζοδράπανου για κατεργασία οπών και φρεζάρισμα αυλακιών.

### 5.8.1 Είδη εκτελούμενων κατεργασιών στα φρεζοδράπανα

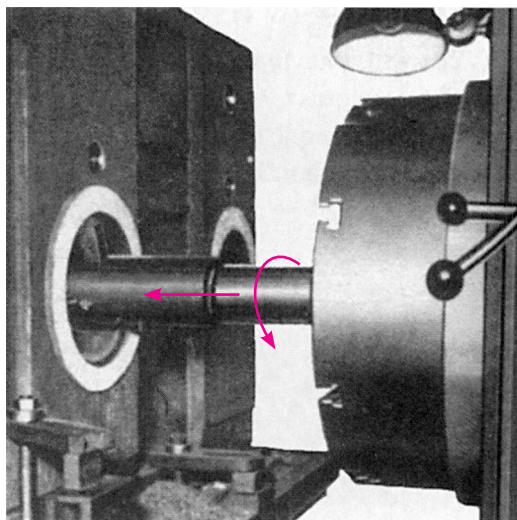
Τα διάφορα μέρη των φρεζοδραπάνων έχουν δυνατότητα διάφορων ειδών κινήσεων, ανάλογα με το είδος της κατεργασίας που εκτελείται. Οι τυπικές κατεργασίες που εκτελούνται στα φρεζοδράπανα είναι οι εξής:

- ♦ **Διάτρηση, γλύφανση, πλάνισμα και κοχλιοτόμηση.** Στις κατεργασίες αυτές το εργαλείο εκτελεί συγχρόνως περιστροφική κίνηση [στρ/μιν] και κίνηση πρόωσης [mm/στρ]. Το κατεργαζόμενο κομμάτι, συγκρατούμενο στο τραπέζι της εργαλειομηχανής, παραμένει ακίνητο (σχήμα 5.57).



Σχήμα 5.57: Φινίρισμα οπών: α) με εργαλείο τόννευσης, β) με κονδύλι.

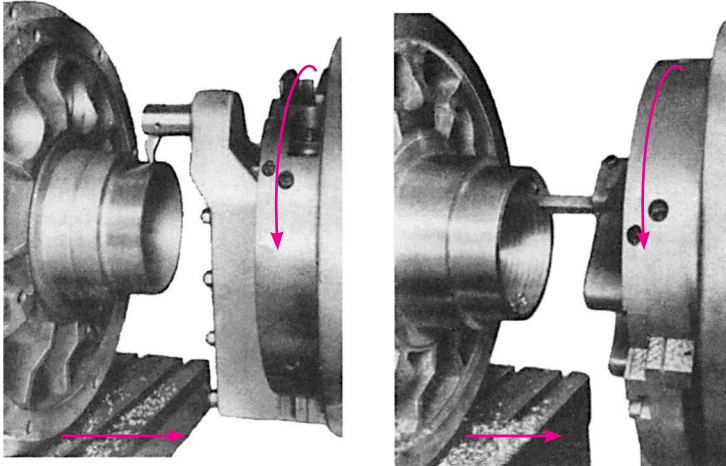
- ♦ **Διάνοιξη οπών με τόννευση.** Η κατεργασία αυτή πραγματοποιείται από την άτρακτο με κοπτικό εργαλείο συγκρατούμενο στον εργαλειοφόρο άξονα (σχήμα 5.58). Στην περίπτωση αυτή το εργαλείο εκτελεί περιστροφική κίνηση, η κίνηση πρόωσης επιτυγχάνεται από την άτρακτο.



Σχήμα 5.58: Διάνοιξη οπών.

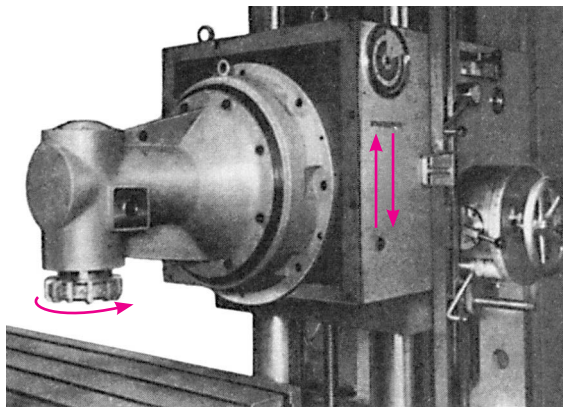
- ♦ **Κατεργασία σπειρωμάτων.** Η κατεργασία αυτή πραγματοποιείται από την άτρακτο με κοπτικό εργαλείο συγκρατούμενο, μέσω δίσκου,

στον εργαλειοδέτη του εργαλειοφορείου (σχήμα 5.59). Στην περίπτωση αυτή ο δίσκος εκτελεί περιστροφική κίνηση, ενώ η άτρακτος μένει ακίνητη και η κίνηση πρόωσης επιτυγχάνεται από το τραπέζι.



Σχήμα 5.59: Κατεργασία σπειρωμάτων.

- ♦ **Φρεζάρισμα.** Η κίνηση πρόωσης επιτυγχάνεται από την κατακόρυφη πρόωση της ατράκτου (σχήμα 5.60).

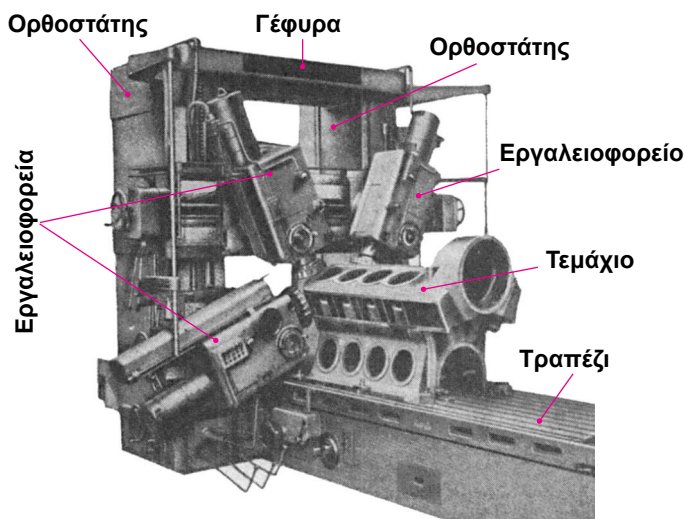


Σχήμα 5.60: Κεφαλή φρέζας για φρεζάρισμα στο φρεζοδράπανο.



### 5.9 ΦΡΕΖΟΠΛΑΝΕΣ

Οι φρεζοπλάνες είναι εργαλειομηχανές, που συνδυάζουν την πλάνη, γιατί έχει μακρύ κινητό τραπέζι, και τη φρέζα, γιατί εκτελούν κατεργασίες φρεζαρίσματος. Είναι εργαλειομηχανές μεγάλου όγκου και χρησιμοποιούνται για κατεργασία κομματιών μεγάλου μήκους (σχήμα 5.61).

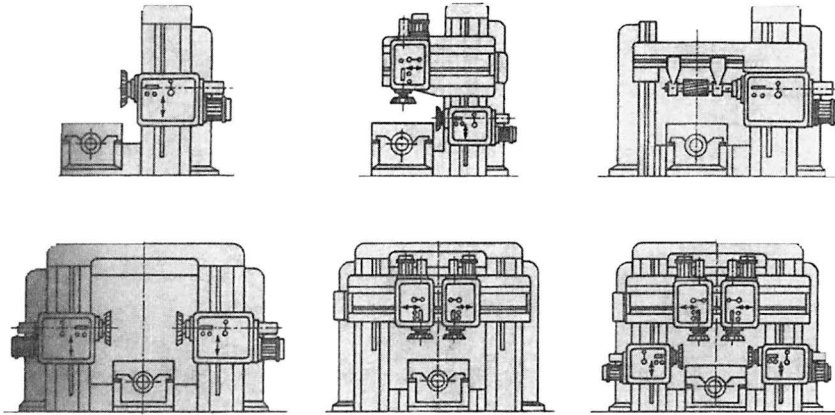


Σχήμα 5.61: Φρεζοπλάνη.

Τα βασικά μέρη μίας φρεζοπλάνης είναι τα εξής:

- ♦ **Το τραπέζι.** Κινείται οριζόντια πάνω στο σώμα.
- ♦ **Ορθοστάτες.** (Ένας ή δύο) Οι δύο ορθοστάτες συνδέονται μεταξύ τους με μία δοκό.
- ♦ **Μία γέφυρα.** Φέρει ένα ή δύο εργαλειοφορεία, κινείται κατακόρυφα κατά μήκος των ορθοστατών με τη βοήθεια γλισιερών.
- ♦ **Εργαλειοφορεία.** Οι φρεζοπλάνες μπορούν να έχουν από μία μέχρι και πέντε φρεζοκεφαλές και όλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Κάθε εργαλειοφορείο στις φρεζοπλάνες, το οποίο είναι ενσωματωμένο με το κιβώτιο ταχυτήτων, μπορεί να έχει μία μετατόπιση (κατακόρυφη ή οριζόντια) και μία κλίση.

Στο σχήμα 5.62 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι φρεζοπλανών και είναι σημειωμένες με βέλη οι κινήσεις που μπορεί να κάνει κάθε εργαλειοφορείο.



**Σχήμα 5.62:** Τύποι φρεζοπλανών.



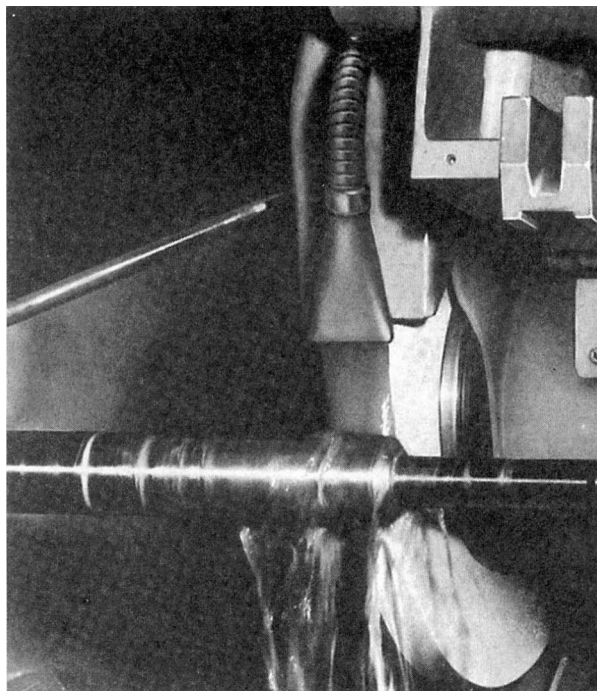
## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς χαρακτηρίζεται η κοπή στη φρέζα;
2. Αναφέρατε τις μεθόδους φρεζαρίσματος.
3. Ανάλογα με την κίνηση του κοπτικού εργαλείου, ποια είναι τα είδη φρεζαρίσματος;
4. Αναφέρατε τους βασικούς τύπους φρεζομηχανών.
5. Ποια είναι τα κύρια μέρη μίας οριζόντιας φρέζας;
6. Ονομάστε τα μέρη του συγκροτήματος τραπεζιού μίας φρεζομηχανής.
7. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά μίας φρέζας γιουινιβέρσαλ;
8. Αναφέρατε τους τρόπους συγκράτησης των κοπτικών εργαλείων.
9. Αναφέρατε τους τρόπους συγκράτησης των κομματιών για κατεργασία στη φρέζα.
10. Εξηγήστε συνοπτικά τη μετάδοση κίνησης στην κύρια άτρακτο της φρεζομηχανής.
11. Πώς μεταδίδεται η κίνηση στο συγκρότημα τραπεζιού στις φρεζομηχανές;
12. Ποια είναι τα υλικά κατασκευής κοπτικών εργαλείων φρεζών;

13. Αναφέρατε τις συνήθεις μορφές κοπτήρων;
14. Πόσες κοπτικές ακμές μπορεί να έχει ένας κοπτήρας;
15. Ποιες είναι οι γωνίες κοπής κατά το φρεζάρισμα; Ποια γωνία παίζει τον κύριο ρόλο στην κοπή;
16. Πώς χαρακτηρίζονται οι φρέζες ανάλογα με τη σκληρότητά τους;
17. Από τι εξαρτάται ο αριθμός στροφών του κοπτικού εργαλείου κατά το φρεζάρισμα;
18. Για φρεζάρισμα πλάκας από χάλυβα St42, με κοπτικό εργαλείο διαμέτρου  $D=16\text{mm}$ , να υπολογισθεί ο αριθμός στροφών του εργαλείου.
19. Από τι εξαρτάται η ταχύτητα πρόωσης; Δώστε ορισμό.
20. Για κατεργασία τεμαχίου από χάλυβα St50, σε μήκος  $L=300\text{mm}$ , με ταχύτητα πρόωσης  $s=120\text{mm/min}$ , να υπολογισθεί ο χρόνος κοπής. (Δίδονται  $l_a=30\text{mm}$ ,  $l_u=5\text{mm}$ ).
21. Ποια είναι η φορά της δύναμης κοπής κατά το ομόρροπο και το αντίρροπο φρεζάρισμα;
22. Εξηγήστε τις βασικές οδηγίες για φρεζάρισμα τεμαχίου.
23. Αναφέρατε τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να ληφθούν κατά τη διάρκεια της κοπής στη φρέζα.
24. Τι χρησιμεύει ο διαιρέτης σε μία φρεζομηχανή, τι κατεργασίες επιτυγχάνονται με τον διαιρέτη;
25. Αναφέρατε τα είδη διαιρετών.
26. Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης κίνησης, σε πόσα είδη χωρίζονται οι διαιρέτες και ποια είναι τα χαρακτηριστικά του καθενός;
27. Για φρεζάρισμα πλευρών εξαγωνικής κεφαλής χρησιμοποιείται ένας διαιρέτης απλός για άμεση διαίρεση με δίσκο 24 σπών. Ποια είναι η γωνία στροφής του δίσκου μετά από την κατεργασία κάθε πλευράς;
28. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ένας απλός έμμεσος διαιρέτης για την κατεργασία του εξαγώνου, τι δίσκος χρειάζεται; Να υπολογισθούν οι στροφές του χειρομοχλού.
29. Να καθορισθούν ο διαιρέτης και οι στροφές του στροφάλου για κατεργασία οδοντοτροχού με 97 δόντια.

30. Αναφέρατε τα χαρακτηριστικά της οδόντωσης.
31. Με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται η κοπή οδόντωσης σε φρεζομηχανή;
32. Ποιος είναι ο τυποποιημένος αριθμός φρεζών για κάθε μοντούλ για κοπή οδόντωσης σε φρεζομηχανή;
33. Ποια δισκοφρέζα χρησιμοποιείται για κοπή ελικοειδών δοντιών με γωνία κλίσης  $\alpha=36^\circ$ ;
34. Δώστε ορισμό για τον γραναζοκόπτη και τι πλεονεκτήματα έχει.
35. Αναφέρατε τις μεθόδους κοπής οδόντωσης σε γραναζοκόπτη.
36. Εξηγήστε την κινηματική του περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης.
37. Αναφέρατε τα μέρη ενός γραναζοκόπτη περιφερικού φρεζαρίσματος κύλισης οδόντωσης.
38. Ποιες είναι οι κλίσεις του κοπτήρα Χομπ κατά την εκτέλεση της κατεργασίας κοπής οδόντωσης;
39. Αναφέρατε τους παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια κατεργασίας οδοντοτοτροχού.
40. Ποιες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για φρεζάρισμα κορώνας, πότε εφαρμόζεται κάθε μέθοδος;
41. Ποιες οδοντώσεις μορφοποιούνται με τη μέθοδο πλανίσματος κύλισης με κοπτικό εργαλείο;
42. Εξηγήστε τις κινήσεις κατά την κοπή οδόντωσης με τη μέθοδο περιστρεφόμενου κοπτικού εργαλείου.
43. Εξηγήστε τις κινήσεις κατά την κοπή οδόντωσης με κοπτικό χτένι.
44. Ποιες κατεργασίες επιτυγχάνονται στα φρεζοδράπανα;
45. Δώστε ορισμό για τις φρεζοπλάνες. Ποια είναι τα κύρια μέρη τους;





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 6

### ΛΕΙΑΝΣΗ - ΛΕΙΑΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

- 6.1 Λειαντικός τροχός
- 6.2 Ψύξη κατά τη λείανση
- 6.3 Είδη λείανσης
- 6.4 Συνθήκες κοπής κατά τη λείανση
- 6.5 Τύποι λειαντικών μηχανών
- 6.6 Λείανση (τρόχισμα) των εργαλείων
- 6.7 Μέτρα ασφαλείας

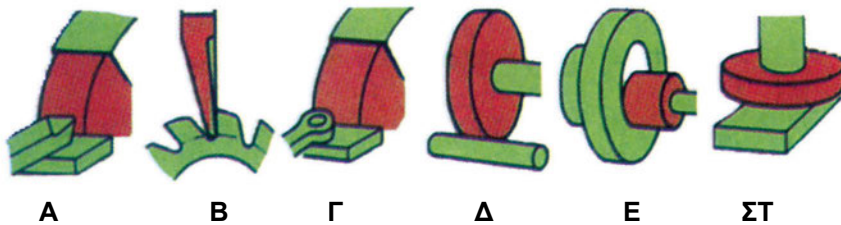




### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια τη λείανση, τα είδη λείανσης και τους διάφορους τύπους λειαντικών μηχανών.
- ✓ Να επιλέγει και να τοποθετεί τον κατάλληλο λειαντικό τροχό. Να εκτελεί σωστά την κατεργασία της λείανσης.

Η λείανση εφαρμόζεται για την εξάλειψη της τραχύτητας των επιφανειών, την επίτευξη μεγάλης ακρίβειας των διαστάσεων και τη δημιουργία επιφάνειας πολύ καλής ποιότητας, όπως π.χ. στα διάφορα εργαλεία κατεργασίας κοπής. Χαρακτηριστικά παραδείγματα λείανσης δίδονται στο σχήμα 6.1.

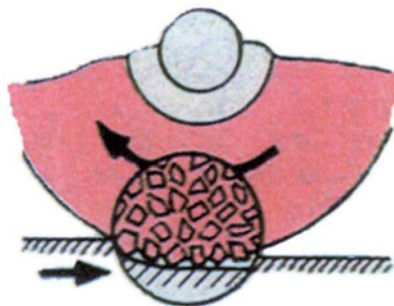


- Α: Ακόνισμα εργαλείου τόρνευσης  
 Β: Ακόνισμα εργαλείου φρέζας  
 Γ: Αποπεράτωση μοχλού  
 Δ: Λείανση άξονα  
 Ε: Εσωτερική λείανση τριβέα  
 ΣΤ: Μετωπική λείανση ράβδου

**Σχήμα 6.1:** Χαρακτηριστικές εφαρμογές της λείανσης.

Η λείανση είναι μία κατεργασία κοπής διαφορετική από τις προαναφερθείσες κατεργασίες, λόγω της ιδιαιτερότητας του κοπτικού εργαλείου σε σχέση με τα άλλα κοπτικά εργαλεία. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μία κατεργασία μορφοποίησης κόκκων του κομματιού, αφού το κοπτικό εργαλείο είναι ένας **περιστρεφόμενος λειαντικός τροχός**, οι κόκκοι του οποίου προεξέχουν και κόβουν τους κόκκους του τεμαχίου λειαινόντάς τους (σχήμα 6.2).





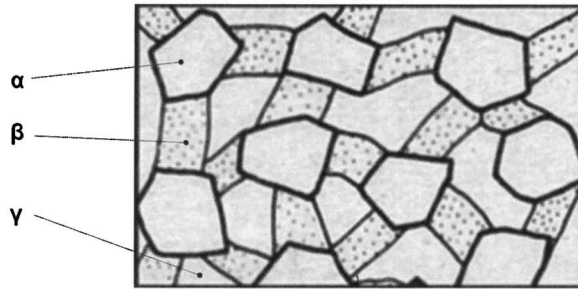
**Σχήμα 6.2:** Δράση του λειαντικού τροχού.

Πέρα από την ιδιαιτερότητα του κοπτικού εργαλείου της λείανσης, δηλ. τον λειαντικό τροχό, η μέθοδος της λείανσης παρουσιάζει, έναντι των άλλων κατεργασιών κοπής, τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- ♦ Τα άπειρα στοιχειώδη κοπτικά εργαλεία, δηλ. **οι κόκκοι του λειαντικού τροχού, δεν έχουν καθορισμένη γεωμετρία** και κατανέμονται τυχαία στην επιφάνεια επαφής του τεμαχίου με τον τροχό (ενεργός επιφάνεια).
- ♦ **Η ταχύτητα κοπής** του λειαντικού τροχού (20-35 m/sec, φθάνει και 80 m/sec) είναι πολλαπλάσια μεγαλύτερη της ταχύτητας κοπής των υπόλοιπων κατεργασιών κοπής (0,5-4 m/sec), ενώ **το βάθος κοπής** είναι ιδιαίτερα μικρό (0,005-0,08 mm) σε σχέση με τις άλλες κατεργασίες (0,05-12 mm).
- ♦ **Οι κύριες κινήσεις** στη λείανση είναι η περιστροφή του λειαντικού τροχού, η περιστροφή του τεμαχίου και η μετατόπιση του τροχού ή του τεμαχίου. Στις υπόλοιπες κατεργασίες κοπής οι κύριες κινήσεις είναι η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου ή του τεμαχίου και η μετατόπιση του τεμαχίου ή του κοπτικού εργαλείου αντίστοιχα.
- ♦ Η λείανση αποτελεί τη μοναδική σχεδόν κατεργασία κοπής για **πολύ σκληρά υλικά που έχουν υποστεί βαφή** (βαμμένα χαλυβοκράματα, σκληρομέταλλα, κ.λπ.).

## 6.1 ΛΕΙΑΝΤΙΚΟΣ ΤΡΟΧΟΣ

Ο λειαντικός τροχός αποτελείται από σκληρούς και αιχμηρούς λειαντικούς κόκκους, οι οποίοι συγκρατούνται με κάποιο συνδετικό υλικό (σχήμα 6.3). Οι πόροι διευκολύνουν την απομάκρυνση των γρεζιών.



**Σχήμα 6.3:** Δομή του λειαντικού τροχού (α) κόκκος, (β) συνδετικό υλικό, (γ) πόρος.

Στην αρχή ο κόκκος (στοιχειώδες κοπτικό εργαλείο) είναι αιχμηρός και αφαιρεί απόβλιπτο μεταβαλλόμενου πάχους (όπως συμβαίνει και στο περιφερικό φρεζάρισμα). Κατά τη διάρκεια της λείανσης, ο κόκκος αρχίζει να φθείρεται, με αποτέλεσμα να δέχεται μεγαλύτερες δυνάμεις, οι οποίες προκαλούν τη θραύση του (και την ενεργοποίηση νέων κόψεων του κόκκου) ή την απόσπασή του από το συνδετικό υλικό και την απομάκρυνσή του από την ενεργό επιφάνεια της κατεργασίας (με την εμφάνιση νέων γειτονικών κόκκων κοπής). Η διαδικασία αυτή είναι ένα είδος **"αυτοανανέωσης"** του λειαντικού τροχού και η δυνατότητα του λειαντικού τροχού για αυτοανανέωση χαρακτηρίζει και την απόδοσή του ως κοπτικό εργαλείο.

### 6.1.1 Κόκκοι, συνδετικό υλικό και δομή του λειαντικού τροχού

Οι κόκκοι είναι συνήθως από φυσικό ή τεχνητό κορούνδιο (οξείδιο του αλουμινίου) και συμβολίζονται με A, ενώ χρησιμοποιούνται και κόκκοι από καρβίδιο του πυριτίου (ανθρακοπυρίτιο) και συμβολίζονται με C ή SC. Το μέγεθος των κόκκων δίδεται στον πίνακα 6.1.

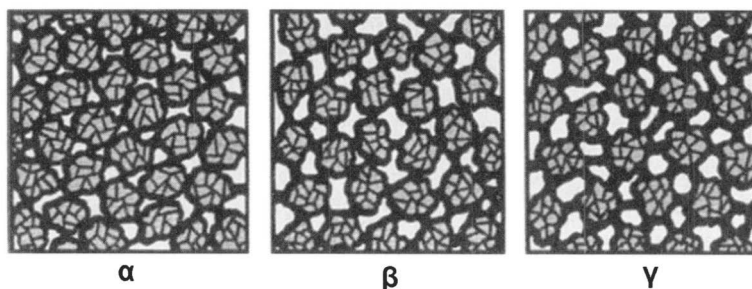
Για την επιλογή του μεγέθους των κόκκων πρέπει να γνωρίζουμε ότι χρησιμοποιούνται:

***Χονδροί κόκκοι για μεγάλη λειαντική ικανότητα και εκχόνδριση***

***Λεπτοί κόκκοι για μικρή λειαντική ικανότητα και αποπεράτωση***

Το συνδετικό υλικό συγκρατεί τους κόκκους του τροχού μεταξύ τους μέχρι το σημείο εκείνο, που λόγω φθοράς τους πρέπει να αποσπασθούν και να γίνει η ανανέωση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Τα συνηθέστερα συνδετικά υλικά που χρησιμοποιούνται στους λειαντικούς τροχούς είναι κεραμικά υλικά (συμβολίζονται με V), και συνθετικές ρητίνες (συμβολίζονται με B), ενώ υπάρχουν και συνδετικά υλικά από ελαστικό, πυρίτιο και μέταλλα.

Η κατανομή των κόκκων, του συνδετικού υλικού και των πόρων καθορίζει και τη δομή του λειαντικού τροχού. Μία "ανοικτή" δομή είναι πιο πορώδης από ό,τι μία "πυκνή" δομή (σχήμα 6.4). Γενικά, η επιλογή της δομής ενός λειαντικού τροχού πρέπει να εξασφαλίζει την απομάκρυνση των αποβλήτων από τον τροχό. Το είδος της δομής απεικονίζεται με νούμερα (πίνακας 6.1).



**Σχήμα 6.4:** (α) πυκνή δομή (β) μέτρια δομή (γ) ανοικτή δομή.

**Πίνακας 6.1:** Κόκκοι, σκληρότητα και δομή των λειαντικών τροχών.

| Κόκκοι       |     |     |     |     | Σκληρότητα   |              |   |   |       | Δομή   |              |        |
|--------------|-----|-----|-----|-----|--------------|--------------|---|---|-------|--------|--------------|--------|
| Πολύ χονδροί | 8   | 10  | 12  |     | Πολύ μαλακός | E            | F | G | Πυκνή | 0 με 1 |              |        |
| Χονδροί      | 14  | 16  | 20  | 24  | Μαλακός      | H            | I | J | K     | Πυκνή  | 2 με 3       |        |
| Μέτριοι      | 30  | 36  | 46  | 50  | 60           | Μέτριος      | L | M | N     | O      | Μέτρια       | 4 με 5 |
| Λεπτοί       | 70  | 80  | 90  | 100 | 120          | Σκληρός      | P | Q | R     | S      | Ανοικτή      | 6 με 7 |
| Πολύ λεπτοί  | 150 | 180 | 200 | 220 | 240          | Πολύ σκληρός | T | U | V     | W      | Πολύ ανοικτή | 8 με 9 |
| Υπέρ-λεπτοί  | 280 | 320 | 400 | 500 | 600          | Υπέρ-σκληρός | X | Y | Z     |        |              |        |

### 6.1.2 Σκληρότητα του λειαντικού τροχού

Η προδιαγραφή του τροχού ως σκληρού ή μαλακού δεν αναφέρεται στη σκληρότητα των κόκκων αλλά στο είδος του συνδετικού υλικού. Οι σκληροί τροχοί εμφανίζουν ισχυρότερο συνδετικό υλικό (μεγαλύτερη αντίσταση απόσπασης των κόκκων) από ό,τι οι μαλακοί. Ο βαθμός σκληρότητας καταδεικνύεται με κατάλληλα γράμματα (πίνακας 6.1).

Οι κόκκοι των τροχών φθείρονται γρηγορότερα κατά την κοπή σκληρών υλικών, γι' αυτό απαιτούνται μαλακοί τροχοί που έχουν μεγαλύτερη ευκολία απόσπασης των κόκκων. Άρα, χρησιμοποιούνται:

***Μαλακοί τροχοί για σκληρά υλικά***

***Σκληροί τροχοί για μαλακά υλικά***

**Μεγάλες επιφάνειες επαφής** προκαλούν μεγάλη φθορά των κόκκων και, κατά συνέπεια, **απαιτούν μαλακούς τροχούς**, ενώ αντίστοιχα για τις **μικρές επιφάνειες χρησιμοποιούνται σκληροί τροχοί**.

Τέλος, για τα μαλακά υλικά πρέπει η δομή του λειαντικού τροχού να είναι πυκνή για να μην εισχωρούν εύκολα τα γρέζια στους πόρους. Κατά συνέπεια,

***Ανοικτή δομή για σκληρά υλικά***

***Πυκνή δομή για μαλακά υλικά***

Να σημειωθεί ότι, όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα των λειαντικών τροχών, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ της εγγενούς σκληρότητας και της σκληρότητας λειτουργίας. Η εγγενής σκληρότητα είναι η σκληρότητα του τροχού σε κατάσταση ηρεμίας. Η σκληρότητα λειτουργίας εξαρτάται από την περιφερειακή ταχύτητα. Ένας τροχός συμπεριφέρεται ως μαλακότερος όταν μειωθεί η περιφερειακή ταχύτητα.

Στον πίνακα 6.2 δίδονται οι συνιστώμενες διαστάσεις της εξωτερικής διαμέτρου και το είδος του λειαντικού τροχού για διάφορα υλικά κατεργασίας και διάφορα είδη λείανσης.

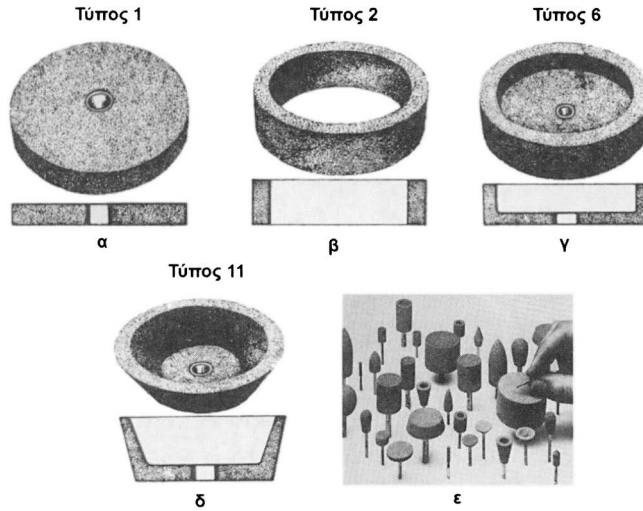
**Πίνακας 6.2: Επιλογή λειαντικού τροχού.**

| Υλικό τεμαχίου                                  | Διάμετρος του λειαντικού τροχού [mm] |                           |               |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Εξωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών</b> | πάνω από 350                         | 350 - 450                 | 450 - 600     |
| Σκληρός χάλυβας                                 | A 60 L                               | A 50 L                    | A 46 L        |
| Μαλακός χάλυβας                                 | A 60 M                               | A 50 M                    | A 46 M        |
| Χυτοσίδηρος                                     | SC, A 60 I                           | SC, A 50 J                | SC, A 46 J    |
| <b>Εσωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών</b> | πάνω από 16                          | 16 - 36                   | 36 - 80       |
| Σκληρός χάλυβας                                 | A 80 L                               | A 60 K                    | A 46 J        |
| Μαλακός χάλυβας                                 | A 80 M                               | A 60 L                    | A 46 J        |
| Χυτοσίδηρος                                     | SC 80 K                              | SC 60 J                   | SC 46 I       |
| <b>Λείανση επίπεδων επιφανειών</b>              | Επίπεδος δισκοειδής πάνω από 200     | Κυπελλοειδής πάνω από 200 | Διακεκομμένος |
| Σκληρός χάλυβας                                 | A 46 J                               | A 36 J                    | A 30 J        |
| Μαλακός χάλυβας                                 | A 46 K                               | A 46 K                    | A 24 K        |
| Χυτοσίδηρος                                     | A, SC 46 I                           | A, SC 46 I                | A, SC 30 J    |

### 6.1.3 Μορφή και κωδική ονομασία του λειαντικού τροχού

Οι κυριότερες μορφές λειαντικών τροχών φαίνονται στο σχήμα 6.5.

Η μορφή, η γεωμετρία, καθώς και το υλικό και η δομή ενός τροχού, αναγράφονται πάνω στο λειαντικό τροχό με συγκεκριμένους συμβολισμούς. Στο σχήμα 6.6 απεικονίζεται η κωδικοποίηση των χαρακτηριστικών ενός λειαντικού τροχού.



- α: Επίπεδος δισκοειδής για λείανση με τη στενή επιφάνεια (περιφέρεια), ο οποίος αποτελεί και το πιο συνηθισμένο εργαλείο λείανσης  
 β: Κυλινδρικός για λείανση με το πρόσωπο  
 γ: Επίπεδος κυπελλοειδής για λείανση με το πρόσωπο (μέτωπο)  
 δ: Κυπελλοειδής με προφίλ για λείανση με το πρόσωπο  
 ε: Κονδυλοτροχοί που χρησιμοποιούνται συνήθως για τελική αποπεράτωση με το χέρι

**Σχήμα 6.5:** Συνηθέστερες μορφές λειαντικών τροχών.

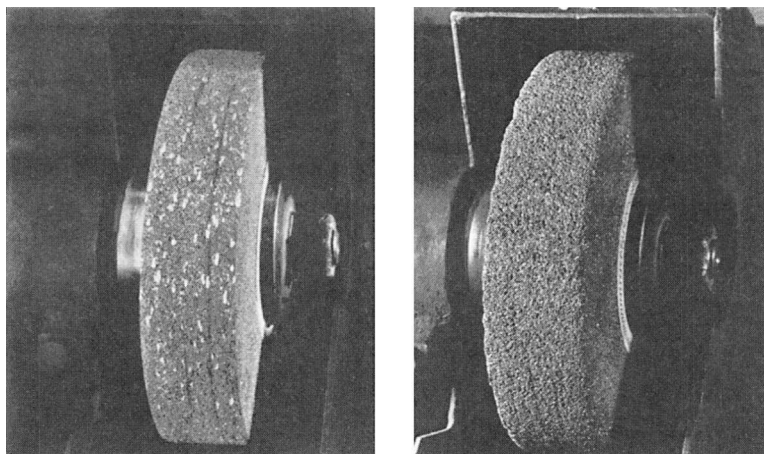


**Σχήμα 6.6:** Κωδική ονομασία λειαντικών τροχών.

Ο παραπάνω λειαντικός τροχός έχει τα εξής χαρακτηριστικά: Είναι επίπεδος δισκοειδής λειαντικός τροχός (τύπος 1) με εξωτερική διάμετρο 400 mm, πάχος 100 mm και διάμετρο οπής 127 mm. Είναι από κορούνδιο, με μέγεθος κόκκων 60, μέτριας σκληρότητας (L), ανοικτής δομής (7), με κεραμικό συνδετικό υλικό (V) και μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα 30m/sec.

#### 6.1.4 Ανανέωση ("άνοιγμα") και αποκατάσταση της γεωμετρίας του λειαντικού τροχού

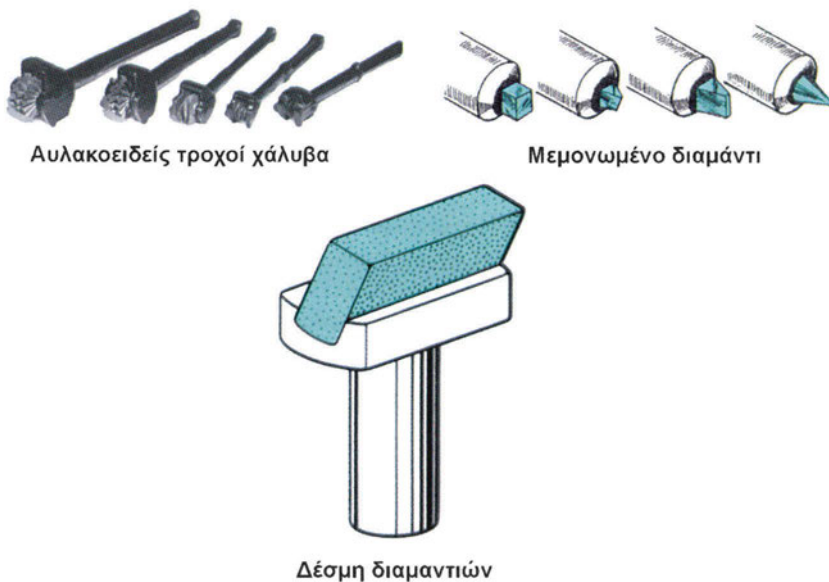
Κατά τη διαδικασία της λείανσης, ακόμη και οι σωστά επιλεγμένοι λειαντικοί τροχοί, μετά από ένα χρονικό διάστημα, παρουσιάζουν προβλήματα φθοράς. Οι φθαρμένοι (αδρανείς) κόκκοι του λειαντικού τροχού που δε θραύονται ή δεν αποσπώνται διεισδύουν στο συνδετικό υλικό μαζί με τα γρέζια και μειώνουν την κοπτική ικανότητα του τροχού, προκαλώντας ταυτόχρονα υπερβολική αύξηση της τριβής και αύξηση της θερμότητας. Ο λειαντικός τροχός είναι **"στομωμένος"** και παρουσιάζει σπλιβώδη (γυαλιστερή) όψη (σχήμα 6.7). Στην περίπτωση αυτή ο τροχός πρέπει να ανανεωθεί ("ανοιχθεί") με την απομάκρυνση υλικού του (φθαρμένοι κόκκοι και συνδετικό υλικό), και να αποκατασταθεί η γεωμετρία του με επαναφορά του αρχικού του σχήματος και τη δημιουργία ομοκεντρικότητας ή παραλληλότητας.



**Σχήμα 6.7:** Ο λειαντικός τροχός αριστερά είναι "στομωμένος" με πολύ μικρά κομμάτια μετάλλου, πιθανότατα λόγω της ανοικτής δομής του ή των ιδιαίτερα λεπτών λειαντικών κόκκων του. Δεξιά, ο ίδιος τροχός έχει ανανεωθεί ("ανοιχθεί") για την ομαλή λειτουργία του.

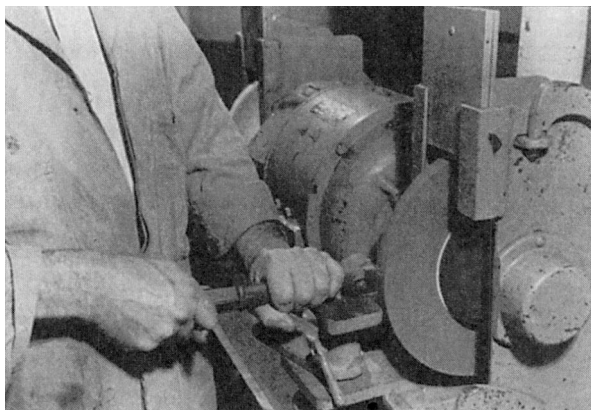
Η ανανέωση ("άνοιγμα") του λειαντικού τροχού γίνεται με διάφορα εργαλεία (σχήμα 6.8), ενώ η αποκατάσταση της γεωμετρίας του γίνεται μόνο με

εργαλεία από διαμάντι. Τα εργαλεία ανανέωσης από χάλυβα είναι κατάλληλα για χονδρούς λειαντικούς τροχούς, που χρησιμοποιούνται για εκχόνδριση, και η ανανέωση γίνεται συνήθως με το χέρι (σχήμα 6.9), ενώ τα εργαλεία από διαμάντια είναι κατάλληλα για μεγάλης ακρίβειας ανανέωση και αποκατάσταση της γεωμετρίας λειαντικών τροχών, που χρησιμοποιούνται κυρίως για αποπεράτωση, και η ανανέωση γίνεται συνήθως με αντίστοιχες μηχανές (σχήμα 6.10). Στις συγκεκριμένες μηχανές με την εγκάρσια μετατόπιση του διαμαντιού γίνεται ταυτόχρονα και η αποκατάσταση της γεωμετρίας του, ενώ απαιτείται και παροχή ψυκτικού υγρού για την αποφυγή υπερθέρμανσης και καταστροφής του διαμαντιού. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στη σωστή κλίση του εργαλείου ανανέωσης με διαμάντι ως προς τον άξονα του λειαντικού τροχού (σχήμα 6.11). Τέλος, η λειτουργία του τροχού σε όλες τις φάσεις προετοιμασίας, ελέγχου και λείανσης, γίνεται πάντα με την τοποθέτηση του προστατευτικού καλύμματός του για λόγους ασφαλείας.

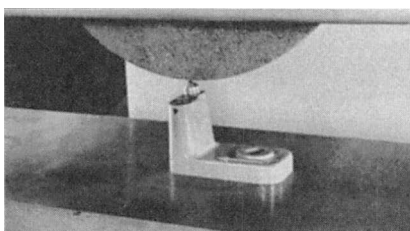


**Σχήμα 6.8:** Διάφορα εργαλεία ανανέωσης ("ανοίγματος") του λειαντικού τροχού.

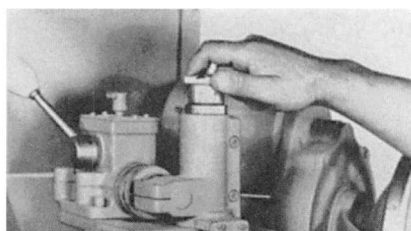




**Σχήμα 6.9:** Ανανέωση τροχού με αυλακοειδή χαλύβδινο τροχό.

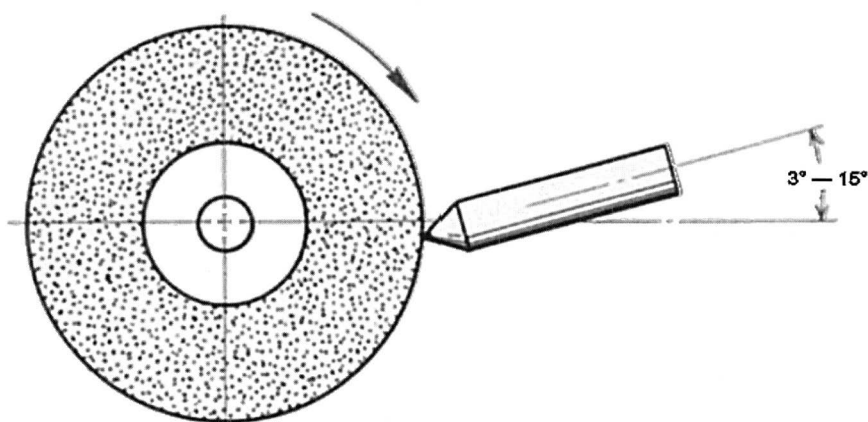


A



B

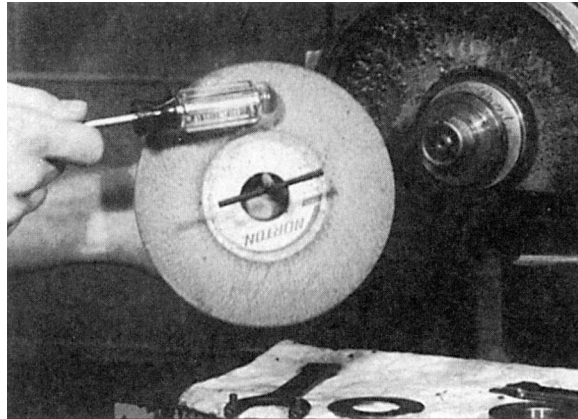
**Σχήμα 6.10:** Ανανέωση τροχού με εργαλεία από διαμάντι (Α) το εργαλείο εδράζεται σε μία απλή μηχανή συγκράτησης, (Β) υπερκείμενη μηχανή ανανέωσης, όπου το βαθμονομημένο μικρόμετρο ελέγχει την καθοδική πρόωση του διαμαντιού και ο μοχλός μετακινεί εγκάρσια (μπροστά-πίσω) το διαμάντι.



**Σχήμα 6.11:** Γωνία κλίσης εργαλείου ανανέωσης από διαμάντι.

### 6.1.5 Πρόσδεση του λειαντικού τροχού

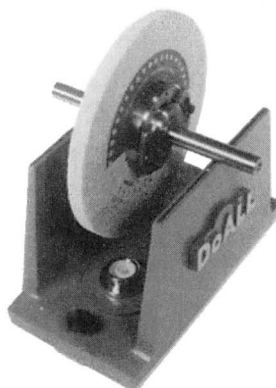
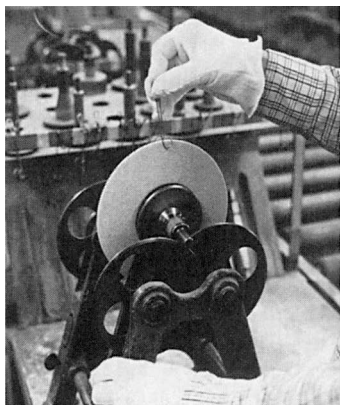
Πριν την πρόσδεση του λειαντικού τροχού στην άτρακτο, γίνεται ηχητικός έλεγχος ρωγμών ή θραύσεων (σχήμα 6.12). Ο ήχος πρέπει να είναι οξύς (καθαρός) και μακράς διάρκειας. Σε αντίθετη περίπτωση, ένας κούφιος ήχος σημαίνει ότι ο τροχός έχει "σπάσει" και είναι ακατάλληλος.



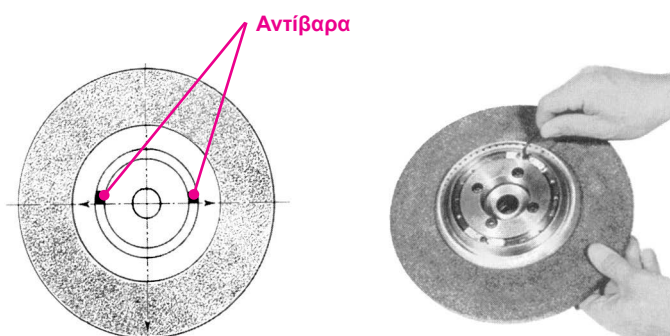
**Σχήμα 6.12:** Ηχητικός έλεγχος του τροχού για ρωγμές ή θραύσεις.

Στη συνέχεια, ο τροχός ζυγοσταθμίζεται για την ομαλή λειτουργία του. Η ζυγοστάθμιση γίνεται για τον ίδιο ακριβώς λόγο που γίνεται και η ζυγοστάθμιση στους τροχούς των αυτοκινήτων, δηλ. για την αποφυγή κραδασμών και ταλαντώσεων κατά τη λειτουργία του. Η ζυγοστάθμιση πρέπει να γίνεται κάθε φορά που επανατοποθετείται ο τροχός στη λειαντική μηχανή.

Οι συσκευές στατικής ζυγοστάθμισης που χρησιμοποιούνται συνήθως φαίνονται στο σχήμα 6.13, ενώ για μεγάλου πάχους τροχούς γίνεται δυναμική ζυγοστάθμιση σε ειδικές μηχανές. Με την τοποθέτηση δύο ή περισσότερων αντίβαρων στην κατάλληλη θέση επιτυγχάνουμε την πλήρη εξισορρόπηση του τροχού (σχήμα 6.14).

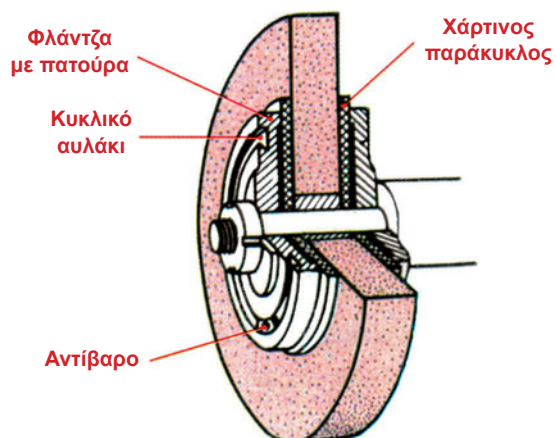


**Σχήμα 6.13:** Συσκευές στατικής ζυγοστάθμισης λειαντικών τροχών.



**Σχήμα 6.14:** Τοποθέτηση δύο αντίβαραν.

Μετά τη ζυγοστάθμιση προσδένεται ο λειαντικός τροχός στην άτρακτό του (σχήμα 6.15).

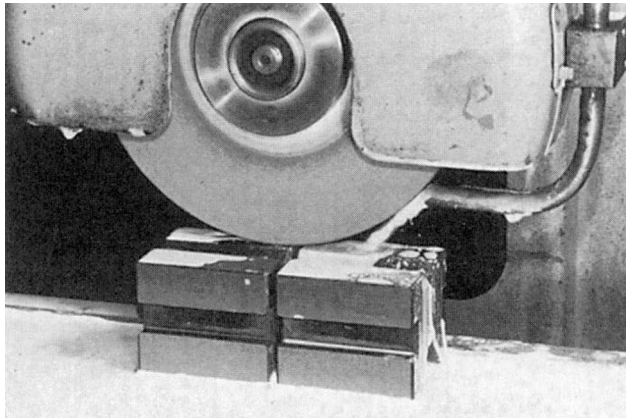


**Σχήμα 6.15:** Πρόσδεση λειαντικού τροχού στην άτρακτο του.

## 6.2 ΨΥΞΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΑΝΣΗ

Η εμφάνιση σπινθήρων κατά τη λείανση υποδηλώνει την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών λόγω τριβής μεταξύ του τεμαχίου και του λειαντικού τροχού. Η θερμότητα μεταδίδεται τόσο προς τον τροχό, όσο και προς το τεμάχιο, και εξαιτίας υπερθέρμανσης ο τροχός μπορεί να σπάσει και το τεμάχιο μπορεί να στρεβλώσει, ενώ σκληρυμένα τεμάχια ενδέχεται να εμφανίσουν απώλεια σκληρότητας. Η εμφάνιση χρωμάτων ανόπτησης στο τεμάχιο αποτελεί σαφή ένδειξη υπερθέρμανσης.

Για την απαγωγή της θερμότητας είναι απαραίτητη η ψύξη με τη χρησιμοποίηση κατάλληλου ψυκτικού υγρού. Το ψυκτικό υγρό, που εκτός από την ψύξη του τεμαχίου ταυτόχρονα απομακρύνει και τα γρέζια του τεμαχίου και του τροχού διευκολύνοντας τη λείανση, πρέπει **να πλημμυρίζει την περιοχή λείανσης με μία δυνατή δέσμη (σχήμα 6.16)**. Ως ψυκτικό υγρό χρησιμοποιείται συνήθως νερό με προσθήκη 5% σόδας ή λειαντικού γαλακτώματος.



**Σχήμα 6.16:** Μία από τις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις ροής ψυκτικού υγρού.

Ύστερα από την ολοκλήρωση της λείανσης, ο λειαντικός τροχός συνεχίζει να περιστρέφεται για λίγο χρόνο με την παροχή του ψυκτικού υγρού κλειστή, προκειμένου να απομακρυνθεί το απορροφημένο από αυτόν ψυκτικό υγρό.

Κατά κανόνα **ο χάλυβας υφίσταται υγρή λείανση**, ενώ **ο χυτοσίδηρος ξηρή**. Η ξηρή λείανση πρέπει να εφαρμόζεται, όταν ο λειαντικός τροχός προδιαγράφεται ως “μόνο για ξηρή λείανση”. Προς αποφυγή ρωγμών, λόγω τάσεων, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να ξεκινάμε με ξηρή λείανση και μετά να ξεκινά ξαφνικά η παροχή του ψυκτικού υγρού.

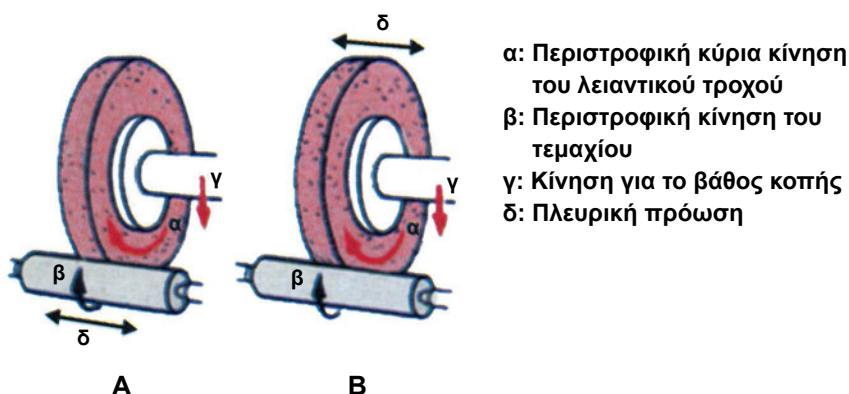
## 6.3 ΕΙΔΗ ΛΕΙΑΝΣΗΣ

Τα είδη λείανσης διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με το είδος της επιφάνειας κατεργασίας και την κίνηση του λειαντικού τροχού και του τεμαχίου:

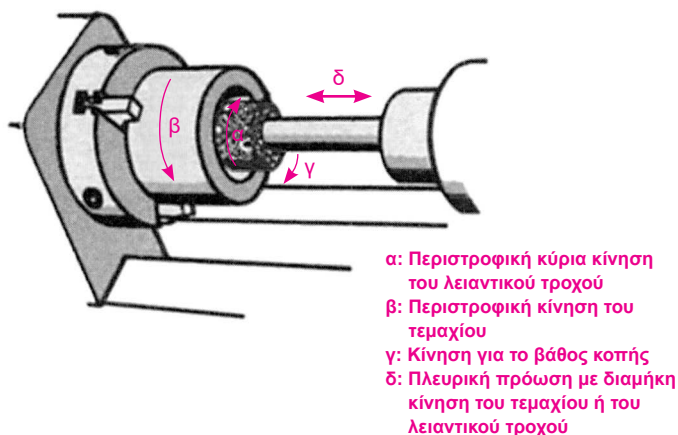
## ♦ Λείανση κυλινδρικών επιφανειών

– Εξωτερική (σχήμα 6.17)

– Εσωτερική (σχήμα 6.18)



**Σχήμα 6.17:** Εξωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών. Πλευρική πρόωση από το τεμάχιο (Α), πλευρική πρόωση από το λειαντικό τροχό (Β).



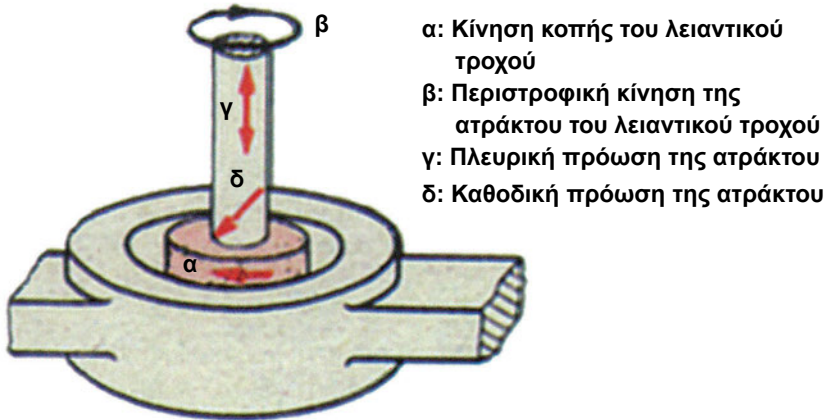
**Σχήμα 6.18:** Εσωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών.

Ανάλογα με το μορφή και το μέγεθος του τεμαχίου υπάρχουν δύο μέθοδοι εσωτερικής λείανσης

1. Εσωτερική λείανση τεμαχίων που μπορούν να περιστραφούν, όπως

τριβείς και δακτύλιοι (σχήμα 6.18).

- Εσωτερική λείανση τεμαχίων (λείανση με πλανητική άτρακτο) που δεν μπορούν να περιστραφούν, όπως κύλινδροι αυτοκινήτων (σχήμα 6.19).



Σχήμα 6.19: Κινηματική της λείανσης με πλανητική άτρακτο.

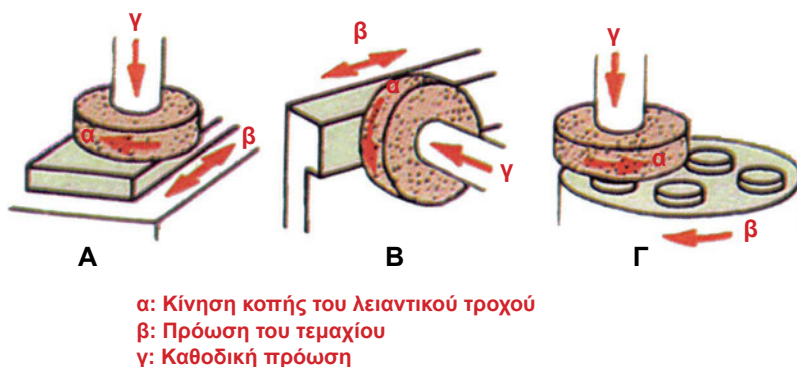
#### ♦ Λείανση επιπέδων επιφανειών

- Περιφερειακή (σχήμα 6.20)
- Μετωπική (σχήμα 6.21)



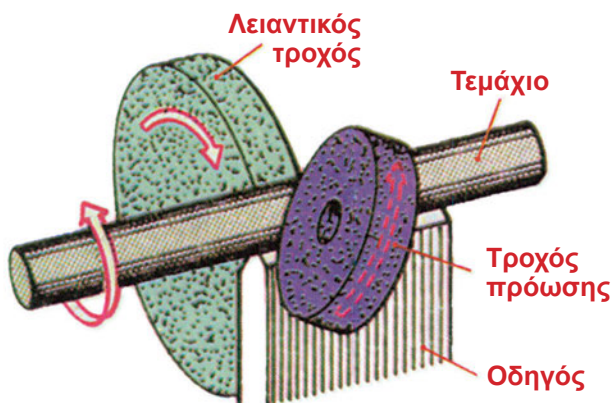
Σχήμα 6.20: Περιφερειακή λείανση με διαμήκη τράπεζα και με κυκλική τράπεζα.

Η επιφάνεια επαφής μεταξύ τεμαχίου και λειαντικού τροχού είναι πολύ μικρή και γι' αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο μία μικρή κοπτική ικανότητα. Από την άλλη πλευρά βέβαια η κοπή θα γίνει πολύ λεπτή (αποπεράτωση). Η περιφερειακή λείανση είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για τελική λείανση μακρών και στενών επιφανειών.



**Σχήμα 6.21:** Μετωπική λείανση (Α) με κάθετη άτρακτο και διαμήκη τράπεζα, (Β) με οριζόντια άτρακτο και διαμήκη τράπεζα και (Γ) με κάθετη άτρακτο και κυκλική τράπεζα.

Πέρα από τα παραπάνω είδη λείανσης, υπάρχουν και κάποια άλλα είδη λείανσης που δε συναντώνται συχνά, όπως η άκεντρη λείανση, η λείανση αντιγραφής και η λείανση μορφής. Η άκεντρη λείανση (σχήμα 6.22) εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών χρησιμοποιείται κυρίως για μαζική παραγωγή, για εξοικονόμηση του χρόνου πρόσδεσης του τεμαχίου μεταξύ των κέντρων.



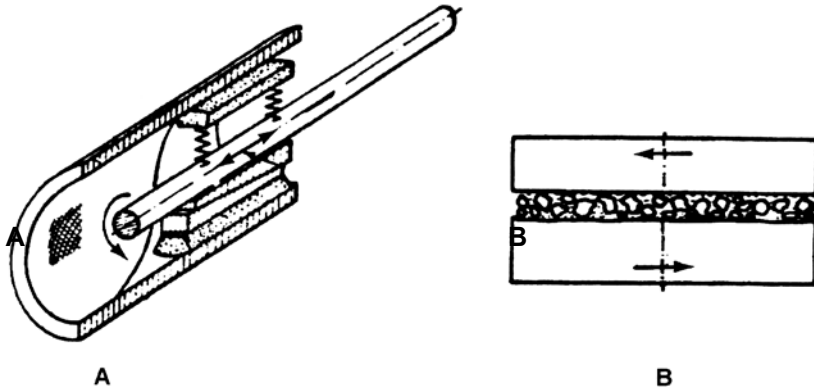
**Σχήμα 6.22:** Άκεντρη λείανση.

Επιπρόσθετα, όλα τα κοπτικά εργαλεία (φρέζες, τρυπάνια, πλάνες, γρاناζοκόπτες, κ.λπ.) υφίστανται λείανση, γνωστή και ως **τρόχισμα των εργαλείων**, που γίνεται συνήθως σε ειδική μηχανή και αναλύεται σε επόμενο υποκεφάλαιο.

Τέλος, υπάρχουν και δύο ειδικές κατεργασίες υπερ-λείανσης, το χόνιγκ (σχήμα 6.23) για εσωτερικές κυλινδρικές επιφάνειες, που το εργαλείο αποτε-



λείται από λειαντικές ράβδους, και το λάπινγκ, που οι λειαντικοί κόκκοι είναι ελεύθεροι σε κατάλληλο υγρό ή λίπος. Οι κατεργασίες αυτές αποδίδουν πολύ καλύτερη ποιότητα επιφάνειας και μεγάλη διαστατική ακρίβεια σε σχέση με τα προαναφερθέντα είδη λείανσης.



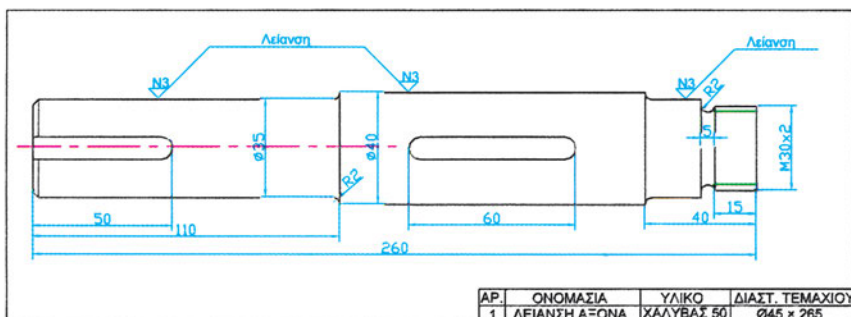
Σχήμα 6.23: Κατεργασία Χόνιγκ (Α), Κατεργασία Λάπινγκ (Β).



### ΑΣΚΗΣΗ 6.1

#### Λείανση άξονα

Ο άξονας που απεικονίζεται στο παρακάτω σχέδιο, μετά την τόνρνευση του, οδηγείται στη λειαντική μηχανή για να επιτευχθούν οι συγκεκριμένες διαστάσεις του.

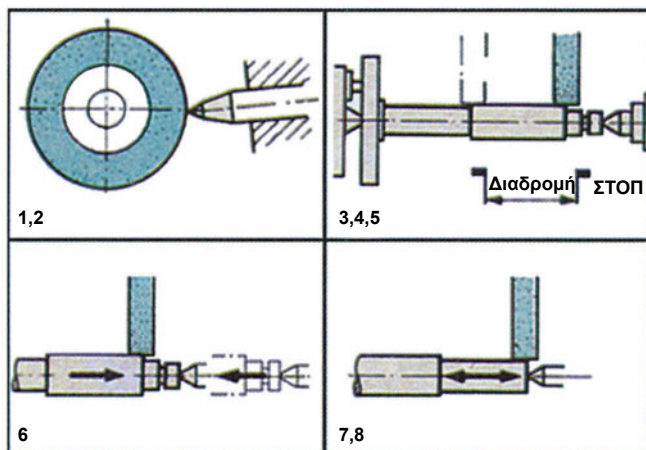


Κατασκευαστικό σχέδιο άξονα.

Οι φάσεις κατεργασίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, ενώ τα αντίστοιχα στάδια κατεργασίας απεικονίζονται στο σχήμα.



| Φάση                                             | Λειτουργία                                                      | Εργαλεία                                                  |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1                                                | Επιλογή του λειαντικού τροχού και επιλογή των στροφών του       | Επίπεδος δισκοειδής λειαντικός τροχός 200 X 30 A 60 M 4 V |
| 2                                                | Ανανέωση ("άνοιγμα") του λειαντικού τροχού                      | Χαλύβδινο εργαλείο ανανέωσης                              |
| 3                                                | Συγκράτηση του τεμαχίου μεταξύ των κέντρων                      | Συγκρατήρας, προστατευτικό κάλυμμα                        |
| 4                                                | Επιλογή των στροφών του τεμαχίου                                | -                                                         |
| 5                                                | Καθορισμός του μήκους της διαδρομής και της πρόωσης             | -                                                         |
| 6                                                | Εκχόνδριση και αποπεράτωση της 1ης διαβάθμισης του άξονα 40 h 6 | -                                                         |
| 7                                                | Αναστροφή του τεμαχίου και συγκράτηση του από το άλλο άκρο      | -                                                         |
| 8                                                | Εκχόνδριση και αποπεράτωση της 2ης διαβάθμισης του άξονα 35 h 5 | -                                                         |
| Εργαλεία μέτρησης: Μετρητικός κανόνας, παχύμετρο |                                                                 |                                                           |



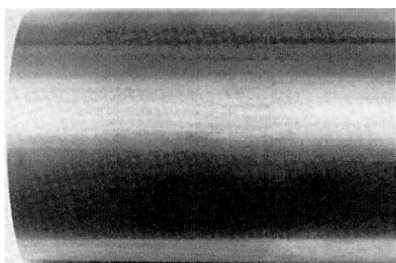
#### Στάδια λείανσης άξονα.

- ♦ Για τη λείανση του άξονα κατάλληλος είναι ένας λειαντικός τροχός με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (σύμφωνα με τον πίνακα 3.4.2): Επίπεδος δισκοειδής λειαντικός τροχός 200 × 30, κορούνδιο, μέγεθος κόκκων 60, μέτρια σκληρότητα M, δομή 4, κεραμικό συνδετικό υλικό.

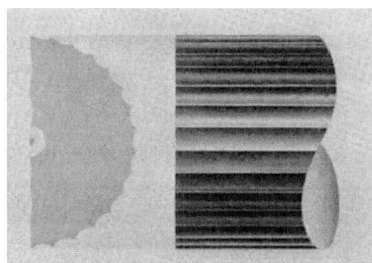
- ♦ Πριν από την εκκίνηση της εργασίας, ο τροχός πρέπει να δοκιμασθεί για ομοκεντρικότητα και ακρίβεια μεγέθους. Για τη συγκράτηση μεταξύ κέντρων ρυθμίζονται ο προστατευτικός μανδύας και ο οδηγός. Οι κεντρικές οπές πρέπει να γεμίσουν με κάποιο λιπαντικό (παχύρρευστο λάδι ή γράσο).
- ♦ Στο τέλος της διαδρομής ο λειαντικός τροχός θα πρέπει να έχει μετακινηθεί ως προς το τεμάχιο μόνο μέχρι το 1/3 του πλάτους του, αλλιώς οι ακμές του τεμαχίου θα γίνουν λεπτότερες εξαιτίας της αυξημένης πίεσης λείανσης (κεφ. 6.4).
- ♦ Τόσο ο λειαντικός τροχός, όσο και το τεμάχιο, πρέπει να περιστρέφονται με τον κατάλληλο αριθμό στροφών. Το μήκος της κάθε διαδρομής ρυθμίζεται με διακοπές. Για την πλευρική πρόωση επιλέγονται περίπου 12 mm ανά περιστροφή τεμαχίου, ενώ για τη ρύθμιση βάθους περίπου 0,02 mm. Για την αποπεράτωση, η ρύθμιση πρόωσης και βάθους επιλέγεται μικρότερη.
- ♦ Όταν ο τροχός έχει ολοκληρώσει τον κύκλο του, κάτω από την τελευταία ρύθμιση βάθους, διαπερνά ακόμη μία φορά το τεμάχιο χωρίς άλλη ρύθμιση βάθους μέχρις ότου σταματήσουν να εμφανίζονται σπινθήρες. Με τη μέθοδο αυτή βελτιώνεται η ποιότητα της επιφάνειας.
- ♦ Για τη λείανση καμπύλων επιφανειών, ο λειαντικός τροχός θα πρέπει να καμπυλώνεται ανάλογα. Πριν από την έναρξη της λείανσης, πρέπει να ξεκινάει η παροχή του ψυκτικού μέσου.
- ♦ Μόλις τελειώσει η λείανση, ο άξονας ελέγχεται για τις διαστάσεις 35h5 και 40h6 με τα κατάλληλα όργανα μέτρησης (μετρητικός κανόνας, παχύμετρο) και για την ποιότητα της επιφάνειάς του με κατάλληλα τραχύμετρα (ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης της τραχύτητας της επιφάνειας) ή πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως τραχύτητας επιφάνειας.

Προβλήματα μπορεί να προκύψουν στη διαδικασία της λείανσης κυλινδρικής επιφάνειας, τα οποία οφείλει ο χειριστής της λειαντικής μηχανής να τα γνωρίζει και να τα αντιμετωπίζει σωστά.

| Προβλήματα κατά την λείανση                                                                                                                                                                                                                                         | Αντιμετώπιση                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ρωγμές (ραβδώσεις) λείανσης</b> στα εργαζόμενα τεμάχια προκύπτουν από τοπική υπερθέρμανση εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασιών μεταξύ της επιφάνειας του τεμαχίου και του πυρήνα του. Τεμάχια με ρωγμές είναι ακατάλληλα, γιατί θραύονται κατά τη λειτουργία τους. | Η έκλυση υπερβολικής ποσότητας θερμότητας μπορεί να αποφευχθεί με κατάλληλη ταχύτητα λείανσης, τροχισμένους λειαντικούς τροχούς και επαρκές ψυκτικό υγρό. |
| <b>Υπερθερμασμένα σημεία</b> χαρακτηρίζονται συχνά από χρώματα ανόπτησης, τα οποία υποδηλώνουν απώλεια σκληρότητας στο τεμάχιο.                                                                                                                                     |                                                                                                                                                           |
| <b>Σημάδια</b> μπορεί να εμφανισθούν από δονήσεις, π.χ. ακατάλληλη πρόσδεση της ατράκτου, αζυγοστάθμητος τροχός, ανεπαρκής σύσφιξη                                                                                                                                  | Ρύθμιση εδράνων, ζυγοστάθμιση λειαντικών τροχών, δοκιμή κέντρου και κεντρικής οπής.                                                                       |



A



B

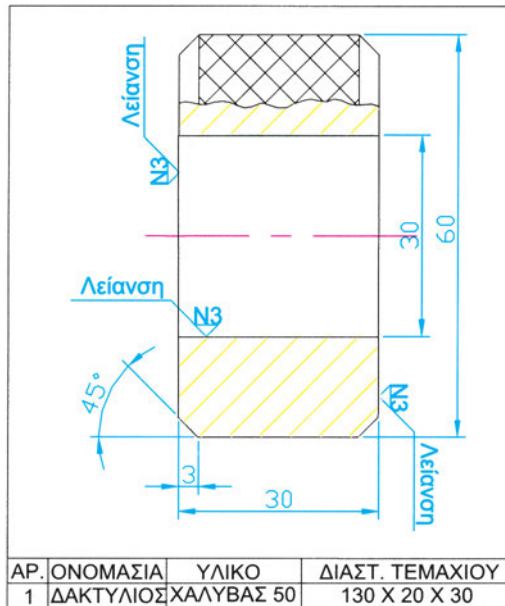
Σχήμα 6.24: Σημάδια (A), Ρωγμές (ραβδώσεις) (B).



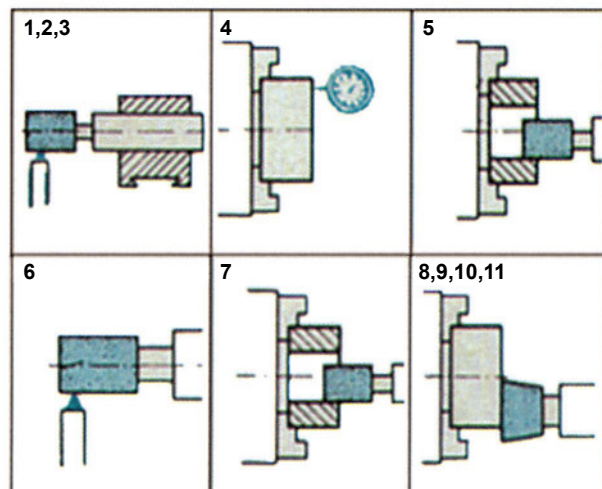
## ΑΣΚΗΣΗ 6.2

### Λείανση δακτυλίου

Ο οδηγητικός δακτύλιος του παρακάτω σχεδίου πρέπει να λειανθεί εσωτερικά και μετωπικά. Οι φάσεις και τα στάδια καταργασίας απεικονίζονται παρακάτω.



Κατασκευαστικό σχέδιο δακτυλίου.



Στάδια λείανσης δακτυλίου.

| Φάση                                                             | Λειτουργία                                                              | Εργαλεία                                                   |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1                                                                | Επιλογή του λειαντικού τροχού                                           | Επίπεδος δισκοειδής λειαντικός τροχός 24 X 15 EK 60 K 4 Ke |
| 2                                                                | Πρόσδεση του λειαντικού τροχού στην άτρακτο                             |                                                            |
| 3                                                                | Ανανέωση ("άνοιγμα") του λειαντικού τροχού                              | Εργαλείο ανανέωσης με διαμάντι                             |
| 4                                                                | Συγκράτηση και ευθυγράμμιση του τεμαχίου                                | Τσοκ και μετρητικό ρολόι                                   |
| 5                                                                | Εκχόνδριση της οπής στη διάμετρο 29.85 $\varnothing$                    | -                                                          |
| 6                                                                | Ανανέωση ("άνοιγμα") του λειαντικού τροχού                              | Εργαλείο ανανέωσης με διαμάντι                             |
| 7                                                                | Αποπεράτωση στη διάσταση 30 $\varnothing$ H7                            | -                                                          |
| 8                                                                | Αφαίρεση του λειαντικού τροχού, επιλογή και έδραση κυπελλοειδούς τροχού | Κυπελλοειδής τροχός EK J 5 Ke                              |
| 9                                                                | Λείανση της 1ης πρόσοψης (μετώπου)                                      | -                                                          |
| 10                                                               | Αναστροφή του τεμαχίου και συγκράτησή του από την άλλη πλευρά           | -                                                          |
| 11                                                               | Λείανση της 2ης πρόσοψης (μετώπου)                                      | -                                                          |
| Εργαλεία μέτρησης: Παχύμετρο, μικρόμετρο βάθους, μετρητικό ρολόι |                                                                         |                                                            |

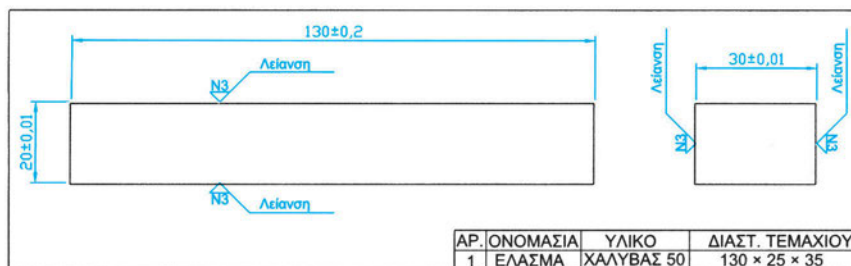
- ♦ Η άτρακτος εσωτερικής λείανσης πρέπει να επιλεγεί όσο το δυνατόν κοντότερη και λεπτότερη. Το σκληρυμένο τεμάχιο, σε σύνδεση με το μεγάλο μέτωπο επαφής, απαιτεί ένα μαλακό τροχό. Για μία ταχύτητα κοπής 20 m/s απαιτούνται για τον λειαντικό τροχό 15.300 στροφές/λεπτό.
- ♦ Κατά τη διαδικασία της λείανσης ο τροχός επιτρέπεται να ξεπεράσει το μήκος του τεμαχίου κατά το 1/3 του πλάτους του. Εάν ξεπροβάλει εντελώς, τότε το τεμάχιο θα λειανθεί με μεγαλύτερη διάμετρο στα άκρα του. Για διεργασίες επιφανειακής λείανσης ο κυπελλοειδής τροχός δεν πρέπει να είναι υπερβολικά μικρός.
- ♦ Προς αποφυγή της ευθυγράμμισης, κατά την 2η φάση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό τσοκ.



### ΑΣΚΗΣΗ 6.3

#### Λείανση ελάσματος

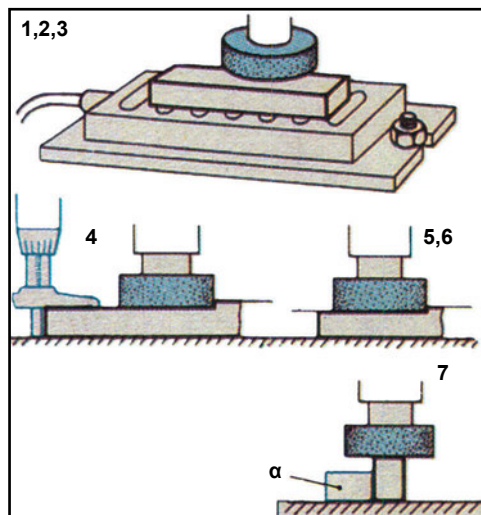
Οι μακρές επιφάνειες του χαλύβδινου ελάσματος, που απεικονίζεται στο παρακάτω κατασκευαστικό σχέδιο, πρόκειται να λειανθούν με μετωπική λείανση.



Κατασκευαστικό σχέδιο ελάσματος.

Οι φάσεις και τα στάδια κατεργασίας απεικονίζονται παρακάτω.

| Φάση                                                                            | Λειτουργία                                                       | Εργαλεία                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1                                                                               | Επιλογή και πρόσδεση του λειαντικού τροχού                       | Κυτπελλοειδής λειαντικός τροχός 60Ø NK 46 K 4 Ke |
| 2                                                                               | Ανανέωση ("άνοιγμα") του λειαντικού τροχού                       | Εργαλείο ανανέωσης με διαμάντι                   |
| 3                                                                               | Συγκράτηση του ελάσματος στη μαγνητική πλάκα                     | Μαγνητική πλάκα                                  |
| 4                                                                               | Εκχόνδριση και αποπεράτωση της 1ης φαρδιάς πλευράς του ελάσματος | -                                                |
| 5                                                                               | Αναστροφή του ελάσματος και συγκράτησή του από την άλλη πλευρά   | -                                                |
| 6                                                                               | Εκχόνδριση και αποπεράτωση της 2ης φαρδιάς πλευράς του ελάσματος | -                                                |
| 7                                                                               | Αναστροφή του ελάσματος και λείανση των στενών πλευρών του       | Βοηθητικός μαγνήτης (α)                          |
| Εργαλεία μέτρησης: Παχύμετρο, μικρόμετρο, ελεγκτική ορθή γωνία, μετρητικό ρολόι |                                                                  |                                                  |

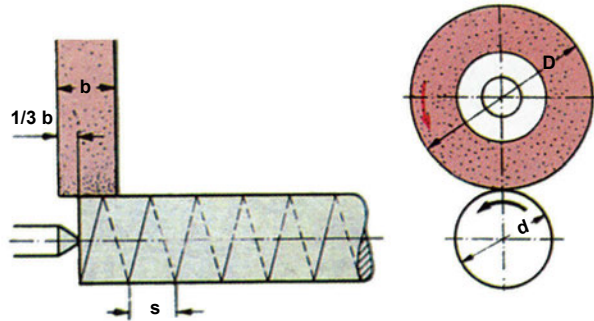


#### Στάδια λείανσης ελάσματος.

- ♦ Για καλύτερη συγκράτηση πρέπει το κομμάτι και η μαγνητική πλάκα να έχουν εντελώς καθαρές επιφάνειες. Η μαγνητική πλάκα (κεφ. 3.1.5) χρησιμοποιείται πολύ συχνά για τη συγκράτηση τεμαχίων στη μετωπική λείανση, γιατί μειώνει σημαντικά τον χρόνο συγκράτησης-αποσυγκράτησης των τεμαχίων, και είναι είτε ηλεκτρική είτε απλή με μόνιμους μαγνήτες.
- ♦ Η εκχόνδριση απαιτεί χαμηλή καθοδική πρόωση, όπως και η αποπεράτωση, και υψηλή πρόωση.
- ♦ Για τη μέτρηση της ακρίβειας των διαστάσεων του ελάσματος χρησιμοποιούμε το παχύμετρο και το μικρόμετρο, ενώ για τον έλεγχο των γωνιών χρησιμοποιούμε την ορθή ελεγκτική γωνία. Τέλος, το μετρητικό ρολόι είναι κατάλληλο για τη μέτρηση της παραλληλότητας των επιφανειών.

### 6.4 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΑΝΣΗ

Οι τέσσερις βασικές κινήσεις της λείανσης, δηλ. η περιστροφική κίνηση του τροχού, η περιστροφική κίνηση του τεμαχίου, η πλευρική μετατόπιση του τροχού (πλευρική πρόωση) και η εγκάρσια μετατόπιση (εγκάρσια πρόωση) του τροχού για το βάθος κοπής, δίδονται στο σχήμα 6.25.



**Σχήμα 6.25:** Κινηματική της εξωτερικής λείανσης κυλινδρικών επιφανειών,  $b$ =πάχος τροχού,  $s$ =πλευρική πρόωση.

#### ♦ Ταχύτητα κοπής (ή περιφερειακή ταχύτητα) του λειαντικού τροχού

Η ταχύτητα κοπής  $u$  [m/sec] του λειαντικού τροχού δίδεται από τη σχέση 3.1 (κεφ.3.1.2), όπου  $D$  [mm] είναι η εξωτερική διάμετρος του λειαντικού τροχού και  $n$  [σπρ/min] είναι οι στροφές του τροχού σε ένα λεπτό.

#### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.1

Να υπολογισθούν οι στροφές ενός λειαντικού τροχού διαμέτρου 150 mm και ταχύτητας κοπής 20m/s.

$$n = \frac{u \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{20 \cdot 1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 150} = 2.550 \text{ σπρ / min}$$

#### Λύση

Οι στροφές προσδιορίζονται από τη σχέση 3.1. Έτσι, έχουμε:

Η ταχύτητα κοπής πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά. Υψηλότερη ταχύτητα κοπής από την ενδεικνυόμενη οδηγεί σε θραύση του λειαντικού τροχού, εξαιτίας των φυγόκεντρων δυνάμεων, και σε πιθανό ατύχημα από τα διασκορπισμένα τεμάχια.

#### ♦ Ταχύτητα κοπής (ή περιφερειακή ταχύτητα) του τεμαχίου

Η ταχύτητα κοπής  $u$  [m/min] του τεμαχίου δίδεται από τη σχέση 6.1, όπου  $D$  [mm] είναι η διάμετρος του τεμαχίου και  $n$  [σπρ/min] είναι οι στροφές του τεμαχίου σε ένα λεπτό.

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.1)$$



Στον πίνακα 6.3 δίδονται οι συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κοπής του λειαντικού τροχού για διάφορα υλικά κατεργασίας ανάλογα με το είδος της λείανσης, ενώ στον πίνακα 6.4 δίδονται αντίστοιχα οι συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κίνησης (περιφερειακή) του τεμαχίου.

**Πίνακας 6.3: Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής του λειαντικού τροχού [m/s].**

| Είδος λείανσης                           | Υλικό τεμαχίου  | Ταχύτητα κοπής του λειαντικού τροχού [m/s] |
|------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| Εξωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών | Χάλυβας         | 30                                         |
|                                          | Ταχυχάλυβας     | 10-15                                      |
|                                          | Χυτοσίδηρος     | 25                                         |
|                                          | Σκληρομέταλλα   | 8                                          |
|                                          | Ελαφριά μέταλλα | 35                                         |
| Εσωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών | Χάλυβας         | 25                                         |
|                                          | Ελαφριά μέταλλα |                                            |
|                                          | Χυτοσίδηρος     | 20                                         |
|                                          | Ταχυχάλυβας     | 10-15                                      |
|                                          | Σκληρομέταλλα   | 8                                          |
| Λείανση επίπεδων επιφανειών              | Χάλυβας         | 25                                         |
|                                          | Χυτοσίδηρος     |                                            |
|                                          | Σκληρομέταλλα   | 8                                          |
|                                          | Ταχυχάλυβας     | 10-15                                      |
|                                          | Ελαφρά μέταλλα  | 20                                         |

**Πίνακας 6.4: Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κίνησης του τεμαχίου [m/min].**

| Είδος λείανσης                           | Υλικό τεμαχίου  | Ταχύτητα κίνησης του τεμαχίου [m/min] |             |
|------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------|
|                                          |                 | εκχόνδριση                            | αποπεράτωση |
| Εξωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών | Μαλακός χάλυβας | 12-18                                 | 10-15       |
|                                          | Σκληρός χάλυβας | 14-18                                 | 10-12       |
|                                          | Χυτοσίδηρος     | 12-15                                 | 10-12       |
|                                          | Ελαφρά μέταλλα  | 25-40                                 | 20-30       |
| Εσωτερική λείανση κυλινδρικών επιφανειών | Μαλακός χάλυβας | 18-20                                 |             |
|                                          | Σκληρός χάλυβας | 20-24                                 |             |
|                                          | Χυτοσίδηρος     |                                       |             |
|                                          | Ελαφρά μέταλλα  | 28 - 32                               |             |
| Λείανση επίπεδων επιφανειών              | Μαλακός χάλυβας | 8 - 14                                |             |
|                                          | Σκληρός χάλυβας |                                       |             |
|                                          | Χυτοσίδηρος     |                                       |             |
|                                          | Ελαφρά μέταλλα  | 15-35                                 |             |

### ♦ Πλευρική πρόωση του λειαντικού τροχού

Η πλευρική πρόωση του τροχού, δηλ. η πλευρική μετατόπισή του ως προς το τεμάχιο, δίδεται σε σχέση με το πάχος  $b$  του τροχού από τον πίνακα 6.5.

**Πίνακας 6.5: Συνιστώμενες τιμές της πλευρικής πρόωσης.**

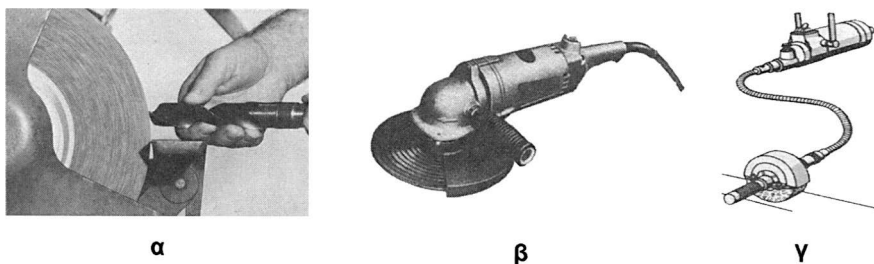
| Είδος λείανσης                                    | Υλικό τεμαχίου | Πλευρική πρόωση       |                       |
|---------------------------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Εξωτερική λείανση<br>κυλινδρικών<br>επιφανειών    |                | εκχόνδριση            | αποπεράτωση           |
|                                                   | Χάλυβας        | $[2/3 - 3/4] \cdot b$ | $[1/4 - 1/3] \cdot b$ |
|                                                   | Χυτοσίδηρος    | $[3/4 - 3/6] \cdot b$ | $[1/3 - 1/2] \cdot b$ |
| Εσωτερική<br>λείανση<br>κυλινδρικών<br>επιφανειών |                | εκχόνδριση            | αποπεράτωση           |
|                                                   | Χάλυβας        | $[1/2 - 3/4] \cdot b$ | $[1/5 - 1/4] \cdot b$ |
|                                                   | Χυτοσίδηρος    | $[2/3 - 3/4] \cdot b$ | $[1/4 - 1/3] \cdot b$ |

### ♦ Βάθος κοπής

Το βάθος κοπής εξαρτάται από το υλικό του τεμαχίου και το είδος της λείανσης. Γενικά, το βάθος κοπής είναι 0,02 mm με 0,05 mm για εκχόνδριση, ενώ για αποπεράτωση κυμαίνεται από 0,003 mm μέχρι 0,008 mm.

## 6.5 ΤΥΠΟΙ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

Ανάλογα με το είδος της λείανσης και τη διαστατική ακρίβεια, που απαιτείται, χρησιμοποιούνται και διάφοροι τύποι λειαντικών μηχανών. Στο σχήμα 6.25 δίνονται τρεις ελαφρές λειαντικές μηχανές, που συναντώνται συχνά στα μηχανουργεία.

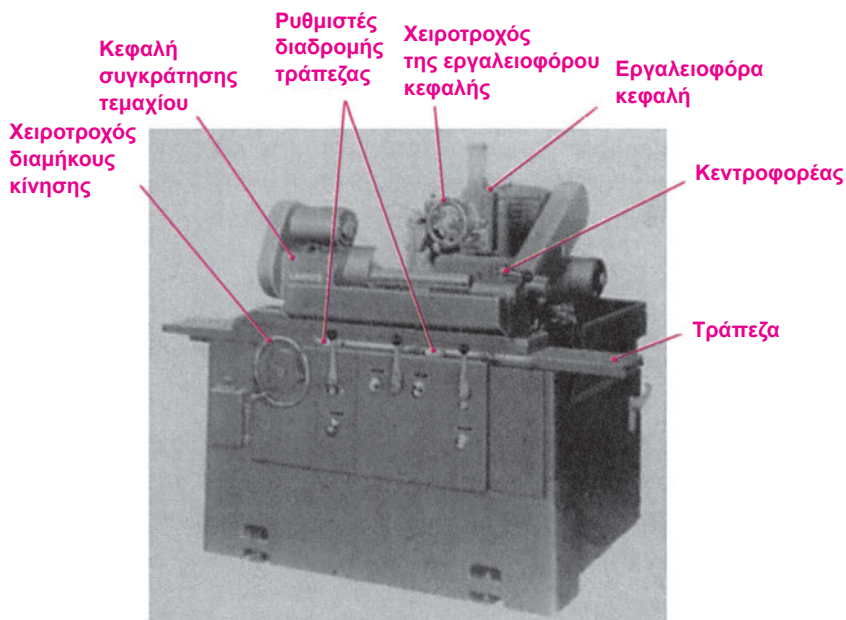


**Σχήμα 6.26:** Ελαφρές λειαντικές μηχανές, (α) Τροχός με βάθρο (στήριγμα) όπου λειαννεται η ακμή ενός τρυπανιού, (β) γωνιακός τροχός, (γ) τροχός με εύκαμπτο άξονα.

Ο τροχός με βάθρο (στήριγμα) είναι συνήθως επιτραπέζιος και η λείανση γίνεται με το χέρι, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα. Χρησιμοποιείται για το τρόχισμα εργαλείων (κυρίως τρυπανιών) και για λείανση μικρών τεμαχίων. Ο γωνιακός τροχός χρησιμοποιείται συχνά για μεταλλικές κατασκευές και λείανση συγκολλήσεων, ενώ ο τροχός με εύκαμπτο άξονα, στον οποίο προσαρμόζονται μικροί λειαντικοί τροχοί και κονδυλοτροχοί, χρησιμοποιείται κυρίως για κατασκευή καλουπιών.

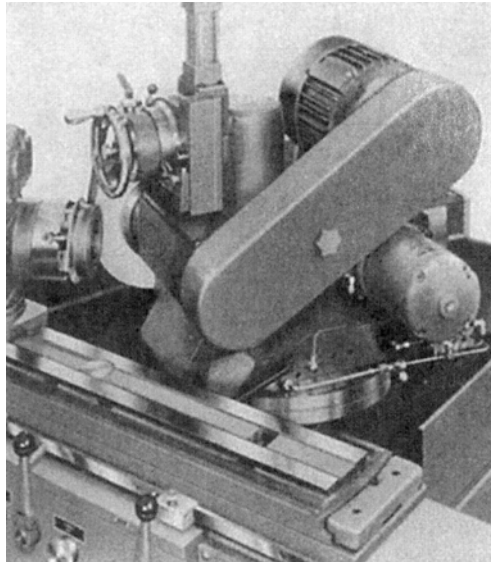
### 6.5.1 Λειαντικές μηχανές κυλινδρικών επιφανειών

Ο πλέον συνηθισμένος τύπος λειαντικής μηχανής για λείανση κυλινδρικών επιφανειών είναι η **γενικής χρήσης (Universal) λειαντική μηχανή κυλινδρικών επιφανειών** (σχήμα 6.27).



**Σχήμα 6.27:** Γενικής χρήσης (Universal) λειαντική μηχανή κυλινδρικών επιφανειών.

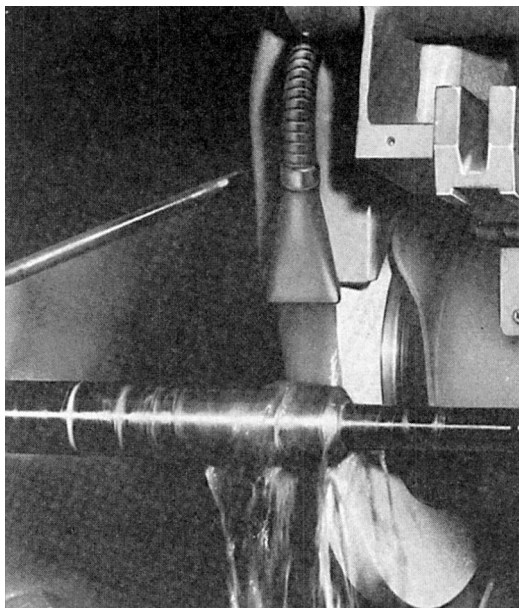
Η γενικής χρήσης λειαντική μηχανή κυλινδρικών επιφανειών είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και χρησιμοποιείται για όλα τα είδη εξωτερικής και εσωτερικής λείανσης, αφού τόσο η κεφαλή συγκράτησης-περιστροφής του τεμαχίου, όσο και η εργαλειοφόρα κεφαλή, μπορούν να περιστραφούν (σχήμα 6.28) για τις ανάγκες της λείανσης. Τα βασικά μέρη, όπως φαίνονται και στο σχήμα 6.27, είναι:



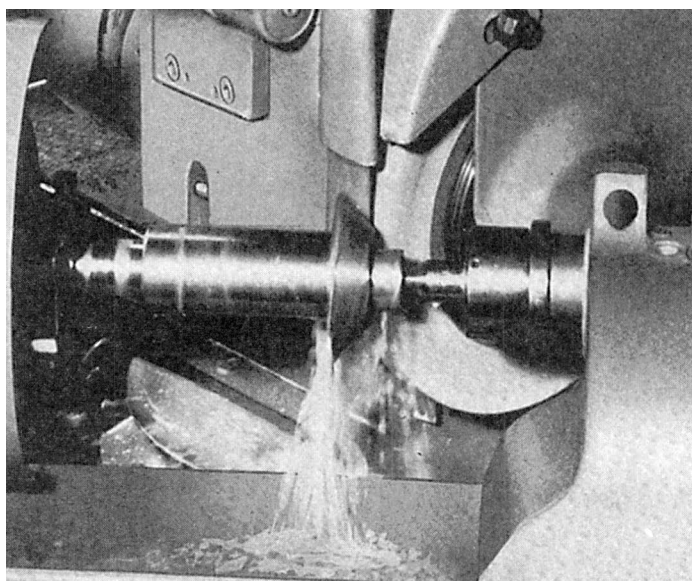
**Σχήμα 6.28:** Η κεφαλή συγκράτησης-περιστροφής του τεμαχίου και η εργαλειοφόρα κεφαλή έχουν περιστραφεί για τη λείανση μίας γωνίας.

- ♦ Η **τράπεζα** της μηχανής, που φέρει την κεφαλή συγκράτησης-περιστροφής του τεμαχίου και τον κεντροφορέα. Η μετακίνηση της τράπεζας γίνεται με το χειροτροχό διαμήκους κίνησης, ενώ για τη ρύθμιση της διαδρομής της τράπεζας υπάρχουν οι αντίστοιχοι ρυθμιστές.
- ♦ Η **κεφαλή συγκράτησης-περιστροφής του τεμαχίου** και ο **κεντροφορέας** συγκρατούν το τεμάχιο.
- ♦ Η **εργαλειοφόρα κεφαλή** μπορεί να περιστραφεί με το χειροτροχό εργαλειοφόρας κεφαλής.

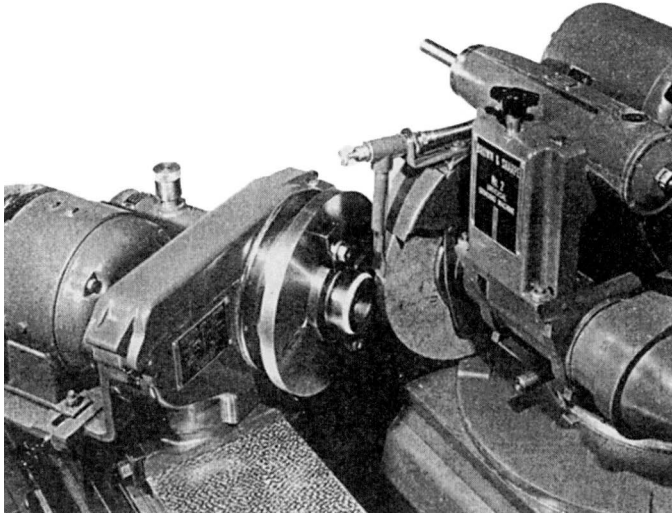
Μερικές από τις **δυνατές λειτουργίες της γενικής χρήσης λειαντικής μηχανής κυλινδρικών επιφανειών** παρουσιάζονται στα σχήματα 6.29- 6.33.



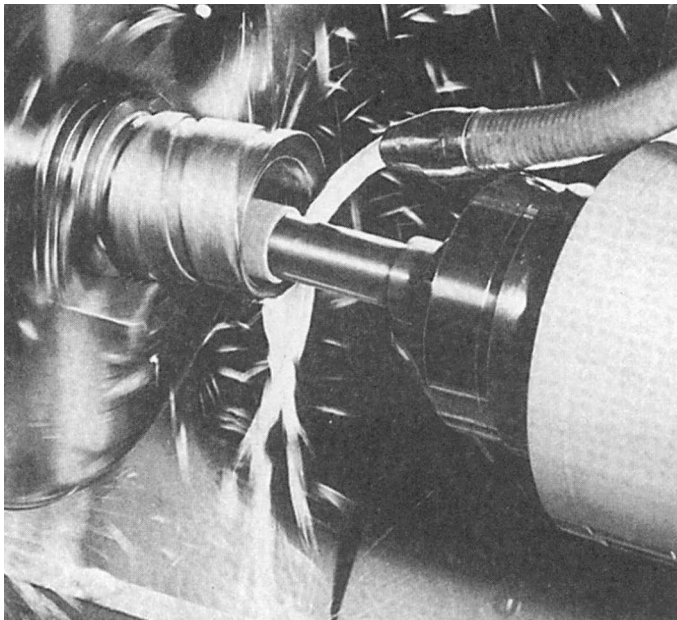
**Σχήμα 6.29:** Διαμήκης λείανση, που αποτελεί και ένα από τα πιο συνηθισμένα είδη λείανσης κυλινδρικών επιφανειών.



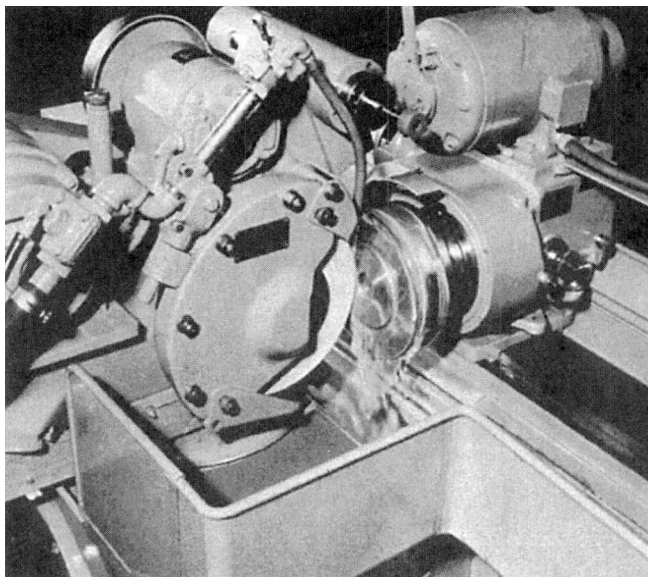
**Σχήμα 6.30:** Λείανση απότομης διαβάθμισης, που η εργαλειοφόρα κεφαλή έχει περιστραφεί για τη λείανση της διαβάθμισης του τεμαχίου.



**Σχήμα 6.31:** Λείανση σπασίματος γωνίας, που η κεφαλή έχει περιστραφεί κατά καθορισμένη γωνία.



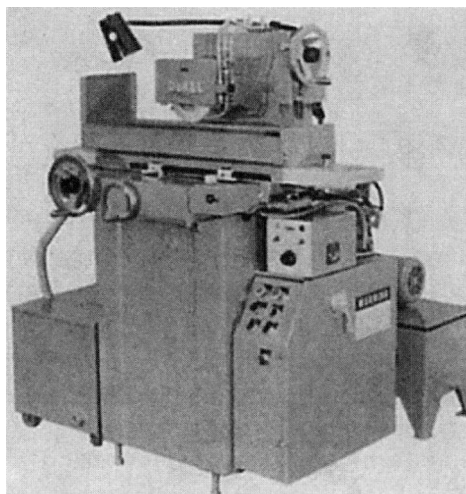
**Σχήμα 6.32:** Εσωτερική λείανση. Απαιτείται πρόσθεση ενός τσοκ ή ενός πλατό πάνω στην κεφαλή για τη συγκράτηση του τεμαχίου.



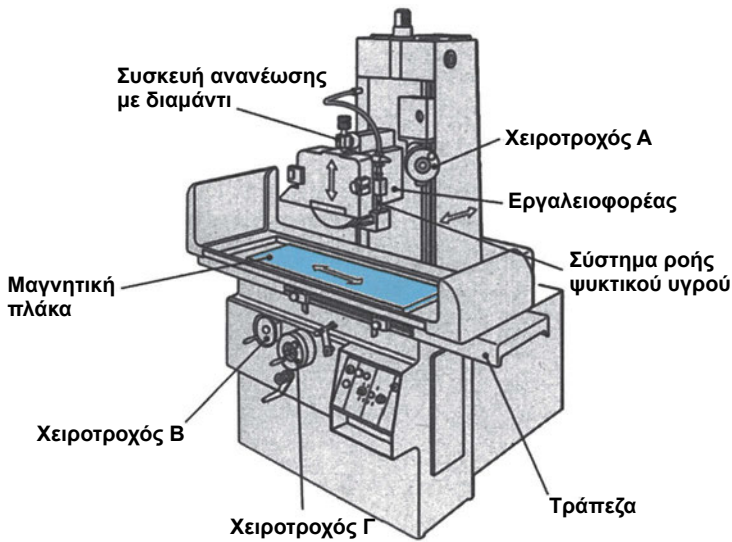
**Σχήμα 6.33:** Μετωπική λείανση, που η κεφαλή έχει περιστραφεί κατά  $90^\circ$  και το τεμάχιο συγκρατείται με ένα μαγνητικό τσوك.

### 6.5.2 Λειαντικές μηχανές επίπεδων επιφανειών

Τα βασικά μέρη μίας λειαντικής μηχανής επίπεδων επιφανειών με οριζόντια άτρακτο λείανσης φαίνονται στο σχήμα 6.34, ενώ στο σχήμα 6.35 φαίνεται η κινηματική της αντίστοιχης λειαντικής μηχανής.



**Σχήμα 6.34:** Λειαντική μηχανή επίπεδων επιφανειών.



**Σχήμα 6.35:** Κινήσεις και έλεγχος των κινήσεων σε λειαντική μηχανή επίπεδων επιφανειών: Ο τροχός Α ελέγχει την καθοδική πρόωση (βάθος κοπής), ο τροχός Β ελέγχει τη διαμήκη κίνηση της τράπεζας και ο τροχός Γ ελέγχει την εγκάρσια κίνηση.

#### Μηχανές για μετωπική λείανση

Υπάρχουν μηχανές με **κάθετες και οριζόντιες ατράκτους λείανσης**. Η τράπεζα λείανσης μπορεί να κατασκευασθεί διαμήκης ή στρογγυλή (σχήμα 6.21).

Μηχανές με κάθετη άτρακτο λείανσης είναι κατάλληλες για τεμάχια, οι φέρουσες επιφάνειες των οποίων τοποθετούνται παράλληλα στην επιφάνεια λείανσης. Μηχανές με οριζόντια άτρακτο λείανσης χρησιμοποιούνται, όταν η επιφάνεια λείανσης έχει κάθετη θέση ως προς τη φέρουσα επιφάνεια.

#### Μηχανές για περιφερειακή λείανση

Και οι μηχανές αυτές, όπως και οι μηχανές μετωπικής λείανσης, κατασκευάζονται με **κυκλικές ή διαμήκεις τράπεζες** (σχήμα 6.20).

Η **άτρακτος λείανσης** εδράζεται οριζόντια και συνδέεται με κινητήρα. Είναι προσαρμόσιμη κατά το ύψος.

Η **τράπεζα** ολισθαίνει επί της κλίνης στην οποία εδράζεται ο μηχανισμός υδραυλικής πρόωσης. Η τράπεζα ή ο τροχός μπορεί να μετακινηθεί υπό γωνία ως προς την οριζόντια κίνηση με την εγκάρσια πρόωση.



## 6.6 ΛΕΙΑΝΣΗ (ΤΡΟΧΙΣΜΑ) ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

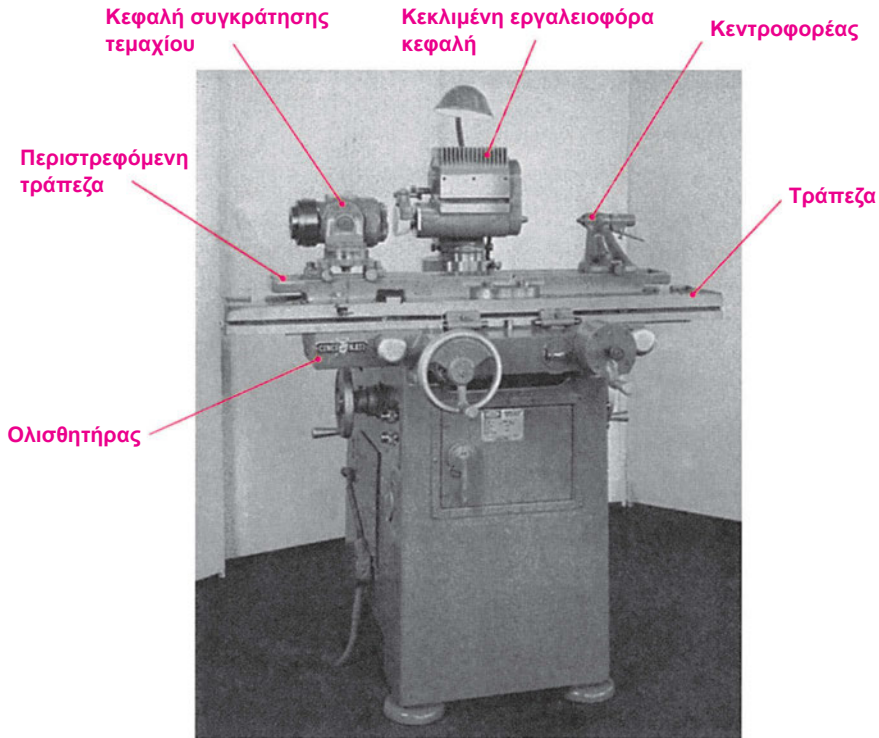
Τα κοπτικά εργαλεία (π.χ. φρέζες, τρυπάνια) φέρουν συχνά την επιγραφή **‘συχνό τρόχισμα’**. Τα στομωμένα εργαλεία επιμηκύνουν το χρόνο λείανσης και προκαλούν προβλήματα ακρίβειας στην εργασία. Εάν μία ακμή εργαλείου εμφανίζει έντονη φθορά, αυτό προκαλεί την υποχρεωτική λείανση υπερβολικής ποσότητας υλικού. Κατά συνέπεια, όχι μόνον χάνεται χάλυβας εργαλείων, που στοιχίζει ακριβά, αλλά προκύπτει και ο κίνδυνος να μαλακώσει η ακμή από την προκαλούμενη υπερθέρμανσή της κατά την λείανση και, ως εκ τούτου, να χάσει την κοπτική της ικανότητα. Γι’ αυτό είναι προτιμότερο να διενεργείται συχνότερο επανατρόχισμα.

Για εργαλεία κορουνδίου χρησιμοποιούνται τροχοί μέτριας σκληρότητας και μέτριου μεγέθους κόκκου. Πολύ συχνά, εργαλεία τórνευσης ή πλανίσματος λειαινόνται αρχικά με ένα χονδρόκοκκο λειαντικό τροχό και αποπερατώνονται με ένα λεπτόκοκκο (παραγ. 4.5.2)

### 6.6.1 Μηχανές για λείανση (τρόχισμα) κοπτικών εργαλείων

Τα είδη των μηχανών που χρησιμοποιούνται για το τρόχισμα των κοπτικών εργαλείων είναι πολλά και διακρίνονται ανάλογα με το είδος των εργαλείων που θέλουμε να λειάνουμε (φρέζες, τρυπάνια, πριόνια, κ.λπ.).

Το πλέον όμως συνηθισμένο είδος μηχανής για τρόχισμα εργαλείων είναι η γενικής χρήσης (Universal) λειαντική μηχανή τροχίσματος κοπτικών εργαλείων (σχήμα 6.36). Η συγκεκριμένη μηχανή χρησιμοποιείται ακόμη και σε μικρά μηχανουργεία, γιατί με αυτή ακονίζονται όλα τα είδη κοπτικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται στις διάφορες μηχανές (τόρνοι, δράπανα, φρέζες, γραναζοκόπτες, κ.λπ.). Με την προσαρμογή συσκευής κυλινδρικής λείανσης στην κεφαλή συγκράτησης του τεμαχίου, η λειαντική μηχανή τροχίσματος εργαλείων μπορεί να εκτελέσει εξωτερική και εσωτερική κυλινδρική λείανση και να αντικαταστήσει και τη λειαντική μηχανή κυλινδρικών επιφανειών, ειδικά για μικρά μηχανουργεία.



**Σχήμα 6.36:** Γενικής χρήσης (Universal) λειαντική μηχανή για τροχίσμα κοπτικών εργαλείων.

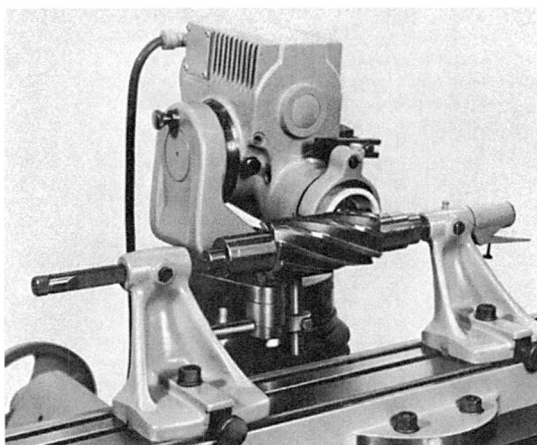
Η **κεκλιμένη εργαλειοφόρα κεφαλή** της γενικής χρήσης λειαντικής μηχανής τροχίσματος εργαλείων μπορεί να μετακινηθεί ως προς το ύψος (πάνω-κάτω), αλλά δεν μπορεί να μετακινηθεί εγκάρσια ως προς το τεμάχιο, όπως στη μηχανή λείανσης κυλινδρικών επιφανειών. Η συγκεκριμένη κίνηση του τεμαχίου από και προς το λειαντικό τροχό γίνεται μέσω ενός **ολισθητήρα** στον οποίο πάνω ολισθαίνει η **τράπεζα**, πάνω στην οποία υπάρχει μία **περιστρεφόμενη τράπεζα**, που μπορεί να περιστραφεί με διάφορες γωνίες, ανάλογα με τις ανάγκες της λείανσης. Επιπρόσθετα, η κεκλιμένη εργαλειοφόρα κεφαλή μπορεί να πάρει συγκεκριμένη κλίση ως προς τον οριζόντιο άξονα.



## ΑΣΚΗΣΗ 6.4

### Τρόχισμα κυλινδρικής φρέζας

Το τρόχισμα φρέζας είναι από τις πιο συχνές εργασίες τροχίσματος εργαλείων σε μία λειαντική μηχανή τροχίσματος και παρουσιάζει ιδιαιτερότητες ως προς την τοποθέτηση της φρέζας για την επίτευξη διαστατικής ακρίβειας στα κοπτικά δόντια της.



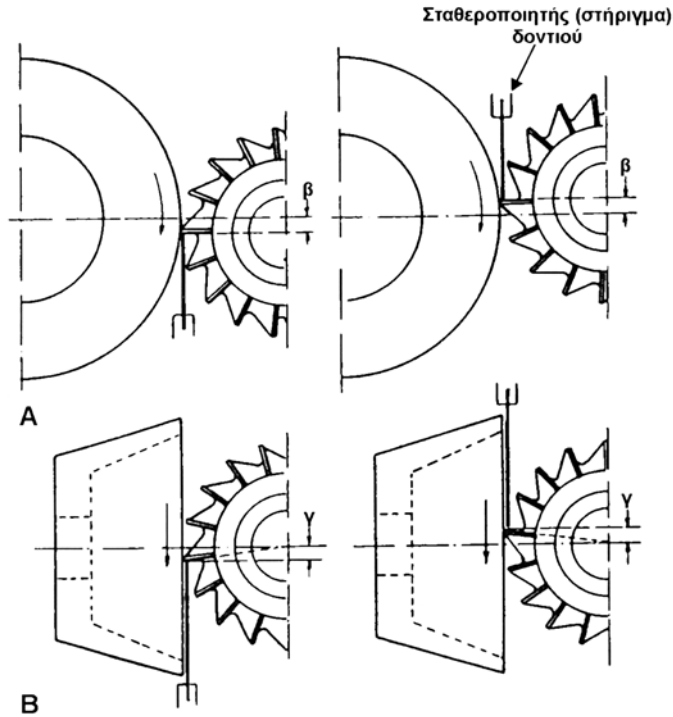
**Σχήμα 6.37:** Τρόχισμα κυλινδρικής φρέζας σε μία γενικής χρήσης λειαντική μηχανή τροχίσματος εργαλείων.

Το τρόχισμα μίας κυλινδρικής φρέζας γίνεται με τη χρήση κυπελλοειδούς (σχήμα 6.37) ή δισκοειδούς λειαντικού τροχού. Στο σχήμα 6.38 φαίνεται η γεωμετρία για το τρόχισμα μίας κυλινδρικής φρέζας και με τα δύο είδη λειαντικών τροχών. Για την επίτευξη της γωνίας ελευθερίας  $\alpha$ , η κόψη του δοντιού της φρέζας πρέπει να κατέβει ή να ανέβει, ανάλογα με το αν ο σταθεροποιητής (στήριγμα) δοντιού εδράζεται στο τραπέζι ή στην εργαλειοφόρα κεφαλή αντίστοιχα, κατά την απόσταση  $\beta$  για επίπεδο δισκοειδή λειαντικό τροχό ή κατά την απόσταση  $\gamma$  για κυπελλοειδή λειαντικό τροχό.

$$\beta = D_{\text{τροχού}}/2 \cdot \sin \alpha \text{ και } \gamma = D_{\text{φρέζας}}/2 \cdot \sin \alpha$$

Τα βασικότερα στάδια τροχίσματος μίας κυλινδρικής φρέζας με τη χρήση επίπεδου δισκοειδούς λειαντικού τροχού είναι:

1. Έδραση του σταθεροποιητή (στήριγμα) δοντιού και του πτερυγίου σύμφωνα με τη γωνία ελικώσεως της φρέζας.



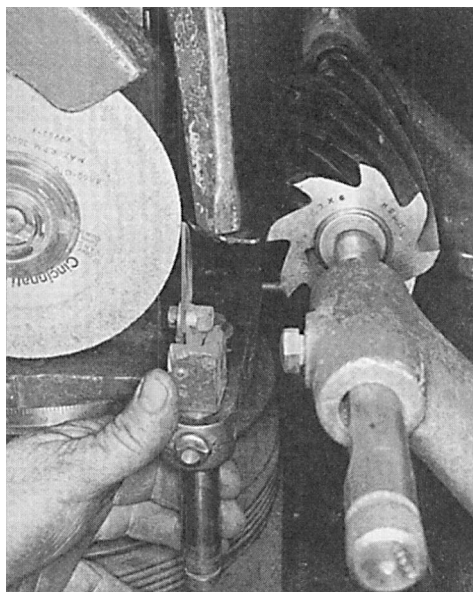
**Σχήμα 6.38:** Τρόχισμα κυλινδρικής φρέζας με επίπεδο δισκοειδή λειαντικό τροχό (A), με κυπελλοειδή λειαντικό τροχό (B).

2. Ρύθμιση του οριζώντιου άξονα του λειαντικού τροχού στο ίδιο ύψος με την άκρη του σταθεροποιητή δοντιού με τη βοήθεια ενός ελεγκτήρα.

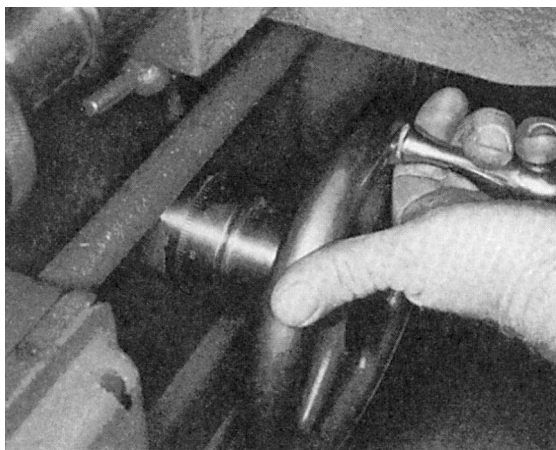


3. Τοποθέτηση προστατευτικού καλύμματος στο λειαντικό τροχό, έδραση της φρέζας στη βέργα και συγκράτησή της μεταξύ των κέντρων.

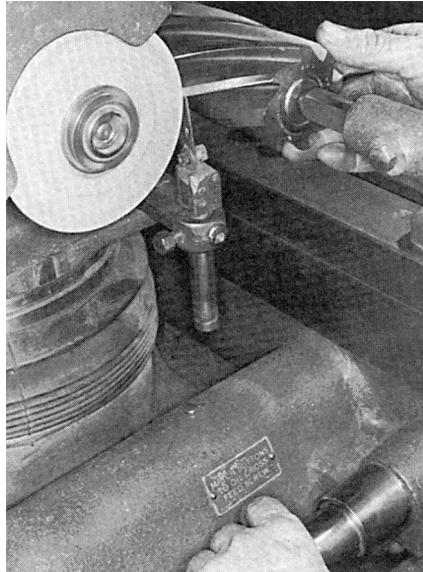
4. Τοποθέτηση της άκρης του δοντιού (κόψη) στο ίδιο επίπεδο με τον οριζόντιο άξονα του λειαντικού τροχού.



5. Καθορισμός του ύψους της εργαλειοφόρου κεφαλής κατά την απόσταση β. Ανάλογα με τη γωνία ελικώσεως και την τοποθέτηση του σταθεροποιητή δοντιού στην τράπεζα ή στην εργαλειοφόρα κεφαλή (σχήμα 6.38), η κεκλιμένη εργαλειοφόρα κεφαλή θα ανυψωθεί ή θα χαμηλώσει αντίστοιχα κατά την απόσταση β.



6. Εγκάρσια μετακίνηση της τράπεζας με ταυτόχρονη διατήρηση της κοπτικής επιφάνειας χειρωνακτικά.



#### 6.6.2 Κανόνες για τη λείανση (τρόχισμα) των εργαλείων

- ♦ Λείανση ενάντια στην ακμή προς αποφυγή δημιουργίας τραχύτητας.
- ♦ Διατήρηση χαμηλής πίεσης επαφής προς αποφυγή υπερθέρμανσης.
- ♦ Επαρκής παροχή ψυκτικού υγρού στην περίπτωση υγρής λείανσης. Ανεπαρκής ψύξη προκαλεί ρωγμές εξαιτίας τάσεων στο τεμάχιο. Για τη δυνατότητα παρατήρησης της εργασίας λείανσης πρέπει να γίνεται συχνά ξηρή λείανση. Τα εργαλεία που υπερθερμαίνονται σημαντικά από την ξηρή λείανση δε θα πρέπει να βυθίζονται σε νερό (δημιουργία ρωγμών λόγω θερμικών τάσεων).
- ♦ Κατά τη λείανση εργαλείων σε βάθρο (στήριγμα), το βάθρο πρέπει να απέχει μόνο 2-3 mm από τον λειαντικό τροχό, αλλιώς το εργαλείο θα μπει μεταξύ του βάθρου και του τροχού σπάζοντας τον τελευταίο (σχήμα 6.26).
- ♦ Πιστή παρακολούθηση των κανονισμών ασφαλείας.

## 6.7 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

1. Επιθεώρηση του τροχού για ρωγμές ή θραύσεις πριν την έδραση (ηχητική δοκιμή).
2. Δοκιμή του τροχού για ομοκεντρικότητα.
3. Πριν την πρώτη χρήση ενός τροχού γίνεται δοκιμαστική λειτουργία (τουλάχιστον πέντε λεπτών) με τις κανονικές στροφές του.
4. Αποφυγή υπέρβασης της μέγιστης επιτρεπόμενης περιφερειακής ταχύτητας του τροχού.
5. Χρήση γυαλιών συνεχώς κατά τη διάρκεια της λείανσης.
6. Κατά την ξηρή λείανση, τα ρινίσματα θα πρέπει να απομακρύνονται με αναρρόφηση.
7. Καμία πίεση κατά την πρόσδεση του τροχού στην άτρακτο. Αν δεν ταιριάζει (είναι χαλαρός ή πολύ στενός) επιλέγουμε άλλο τροχό.
8. Χρήση προστατευτικών καλυμμάτων που καλύπτουν το μισό τουλάχιστον του λειαντικού τροχού και καμία εκκίνηση του τροχού χωρίς την τοποθέτηση του προστατευτικού καλύμματος στον τροχό.
9. Καμία επαφή με τον λειαντικό τροχό σε λειτουργία.
10. Κατά τη λείανση με επίπεδο δισκοειδή λειαντικό τροχό ο χειριστής δεν στέκεται στο πλάι.
11. Διακοπή της παροχής ψυκτικού υγρού, 1-2 λεπτά, πριν τη διακοπή λειτουργίας του τροχού για την απομάκρυνση του επιπλέον ψυκτικού υγρού. Σε αντίθετη περίπτωση ο τροχός θα βγει εκτός ισορροπίας.



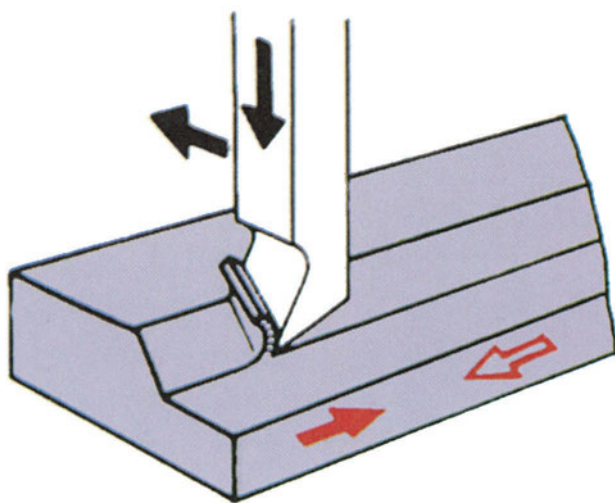
## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι ιδιαιτερότητες της λείανσης σε σχέση με τις υπόλοιπες κατεργασίες κοπής;
2. Περιγράψτε τη διαδικασία "αυτοανέωσης" του λειαντικού τροχού.
3. Ποια η δομή του λειαντικού τροχού; Ποια η λειτουργία κάθε στοιχείου της δομής του λειαντικού τροχού;
4. Αναφέρατε τα συνηθέστερα συνδετικά υλικά λειαντικών τροχών και τα υλικά των κόκκων που χρησιμοποιούνται συνήθως.
5. Τι χαρακτηρίζει σκληρό ένα λειαντικό τροχό;
6. Δώστε τα χαρακτηριστικά του παρακάτω λειαντικού τροχού  

$$1 - 350 \times 80 \times 100 \text{ A } 60 \text{ L} - 8 \text{ V } 35$$
7. Περιγράψτε τη διαδικασία "ανέωσης" (ανοίγματος) του λειαντικού τροχού.
8. Γιατί γίνεται ηχητικός έλεγχος και ζυγοστάθμιση πριν από τη λειτουργία ενός λειαντικού τροχού;
9. Ποια η χρησιμότητα του ψυκτικού υγρού κατά τη λείανση;
10. Ποια είναι τα κυριότερα είδη λείανσης;
11. Ποια προβλήματα μπορεί να προκύψουν κατά τη λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών και πώς αντιμετωπίζονται;
12. Ποια είναι η πιο συνηθισμένη λειαντική μηχανή κυλινδρικών επιφανειών και γιατί έχει ευρεία χρήση;
13. Ποιος είναι ο λόγος τροχίσματος των κοπτικών εργαλείων;
14. Ποια είναι η μηχανή τροχίσματος κοπτικών εργαλείων που συναντάται συχνότερα στα μηχανουργεία και γιατί;
15. Ποιοι είναι οι κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται κατά το τρόχισμα κοπτικών εργαλείων;
16. Ποια είναι τα μέτρα ασφαλείας που πρέπει να λαμβάνονται για την αποφυγή ατυχημάτων κατά τη διαδικασία της λείανσης;







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 7

### ΠΛΑΝΙΣΜΑ - ΠΛΑΝΗ

- 7.1 Πλάνισμα
- 7.2 Μηχανές πλανίσματος - Πλάνες
- 7.3 Συνθήκες κατεργασίας στην πλάνη
- 7.4 Κοπτικά εργαλεία πλανίσματος
- 7.5 Πρόσδεση κατεργαζόμενων τεμαχίων στην πλάνη
- 7.6 Αποφυγή ατυχημάτων κατά το πλάνισμα





## Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια το πλάνισμα, τη δομή μίας πλάνης και τα είδη των εργαλειομηχανών πλανίσματος.
- ✓ Να εκτελεί την κατεργασία επίπεδων και πρισματικών επιφανειών.

### 7.1 ΠΛΑΝΙΣΜΑ

Το πλάνισμα, μαζί με το φρεζάρισμα, είναι μια κύρια μέθοδος κατεργασίας για τη δημιουργία επίπεδων και πρισματικών επιφανειών (σχήμα 7.1). Χρησιμοποιείται για παραγωγή ενός ή λίγων σχετικά τεμαχίων και όχι για μαζική παραγωγή τεμαχίων, λόγω του χαμηλού ρυθμού αφαιρέσεως μετάλλου σε σχέση με άλλες κατεργασίες. Ταυτόχρονα, είναι ιδιαίτερα ευέλικτη και οικονομική σχετικά κατεργασία (χαμηλό κόστος κοπτικών εργαλείων και χαμηλό κόστος αγοράς της μηχανής).



Σχήμα 7.1: Παραδείγματα προϊόντων πλανίσματος.

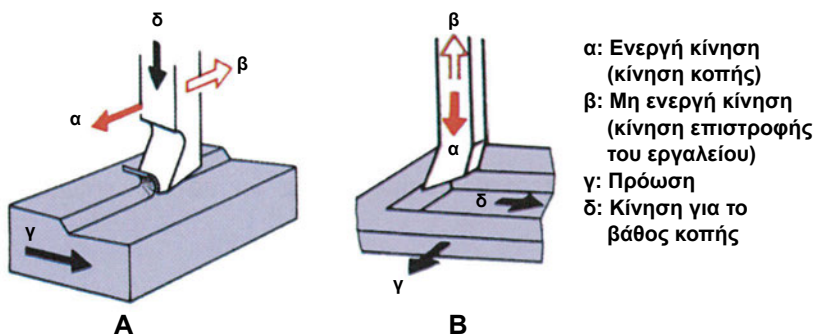
Ανάλογα με το είδος της μηχανής πλανίσματος, δηλ της πλάνης που χρησιμοποιείται, διακρίνουμε δύο είδη πλανίσματος:

- ♦ **Πλάνισμα σε βραχεία** (οριζόντια ή κατακόρυφη) **πλάνη** (σχήμα 7.2)
- ♦ **Πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη** (σχήμα 7.3)

#### 7.1.1. Πλάνισμα σε βραχεία πλάνη

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

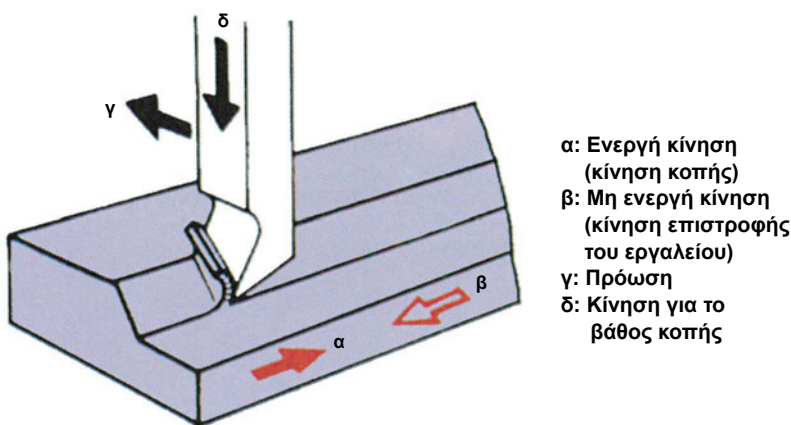
εργαλείου και διακοπτόμενη (ένα βήμα για κάθε κύκλο εργασίας), όχι συνεχής όπως, π.χ., στην τórνευση.



**Σχήμα 7.2:** 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.

### 7.1.2 Πλάνισμα σε τραπεζοπλάνη



**Σχήμα 7.3:** Κινηματική του πλάνισματος σε τραπεζοπλάνη.

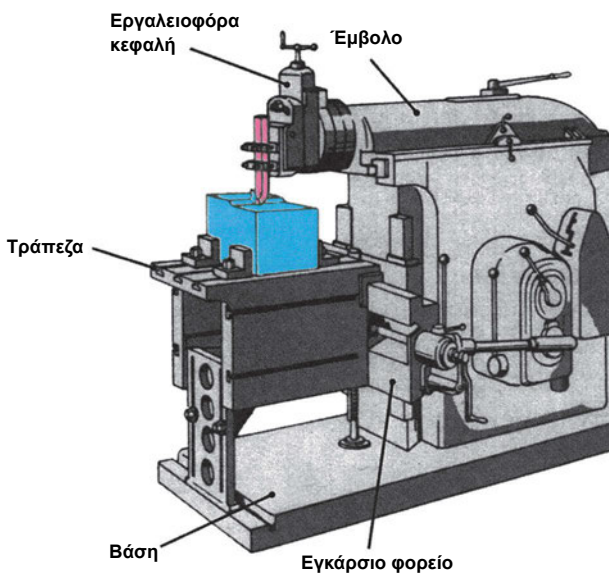
Η βασική διαφορά του πλανίσματος σε τραπέζοπλάνη με το πλάνισμα σε βραχεία πλάνη είναι ότι η κύρια παλινδρομική κίνηση κοπής δίδεται από το κατεργαζόμενο τεμάχιο, δηλ. από την τράπεζα της πλάνης και όχι από το κοπτικό εργαλείο, όπως συμβαίνει στη βραχεία πλάνη. Η πρόωση του κοπτικού εργαλείου είναι διακοπτόμενη (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.

## 7.2 ΜΗΧΑΝΕΣ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ - ΠΛΑΝΕΣ

### 7.2.1 Οριζόντια βραχεία πλάνη

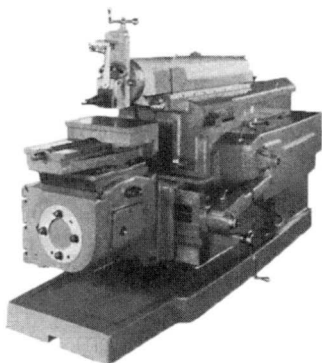
Η οριζόντια βραχεία πλάνη είναι η πλέον συνηθισμένη πλάνη που υπάρχει στα μηχανουργεία. Τα βασικά μέρη της εργαλειομηχανής φαίνονται στο σχήμα 7.4.

Η **τράπεζα** χρησιμοποιείται για την πρόσδεση του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Είναι προσαρμοσμένη σε **εγκάρσιο φορείο** και μπορεί, μέσω της ανύψωσης του εγκάρσιου φορείου, να μετακινηθεί κατακόρυφα ή οριζόντια (κάθετα στην παλινδρομική κίνηση του κοπτικού εργαλείου) με τη βοήθεια του μηχανισμού πρόωσης.



Σχήμα 7.4: Οριζόντια βραχεία πλάνη.

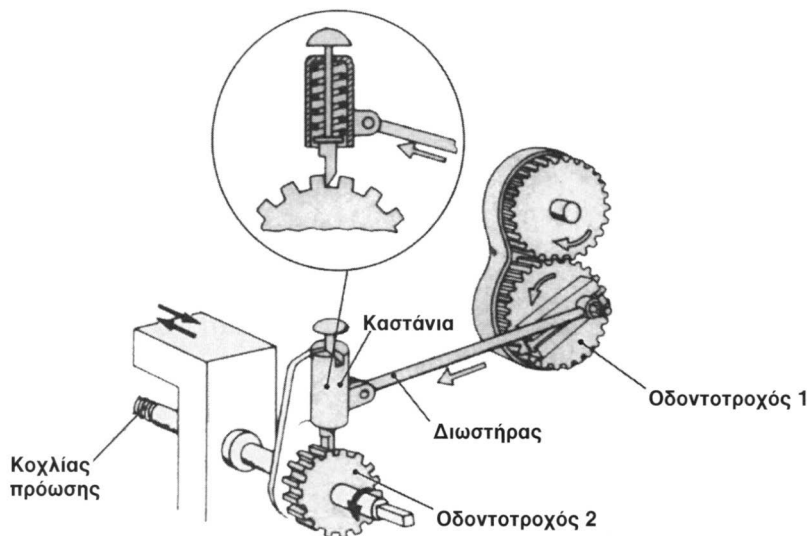
Η γενικής χρήσης (Universal) βραχεία πλάνη παρέχει επιπλέον τη δυνατότητα περιστροφής της τράπεζας, ιδιαίτερα για το πλάνισμα επίπεδων επιφανειών με κλίση (σχήμα 7.5).



**Σχήμα 7.5:** Δυνατότητα περιστροφής του τεμαχίου σε τρεις άξονες για την κατεργασία σύνθετων γωνιών σε μια βραχεία πλάνη γενικής χρήσης (Universal).

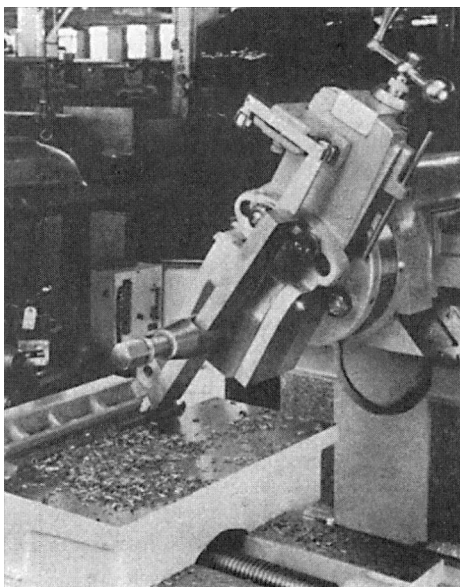
Ο μηχανισμός πρόωσης της τράπεζας (σχήμα 7.6) δίνει την κίνηση της διακοπτόμενης πρόωσης στην τράπεζα, άρα και στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, που συγκρατείται σε αυτή, στο τέλος κάθε κύκλου εργασίας (επαναφορά του κοπτικού εργαλείου στην αρχική του θέση).

Η κίνηση μεταδίδεται από τον οδοντοτροχό 1 στην καστάνια, μέσω του διωστήρα, και η καστάνια με τη σειρά της περιστρέφει τον οδοντοτροχό 2, ο οποίος είναι στερεωμένος στον κοχλία πρόωσης της τράπεζας. Η διαδρομή της καστανίας αυξομειώνεται με μετατόπιση του άξονα στερέωσης του διωστήρα στο αυλάκι του οδοντοτροχού 1 προς την περιφέρεια ή το κέντρο του οδοντοτροχού. Η περιστροφή του οδοντοτροχού 2 δίνει και την πρόωση (εγκάρσια μετακίνηση) στην τράπεζα μέσω του κοχλία πρόωσης στο τέλος κάθε κύκλου εργασίας (μόλις επιστρέψει το κοπτικό εργαλείο στην αρχική του θέση). Για περαιτέρω περιστροφή του οδοντοτροχού 1, ο διωστήρας κινείται προς τα πίσω και η καστάνια ολισθαίνει πάνω στον οδοντοτροχό 2 μέχρι να σταματήσει μεταξύ δύο δοντιών. Γυρίζοντας την καστάνια κατά 180°, αφού τη σηκώσουμε προς τα επάνω, αναστρέφεται η φορά της πρόωσης της τράπεζας.



**Σχήμα 7.6:** Μηχανισμός πρόωσης της τράπεζας.

Το **έμβολο** εδράζεται σε ολισθητήρα (σχήμα 7.4) και προκαλεί την κύρια παλινδρομική κίνηση του πλανίσματος. Στην κεφαλή του φέρει την εργαλειοφόρα κεφαλή. Το κοπτικό εργαλείο συσφίγγεται στον εργαλειοδέτη, η θέση του οποίου καθορίζεται από μία στρόφιγγα στην εργαλειοφόρα κεφαλή, η οποία έχει τη δυνατότητα μετατόπισης και περιστροφής (σχήμα 7.7).

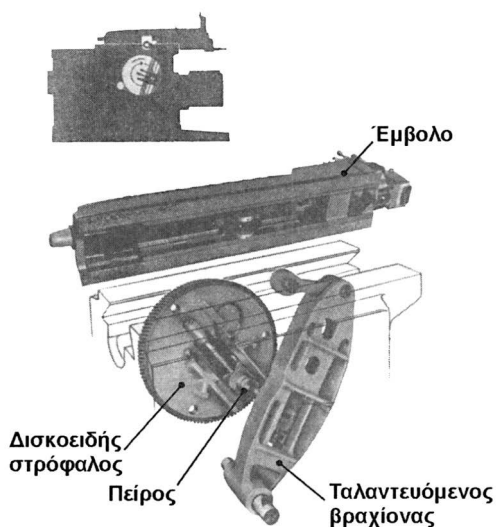


**Σχήμα 7.7:** Δυνατότητα περιστροφής της εργαλειοφόρου κεφαλής που φαίνεται το πλάνισμα ενός ολισθητήρα.



Η **παλινδρομική κίνηση του εμβόλου** γίνεται είτε με κιβώτιο ταχυτήτων και διάταξη ταλαντευόμενου βραχίονα - δισκοειδούς στροφάλου (σχήμα 7.8) είτε με υδραυλικό σύστημα μετάδοσης της κίνησης.

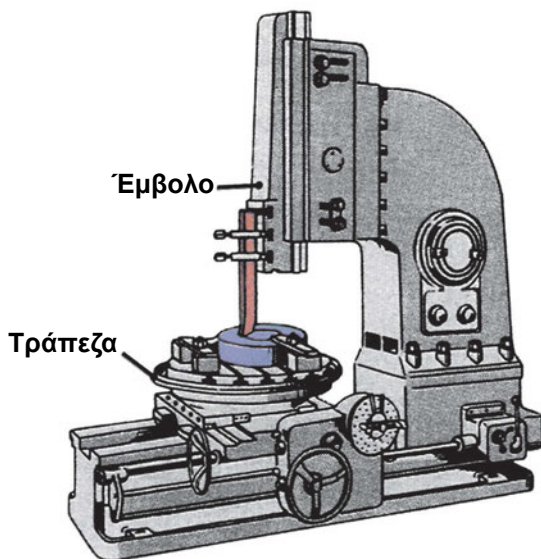
Στη μηχανική μετάδοση κίνησης, που φαίνεται στο σχήμα 7.8, η περιστροφική κίνηση των οδοντοτροχών του κιβωτίου ταχυτήτων μετατρέπεται σε ευθύγραμμη, μέσω της διάταξης ταλαντευόμενου βραχίονα - δισκοειδούς στροφάλου. Ο ταλαντευόμενος βραχίονας συνδέεται με το έμβολο με ένα βραχίονα και έναν κοχλία-περικόχλιο και με το στρόφαλο με έναν πείρο, ο οποίος μετακινείται ακτινικά στο στρόφαλο. Η ρύθμιση αυτής της μετακίνησης (με ρύθμιση της ακτίνας) καθορίζει και τη διαδρομή του εμβόλου.



**Σχήμα 7.8:** Μηχανισμός παλινδρομικής κίνησης του εμβόλου.

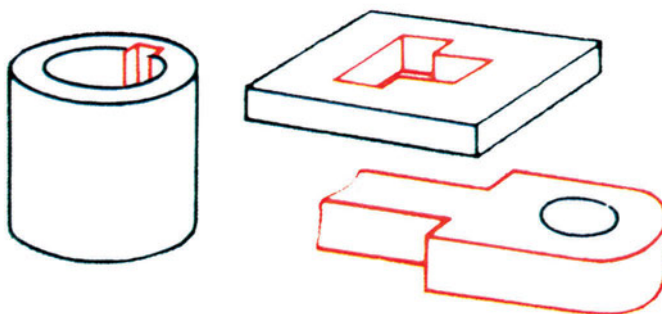
### 7.2.2 Κατακόρυφη βραχεία πλάνη

Η κατακόρυφη βραχεία πλάνη (σχήμα 7.9) είναι παρόμοια με την οριζόντια βραχεία πλάνη, εκτός από την τράπεζα, που είναι κυκλική και όχι διαμήκης, όπως είναι στην οριζόντια πλάνη. Η τράπεζα μπορεί να μετακινηθεί οριζόντια και κατακόρυφα και να περιστραφεί. Η περιστροφική πρόωση της τράπεζας, δηλ. περιστροφή της τράπεζας κατά μια συγκεκριμένη γωνία, δίδεται στο τέλος κάθε κύκλου εργασίας (επαναφορά του εργαλείου στην αρχική του θέση).



**Σχήμα 7.9:** Κατακόρυφη βραχεία πλάνη.

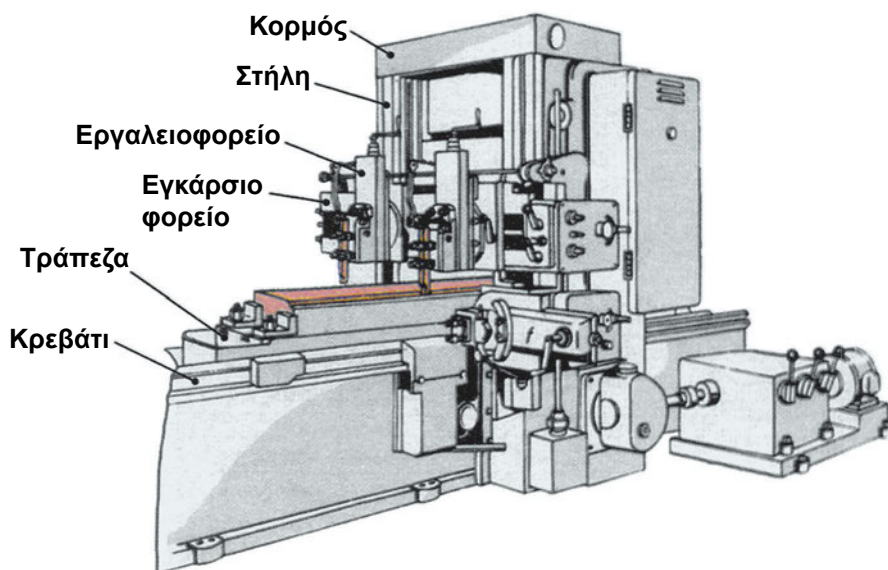
Με την κατακόρυφη βραχεία πλάνη κατεργάζονται τεμάχια με πολύπλοκη εσωτερική διαμόρφωση (σχήμα 7.10), όπως εσωτερικά αυλάκια, σφηνόδρομοι, οδοντώσεις, κ.λπ.



**Σχήμα 7.10:** Παραδείγματα προϊόντων πλανίσματος με κατακόρυφη βραχεία πλάνη.

### 7.2.3 Τραπεζοπλάνη

Η τραπεζοπλάνη (σχήμα 7.11) χρησιμοποιείται για μεγάλου μήκους επίπεδα τεμάχια. Το μήκος πλανίσματος σε τραπεζοπλάνες είναι από 1 έως και επάνω από 20 μέτρα.



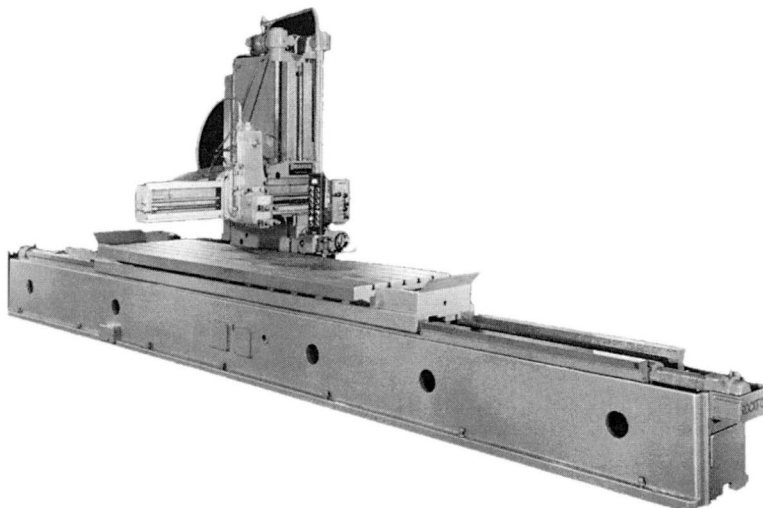
**Σχήμα 7.11:** Τραπεζοπλάνη.

Ο κύριος μηχανισμός μετάδοσης της παλινδρομικής κίνησης τοποθετείται στο κρεβάτι της εργαλειομηχανής και προσδίδει την παλινδρομική κίνηση στην τράπεζα. Συνήθως, αποτελείται από οδοντωτούς τροχούς. Η τράπεζα ολισθαίνει στους ολισθητήρες του κρεβατιού της εργαλειομηχανής, ενώ διαθέτει σχισμές τύπου T για την έδραση του τεμαχίου.

Για τη συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου χρησιμοποιείται κατάλληλος εργαλειοδέτης, που βρίσκεται στην άκρη της εργαλειοφόρας κεφαλής. Η εργαλειοφόρα κεφαλή μπορεί να μετακινηθεί οριζόντια στο εγκάρσιο φορείο και να προσδώσει την κίνηση πρόωσης. Η κίνηση για το βάθος κοπής γίνεται μέσω της κατακόρυφης μετακίνησης του εγκάρσιου φορείο και συνεπώς και του εργαλειοδέτη.

Το εγκάρσιο φορείο στηρίζεται σε στήλες και η κατακόρυφη μετακίνησή του γίνεται μέσω ατράκτων. Σε μεγάλες εργαλειομηχανές, δύο εργαλειοφόρες κεφαλές μετακινούνται επάνω στο εγκάρσιο φορείο. Επίσης, συχνά υπάρχουν δύο πλευρικοί εργαλειοδέτες, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατεργασία κάθετων επιφανειών.

Ογκώδη τεμάχια, που δε χωρούν μεταξύ των στηλών, πλανίζονται στην πλάνη ανοικτής πλευράς (σχήμα 7.12).



Σχήμα 7.12: Τραπεζοπλάνη ανοικτής πλευράς.

### 7.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΛΑΝΗ

#### 7.3.1 Ταχύτητα κοπής

Κατά το πλάνισμα έχουμε δύο ταχύτητες κοπής, την **ενεργή ταχύτητα κοπής**, με την οποία κινείται το έμβολο (στη βραχεία πλάνη) ή η τράπεζα (στην τραπέζοπλάνη) κατά την ενεργή κίνηση, που αφαιρείται μέταλλο από το τεμάχιο, και τη **μη-ενεργή ταχύτητα κοπής ή ταχύτητα επιστροφής**. Οι δυο αυτές ταχύτητες κοπής  $u_{ev}$  και  $u_{μη-εν}$  δίδονται σε [m/min] από τους παρακάτω τύπους:

$$u_{ev} = \frac{L}{t_{ev}}, \quad u_{μη-εν} = \frac{L}{t_{μη-εν}} \quad (7.1)$$

Όπου:  $L$  είναι η διαδρομή του εμβόλου ή της τράπεζας σε [m],

$t_{ev}$  είναι ο χρόνος μίας ενεργούς κίνησης του εμβόλου ή της τράπεζας σε [min], και

$t_{μη-εν}$  είναι ο χρόνος μίας μη ενεργούς κίνησης του εμβόλου ή της τράπεζας σε [min].

Η μέση ταχύτητα κοπής  $u_{\mu}$  προκύπτει από τις δύο ταχύτητες και είναι:

$$u_{\mu} = 2 \frac{u_{ev} \times u_{μη-εν}}{u_{ev} + u_{μη-εν}} \quad (7.2)$$

Στην πράξη, η μέση ταχύτητα κοπής  $u_\mu$  εκλέγεται με βάση το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και του κοπτικού εργαλείου (πίνακας 7.1).

**Πίνακας 7.1: Συνιστώμενες τιμές της μέσης ταχύτητας κοπής [m/min] κατά το πλάνισμα.**

| Υλικό<br>τεμαχίου<br><br>Υλικό<br>εργαλείου | Χάλυβας<br><br>με όριο θραύσης<br>[kp/mm <sup>2</sup> ] |    |    | Χυτοσίδηρος | Κράματα<br>χαλκού |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----|----|-------------|-------------------|
|                                             | 40                                                      | 60 | 80 |             |                   |
| Χάλυβας<br>εργαλείων                        | 16                                                      | 12 | 8  | 12          | 20                |
| Ταχυχάλυβας                                 | 22                                                      | 16 | 12 | 14          | 30                |

### 7.3.2 Κύκλοι εργασίας ανά λεπτό ή συχνότητα παλινδρομήσεων

Οι κύκλοι εργασίας ή η συχνότητα παλινδρομήσεων  $n$  μπορούν να εκλεγούν (πίνακας 7.2) ή να υπολογιστούν από τη σχέση:

$$n = \frac{u_\mu}{2 L} \quad (7.3)$$

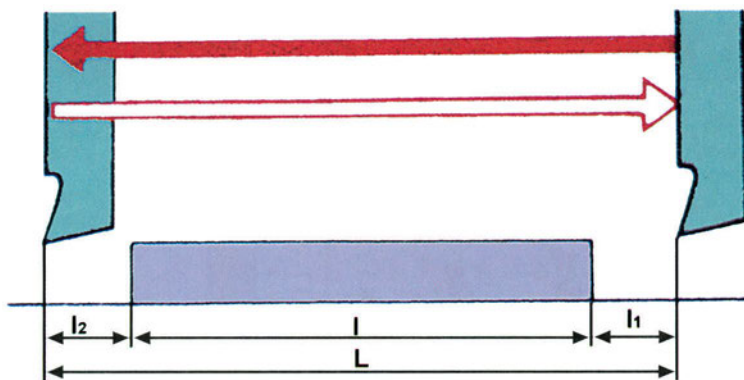
Όπου  $L$  είναι η διαδρομή του εμβόλου ή της τράπεζας, σε [m] και  $u_\mu$  είναι η μέση ταχύτητα κοπής σε [m/min].

**Πίνακας 7.2: Εκλογή κύκλων εργασίας ανά λεπτό (συχνότητα παλινδρομήσεων).**

| Κύκλοι εργασίας<br>ανά λεπτό | Διαδρομή [mm]   |      |      |      |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|
|                              | 100             | 200  | 300  | 400  |
|                              | $U_\mu$ [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   |

### 7.3.3 Διαδρομή εμβόλου ή τράπεζας

Η διαδρομή του εμβόλου ή της τράπεζας  $L$ , που λαμβάνεται υπόψη για την εκλογή ή τον υπολογισμό των παραπάνω μεγεθών, είναι το μήκος του κατεργαζόμενου τεμαχίου  $l$  και τα μήκη  $l_1$  και  $l_2$  για την προσέγγιση και απομάκρυνση του εργαλείου από το τεμάχιο (σχήμα 7.13). Δηλαδή,  $L = l + l_1 + l_2$ . Γενικά, εκλέγεται το  $l_1$  γύρω στα 20 mm και το  $l_2$  γύρω στα 10 mm.



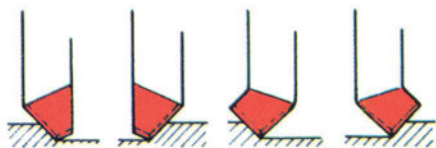
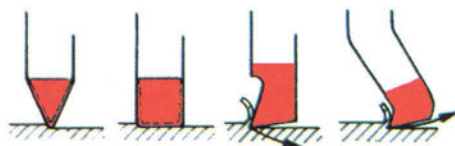
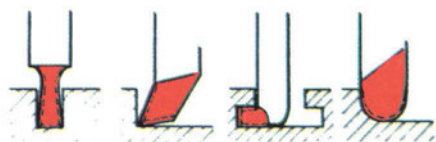
Σχήμα 7.13: Μήκος διαδρομής εμβόλου ή τράπεζας.

Τέλος, το βάθος κοπής, για κατεργασία εκχόνδρισης, είναι περίπου 4-7 φορές μεγαλύτερο από την πρόωση και σε βραχείες πλάνες φθάνει τα 6 mm περίπου, ενώ σε τραπεζοπλάνες μπορεί να υπερβεί τα 20 mm. Για κατεργασία αποπεράτωσης, τόσο το βάθος κοπής, όσο και η πρόωση, έχουν πολύ χαμηλότερες τιμές και το βάθος κοπής εκλέγεται μικρότερο από 0,5 mm.

## 7.4 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ

### 7.4.1 Είδη κοπτικών εργαλείων πλανίσματος

Τα κοπτικά εργαλεία πλανίσματος είναι μίας κύριας κόψης, όπως είναι και τα κοπτικά εργαλεία της τόννευσης. Διακρίνονται, όπως όλα τα κοπτικά εργαλεία, σε εργαλεία εκχόνδρισης (σχήμα 7.14Α) και αποπεράτωσης (σχήμα 7.14Β), ενώ υπάρχουν και ειδικής μορφής εργαλεία (σχήμα 7.14Γ), που χρησιμοποιούνται κυρίως για πλάνισμα αυλακιών ή γωνιών.

**A. Εργαλεία εκχόνδρισης****B. Εργαλεία αποπεράτωσης****Γ. Ειδικής μορφής εργαλεία****Σχήμα 7.14:** Είδη κοπτικών εργαλείων πλανίσματος.

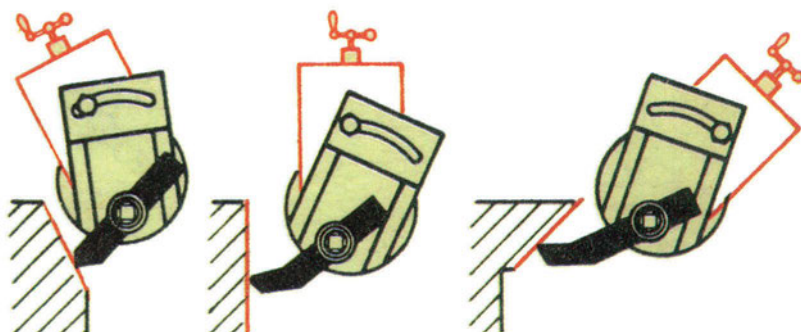
Τα εργαλεία εκχόνδρισης χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση μεγάλης ποσότητας μετάλλου σε μικρό χρόνο (γρήγορος ρυθμός αφαίρεσεως μετάλλου) και πρέπει η γωνία κόψης τους να είναι ισχυρή για να αντέχει τις μεγάλες διατομές αποβλίττων και συνεπώς και τις μεγάλες δυνάμεις καταπόνησης του εργαλείου. Αντίθετα, τα εργαλεία αποπεράτωσης καταπονούνται λιγότερο (μικρή ποσότητα αφαίρεσης μετάλλου) και οι γωνίες κόψης τους είναι πιο κάθετες και μυτερές, ώστε να δίνουν καλή ποιότητα επιφάνειας στο τεμάχιο.

#### 7.4.2 Πρόσδεση κοπτικών εργαλείων πλανίσματος

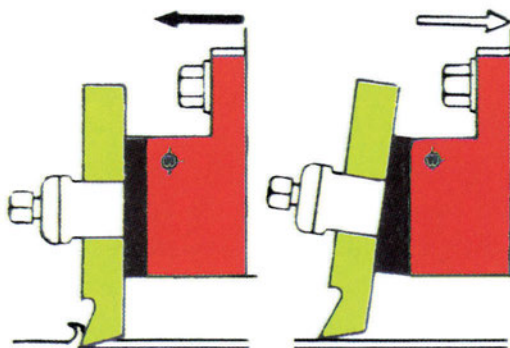
Το κοπτικό εργαλείο προσδένεται στον εργαλειοδέτη, ο οποίος στηρίζεται σε μία πλάκα, η οποία με τη σειρά της συνδέεται με έναν υποδοχέα. Ο υποδοχέας αυτός έχει τη δυνατότητα περιστροφής ως προς την εργαλειοφόρα κεφαλή (σχήμα 7.15) για την επίτευξη πλανίσματος κεκλιμένων ή κάθετων επιφανειών.

Η στήριξη του εργαλειοδέτη στην πλάκα γίνεται έτσι ώστε, όταν εκτελείται η ενεργή κίνηση (το έμβολο κινείται προς τα εμπρός), η πλάκα να πιέζεται μέσα στον υποδοχέα, για τη σταθερή στήριξη του εργαλείου, ενώ, όταν εκτελείται η μη-ενεργή κίνηση κοπής ή κίνηση επιστροφής (το έμβολο κινείται προς τα πίσω), η πλάκα να ανασηκώνεται λίγο και το εργαλείο να ολισθαίνει επάνω

στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου (σχήμα 7.16).



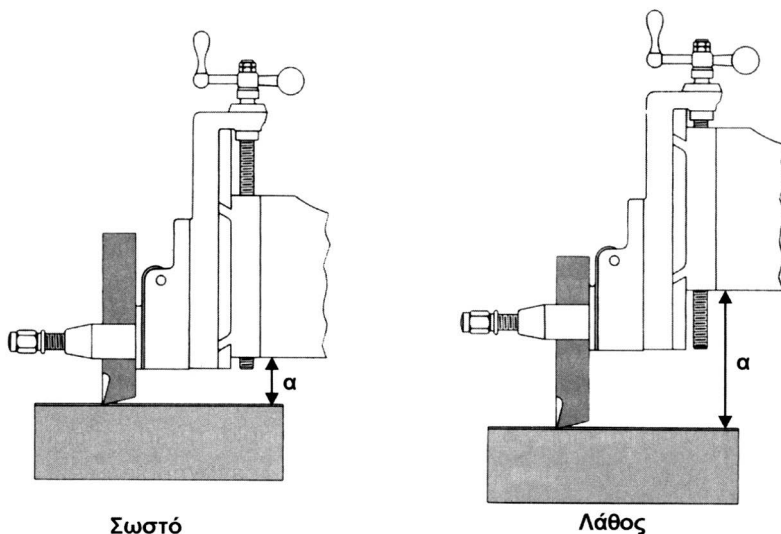
**Σχήμα 7.15:** Πρόσδεση του εργαλείου για πλάνισμα κεκλιμένων και κάθετων επιφανειών.



**Σχήμα 7.16:** Πρόσδεση του εργαλείου κατά το πλάνισμα οριζόντιων επιφανειών.

Για την αποφυγή σπασίματος του εργαλείου, η πρόσδεσή του πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο τεμάχιο (σχήμα 7.17), ώστε η απόσταση α να είναι μικρή.

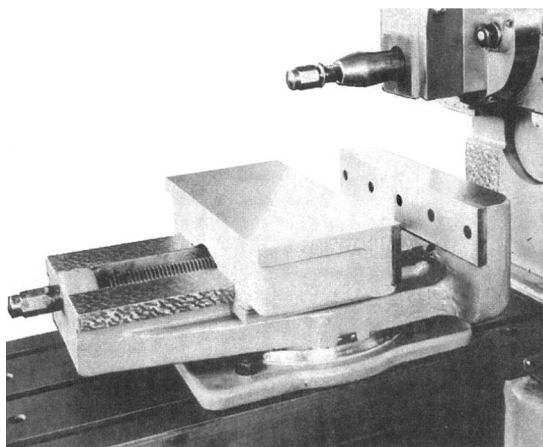




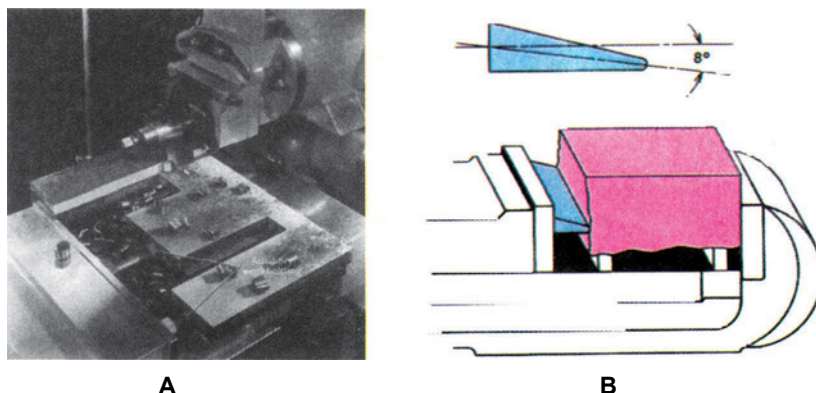
**Σχήμα 7.17:** Απόσταση τεμαχίου - εργαλειοφόρας κεφαλής.

## 7.5 ΠΡΟΣΔΕΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΛΑΝΗ

Για μικρά τεμάχια η συγκράτηση γίνεται συνήθως μόνο στη μέγγενη της εργαλειομηχανής (σχήμα 7.18), η οποία στηρίζεται στην τράπεζα της πλάνης μέσω των αυλακιών, σχήματος Τα, της τράπεζας. Όταν το τεμάχιο δεν έχει ομοιόμορφο μήκος, χρησιμοποιούνται και βοηθητικοί συγκρατήρες για τη στήριξή του (σχήμα 7.19Α) ή σφήνα συγκράτησης και παράλληλα πλακίδια σε σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου (σχήμα 7.19Β).

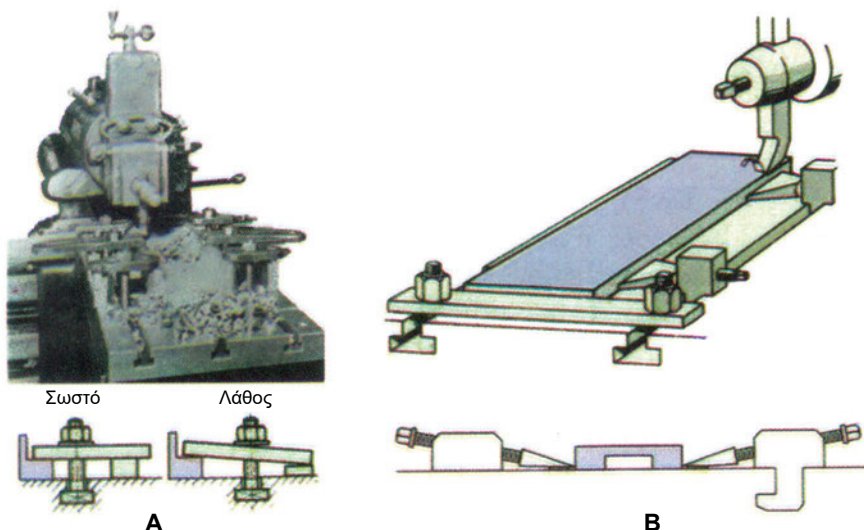


**Σχήμα 7.18 :** Μέγγενη πλάνης.



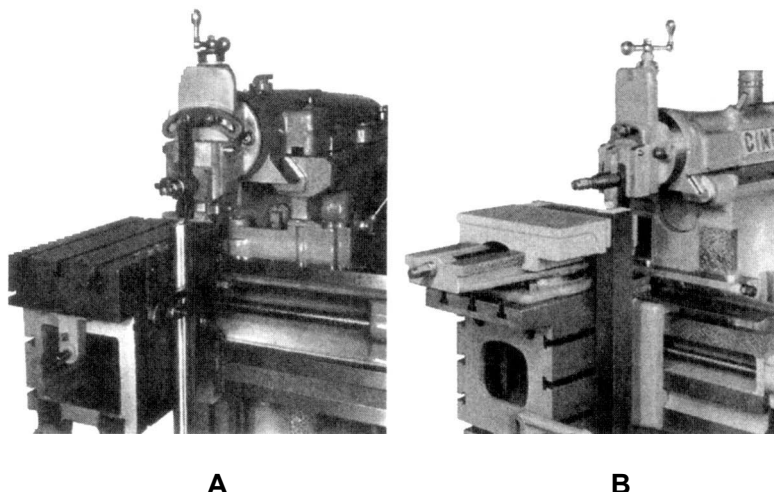
**Σχήμα 7.19:** Βοηθητική συγκράτηση τεμαχίων στη μέγγενη της πλάνης. Βοηθητικοί συγκρατήρες (Α), σφήνα συγκράτησης (Β).

Τα μεγάλα τεμάχια προσδένονται στην τράπεζα της πλάνης απευθείας είτε με τερματικά πλακίδια (στοπς) και σφιγκτήρες μορφής Τ (σχήμα 7.20Α), είτε με σφηνοειδείς σφιγκτήρες (σχήμα 7.20Β) για λεπτά συνήθως τεμάχια.



**Σχήμα 7.20:** Πρόσδεση τεμαχίων στην τράπεζα της πλάνης, με σφιγκτήρες μορφής Τ (Α), με σφηνοειδείς σφιγκτήρες (Β).

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα πρόσδεσης του τεμαχίου και στο πλάι της τράπεζας (κατακόρυφη πλευρά), όπως φαίνεται στο σχήμα 7.21 Α. Στο σχήμα 7.21 Β φαίνεται το ίδιο τεμάχιο (χαλύβδινη βέργα) να συγκρατείται με μέγγενη και, για την εξασφάλιση εξισορρόπησης του φορτίου, να τοποθετείται ένα τεμάχιο μέσα στην μέγγενη απέναντι από το τεμάχιο.



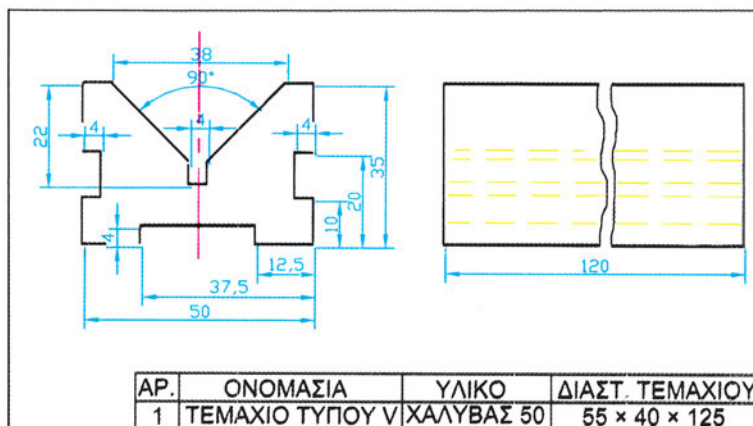
**Σχήμα 7.21:** Πρόσδεση τεμαχίων στην πλαϊνή πλευρά της τράπεζας. Συγκράτηση απευθείας στην τράπεζα (Α), συγκράτηση στη μέγγενη (Β).



### ΑΣΚΗΣΗ 7.1

#### Πλάνισμα τεμαχίου τύπου V

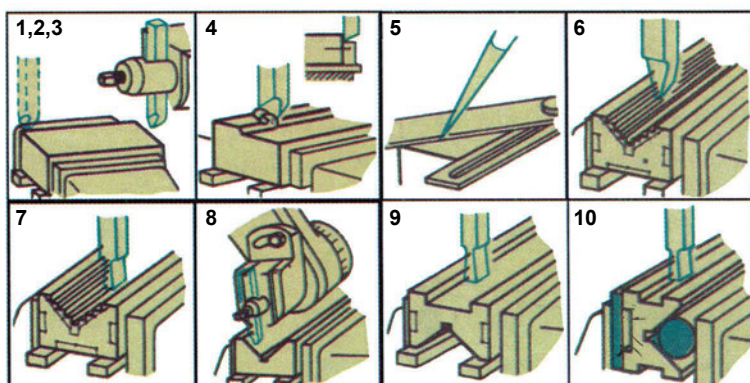
Στο κατασκευαστικό σχέδιο δίδονται οι διαστάσεις ενός τεμαχίου τύπου V που θα κατεργασθεί σε μια βραχεία πλάνη. Οι φάσεις και τα στάδια κατεργασίας φαίνονται παρακάτω.



Κατασκευαστικό σχέδιο τεμαχίου τύπου V.

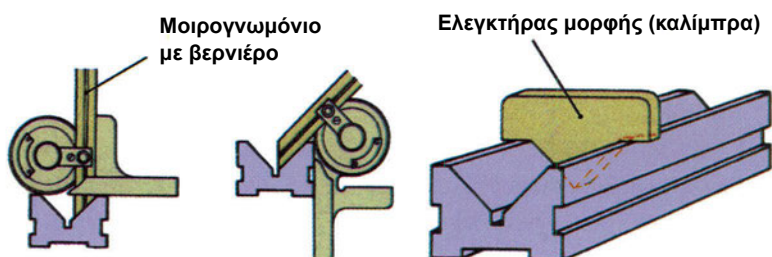
| Φάση                                                                                       | Λειτουργία                                                                                                                 | Εργαλεία                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 πλαϊνών πλευρών                                       | Ειδικό εργαλείο πλανίσματος για αυλάκια                                             |
| 11                                                                                         | Αποπεράτωση                                                                                                                | Εργαλείο αποπεράτωσης                                                               |
| Εργαλεία μέτρησης: Παχύμετρο, μικρόμετρο, ορθή ελεγκτική γωνία, μοιρογνωμόνιο με βερνιέρο. |                                                                                                                            |                                                                                     |

Ο αριθμός των κύκλων εργασίας, σύμφωνα με τον πίνακα 7.2, ρυθμίζεται στους 52 κύκλους εργασίας το λεπτό. Στον υπολογισμό της διαδρομής του εμβόλου, εκτός από το μήκος πλανίσματος του τεμαχίου, συνυπολογίζονται, όπως αναφέρθηκε και στην παράγρ. 7.3.3, η απόσταση προσέγγισης του εργαλείου στο τεμάχιο, που είναι γύρω στα 20 mm, και η απόσταση απομάκρυνσης, που είναι αντίστοιχα γύρω στα 10 mm.

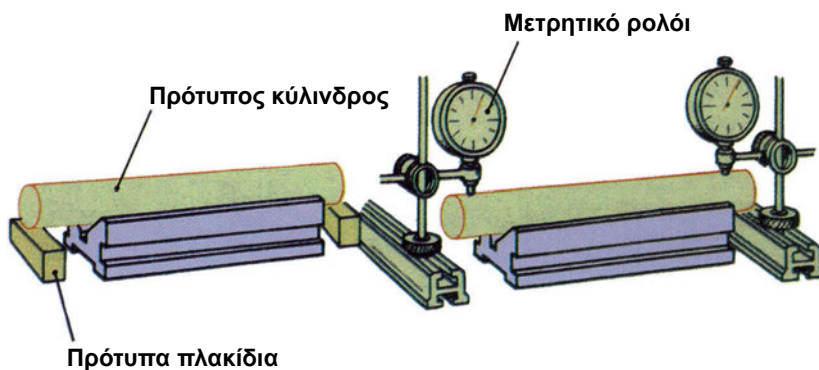


Στάδια πλανίσματος τεμαχίου τύπου V.

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).



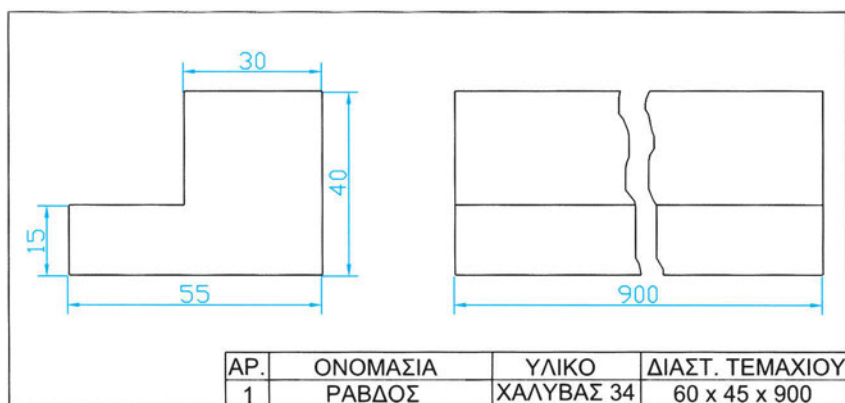
Τέλος, η παραλληλότητα των κεκλιμένων επιφανειών σε σχέση με τη βάση του τεμαχίου ελέγχεται με πρότυπο κύλινδρο και πλακίδια ή με το μετρητικό ρολόι.



### ΑΣΚΗΣΗ 7.1

#### Πλάνισμα ράβδου

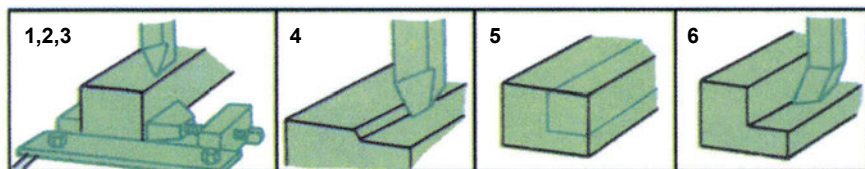
Η οδηγητική ράβδος του κατασκευαστικού σχεδίου πρόκειται να κατεργασθεί με τραπεζοπλάνη. Οι φάσεις κατεργασίας και τα στάδια του πλανίσματος φαίνονται παρακάτω.



#### 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 φορέιου 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 (πλαϊνής 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 πλάνισματος ράβδου



## 7.6 ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΛΑΝΙΣΜΑ

1. Πριν την εκκίνηση της εργαλειομηχανής, πρέπει να γίνουν προσεκτικοί χειρωνακτικοί χειρισμοί, προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι το έμβολο και η τράπεζα δε θα προσκρούσουν πουθενά (τοίχος ή άλλα αντικείμενα). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί προστατευτικό κάλυμμα γύρω από το έμβολο.
2. Τα γρέζια πρέπει να απομακρύνονται μόνο με άγκιστρο και βούρτσα.
3. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται κατά την εκτόξευση των γρεζιών. Στην περίπτωση αυτή, ο χειριστής δεν πρέπει να παρακολουθεί το κοπτικό εργαλείο κατά την κοπή και να μην επιχειρήσει να βάλει το χέρι του κοντά στο εργαλείο.
4. Η μέτρηση του τεμαχίου θα πρέπει να γίνεται, μόνο αφού η εργαλειομηχανή σταματήσει εντελώς.

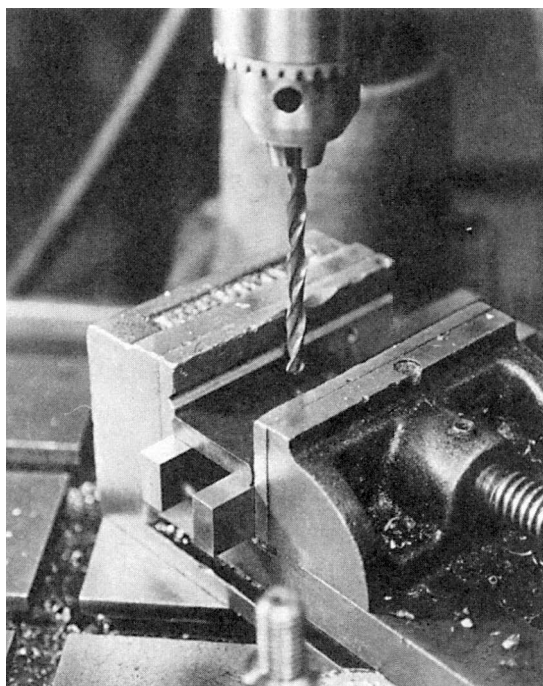


### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σχεδιάστε την κινηματική του πλανίσματος σε μία οριζόντια και σε μία κατακόρυφη βραχεία πλάνη και περιγράψτε τις κινήσεις που εκτελούνται από το εργαλείο και το τεμάχιο.
2. Τι είναι κύκλος εργασίας στο πλάνισμα;
3. Πώς μετακινείται η τράπεζα στην οριζόντια βραχεία πλάνη;
4. Ποια η διαφορά της οριζόντιας με την κατακόρυφη βραχεία πλάνη;
5. Αναφέρατε ενδεικτικά προϊόντα πλανίσματος με κατακόρυφη βραχεία πλάνη.
6. Ποια τα κύρια χαρακτηριστικά μιας τραπεζοπλάνης;
7. Σχεδιάστε την κινηματική του πλανίσματος σε μία τραπεζοπλάνη και περιγράψτε τις κινήσεις που εκτελούνται.
8. Από ποιους τύπους δίδονται η ενεργή και η μη-ενεργή ταχύτητα κοπής στην πλάνη;



9. Πώς υπολογίζονται οι κύκλοι εργασίας ανά λεπτό;
10. Πώς υπολογίζεται το μήκος διαδρομής του εμβόλου ή της τράπεζας;
11. Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες των εργαλείων πλάνισματος και ποια τα χαρακτηριστικά τους;
12. Ποια μέτρα ασφαλείας πρέπει να λαμβάνονται για την αποφυγή ατυχημάτων κατά το πλάνισμα;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 8

### ΔΙΑΤΡΗΣΗ - ΔΡΑΠΑΝΟ

- 8.1 Μηχανές διάτρησης - Δράπανα
- 8.2 Τρυπάνια
- 8.3 Χαρακτηριστικά στοιχεία κατά τη διάτρηση
- 8.4 Συγκράτηση των τεμαχίων στο δράπανο
- 8.5 Μέτρα ασφαλείας - Βασικοί κανόνες κατά την εκτέλεση της διάτρησης

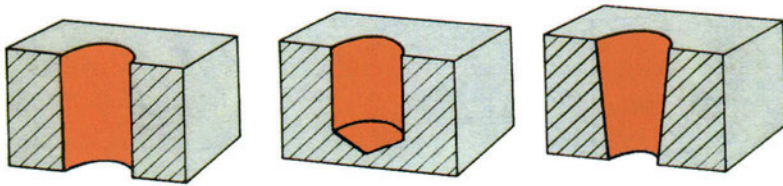




### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια τη διάτρηση, τα είδη των δράπανων και τα κύρια μέρη ενός δραπάνου.
- ✓ Να εκτελεί σωστά την κατεργασία της διάτρησης.

Η διάτρηση είναι μια κατεργασία κοπής που δημιουργεί κυλινδρικές οπές (διαμπερείς ή τυφλές) σε μεταλλικά και μη μεταλλικά υλικά (σχήμα 8.1) με τη χρήση τρυπανιού. Στις περισσότερες από αυτές τις κατεργασίες χρησιμοποιούνται δράπανα, χωρίς όμως να αποκλείεται η χρήση άλλων εργαλειομηχανών, όπως τόνων (εσωτερική τórνευση) ή φρεζομηχανών.



**Σχήμα 8.1:** Παραδείγματα οπών από διάτρηση.

Οπές μπορούν να προκύψουν σε εργαζόμενα τεμάχια, εκτός από την κατεργασία της διάτρησης, και με άλλες μεθόδους (χύτευση, αποκοπή κ.λπ.), οι οποίες είναι και, κατά κανόνα, φθηνότερες από την κατεργασία της διάτρησης. Πάντως, σε καμία από αυτές δεν μπορούν να επιτευχθούν οι σχετικές διαστάσεις (διάμετροι οπών, αποστάσεις κέντρων κ.λπ.) με την ακρίβεια που επιτυγχάνεται από τη διάτρηση. Κατά συνέπεια, η διάτρηση είναι μία πολύ σημαντική κατεργασία σε όλα τα είδη των μεταλλουργικών βιομηχανιών. Πολύ συχνά, οι οπές διάτρησης αποπερατώνονται με συναφείς κατεργασίες αποπεράτωσης όπως γλύφανση, λείανση, κ.λπ.

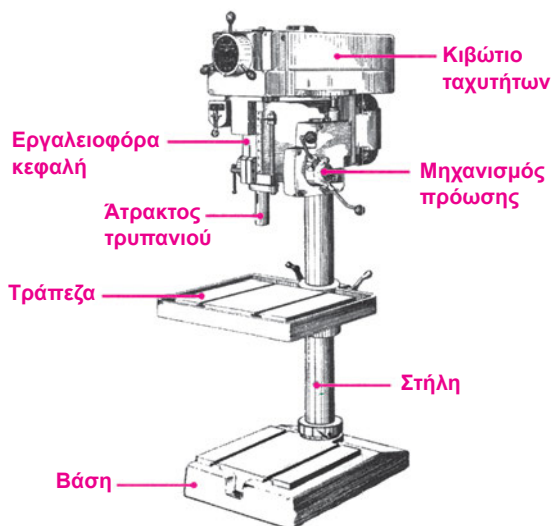
Η γλύφανση είναι η συνηθέστερη κατεργασία που ακολουθεί τη διάτρηση και είναι παρόμοια με αυτή. Εκτελείται συνήθως στο δράπανο (μπορεί να εκτελεστεί σε τórνο ή φρεζοδράπανο) με το γλύφανο (παρόμοιο με το τρυπάνι) και αποτελεί κατεργασία αποπεράτωσης (αφαιρείται μικρή ποσότητα υλικού), με την οποία διευρύνουμε και προσδίδουμε ορθό κυλινδρικό σχήμα και καλή ποιότητα επιφάνειας σε ανοιγμένες οπές.

## 8.1 ΜΗΧΑΝΕΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ - ΔΡΑΠΑΝΑ

Η κύρια κίνηση και η τροφοδοσία προσδίδονται στο τρυπάνι από το δράπανο. Η ποικιλία στη μορφή και στο μέγεθος των κατεργαζόμενων τεμαχίων, καθώς και στην ποιότητα των οπών, που πρέπει να γίνουν, έχει οδηγήσει στο σχεδιασμό πολλών τύπων δραπάνων. Στα περισσότερα από αυτά διεξάγονται (πέρα από την κανονική διάτρηση) και διεργασίες γλύφανσης και σπειρωτόμησης. Γίνεται διάκριση μεταξύ δραπάνων οριζόντιας και κάθετης διάτρησης, με βάση τη διεύθυνση της κύριας ατράκτου, και μεταξύ δραπάνων ελαφρών, μέσων και βαρέων, ανάλογα δηλαδή με το βάρος τους. Τα δράπανα κάθετης διάτρησης είναι τα πλέον διαδεδομένα στα μηχανουργεία.

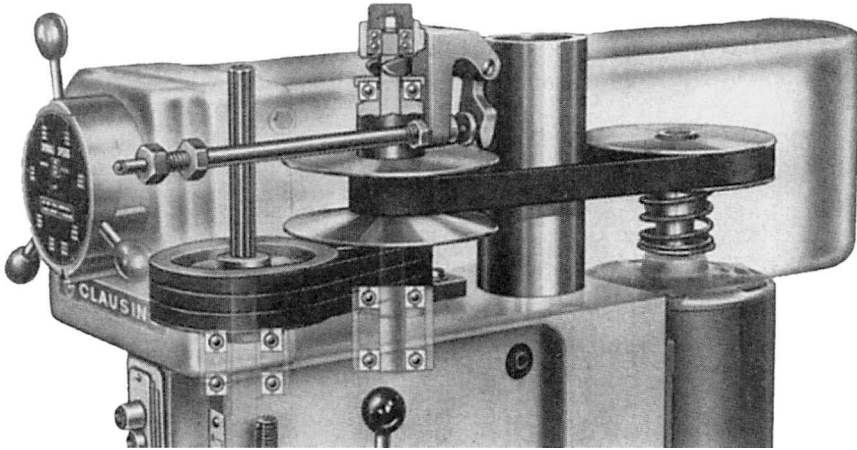
### 8.1.1 Δράπανο τύπου στήλης

Είναι το πλέον συνηθισμένο δράπανο που συναντάται στα μηχανουργεία και χρησιμοποιείται για οπές μέχρι 30 mm. Τα κύρια μέρη ενός μέσου δραπάνου στήλης φαίνονται στο σχήμα 8.2.



**Σχήμα 8.2:** Κύρια μέρη ενός δραπάνου τύπου στήλης.

Η στήλη, η οποία μπορεί να είναι κυλινδρική, όπως στο σχήμα 8.2, ή να είναι ορθογωνικής διατομής, στηρίζεται σταθερά στη βάση του δραπάνου και πάνω στη στήλη στηρίζεται το κιβώτιο ταχυτήτων (σχήμα 8.3), η εργαλειοφόρα κεφαλή και η τράπεζα.

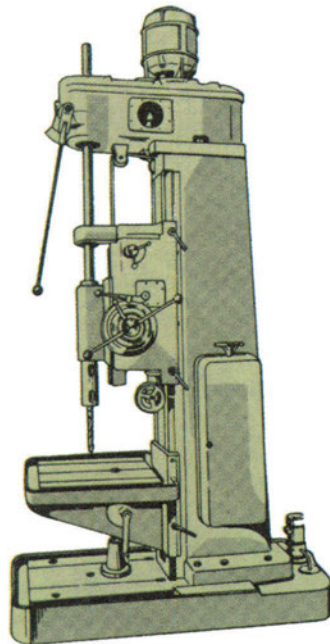


**Σχήμα 8.3:** Κιβώτιο ταχυτήτων δραπάνου.

Στην **τράπεζα** συγκρατείται το τεμάχιο μέσω και των αυλακιών, τύπου T, που διαθέτει η τράπεζα. Η ανύψωση της τράπεζας γίνεται με το μοχλό ανύψωσης, μέσω μίας διάταξης οδοντωτού τροχού – οδοντωτού κανόνα, ενώ η σταθεροποίησή της σε ορισμένο ύψος γίνεται από τον αντίστοιχο μοχλό σταθεροποίησης. Όταν η στήλη είναι κυλινδρική, η τράπεζα έχει τη δυνατότητα περιστροφής γύρω από τη στήλη για τη στήριξη μεγάλων τεμαχίων στη βάση του δραπάνου. Εγκοπές γύρω από την τράπεζα απομακρύνουν το ψυκτικό υγρό.

Ο **μηχανισμός πρόωσης** δίνει τη γραμμική κίνηση πρόωσης (πάνω-κάτω) στην άτρακτο του δραπάνου, μέσω ενός ζεύγους οδοντοτροχού - οδοντωτού κανόνα. Στην άτρακτο του δραπάνου προσδένεται το τρυπάνι είτε απευθείας είτε μέσω άλλου εξαρτήματος.

Για διάνοιξη μεγάλων οπών, κατάλληλο είναι το βαρύ δράπανο τύπου στήλης (σχήμα 8.4), που η ορθογωνικής διατομής στήλη του είναι ιδιαίτερα στιβαρή και επάνω σε αυτή μετακινείται η εργαλειοφόρα κεφαλή. Στο συγκεκριμένο δράπανο η άτρακτος τοποθετείται πολύ κοντά στη θέση εργασίας έτσι, ώστε να έχει καλή καθο-

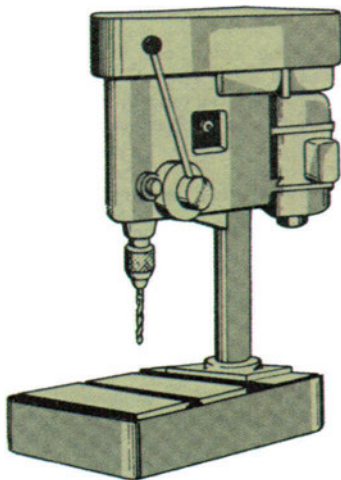


**Σχήμα 8.4:** Βαρύ δράπανο τύπου στήλης.

δήγηση, κάτι που απαιτείται κατά τη διάνοιξη μεγάλων οπών.

### 8.1.2 Δράπανο τύπου πάγκου

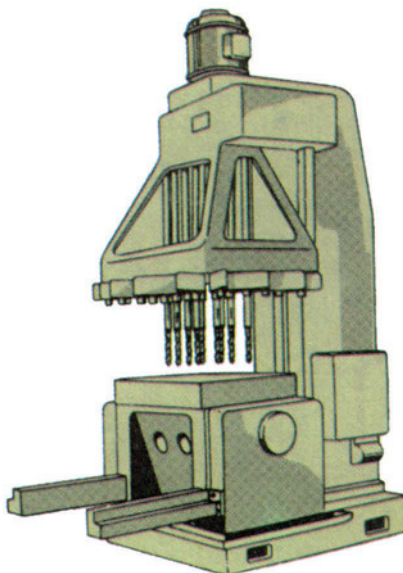
Είναι ελαφρύ δράπανο που τοποθετείται σε πάγκο εργασίας και είναι κατάλληλο για διάνοιξη οπών μέχρι 10 mm περίπου (σχήμα 8.5).



**Σχήμα 8.5:** Δράπανο τύπου πάγκου.

### 8.1.3 Δράπανο πολλαπλών ατράκτων

Η εργαλειοφόρα κεφαλή είναι εφοδιασμένη με πολλαπλές ατράκτους (σχήμα 8.6). Μπορούν να γίνουν ταυτόχρονα πολλαπλές οπές σε διάφορες θέσεις του κατεργαζόμενου τεμαχίου και με διαφορετικές διαμέτρους. Η κίνηση πρόωσης δίδεται από την τράπεζα και όχι από την εργαλειοφόρα κεφαλή, εξαιτίας του μεγάλου βάρους που έχει η εργαλειοφόρα κεφαλή. Το δράπανο αυτό χρησιμοποιείται για μαζική παραγωγή.



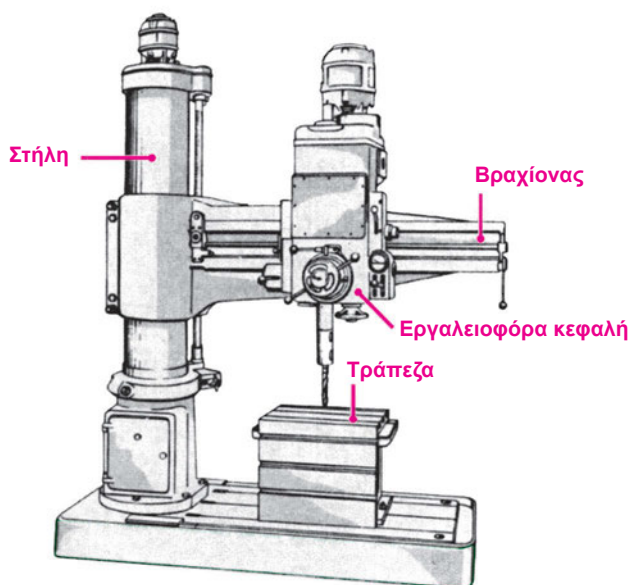
**Σχήμα 8.6:** Δράπανο πολλαπλών ατράκτων.

#### 8.1.4 Ακτινωτό δράπανο

Χρησιμοποιείται για διάτρηση μεγάλων και βαρέων κομματιών. Τα κύρια μέρη ενός ακτινωτού δραπάνου φαίνονται στο σχήμα 8.7.

Η στήλη του ακτινωτού δραπάνου στηρίζεται στη βάση της μηχανής. Στη στήλη είναι προσαρμοσμένος ο βραχίονας, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να περιστρέφεται γύρω από τη στήλη και να μετακινείται κατά μήκος της στήλης (επάνω-κάτω). Η εργαλειοφόρα κεφαλή μετακινείται κατά μήκος του βραχίονα μέσω ολισθητήρων. Με τον τρόπο αυτό, η άτρακτος του δραπάνου, η οποία βρίσκεται στην εργαλειοφόρα κεφαλή, έχει τη δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης, μέσω της μετακίνησης του βραχίονα επάνω στη στήλη, οριζόντιας μετακίνησης, μέσω της ολίσθησης της εργαλειοφόρας κεφαλής επάνω στο βραχίονα και τέλος περιστροφικής κίνησης, μέσω της περιστροφής του βραχίονα γύρω από τη στήλη. Το τεμάχιο δηλαδή δε χρειάζεται να μετακινηθεί επάνω στην τράπεζα, η οποία είναι σταθερή, αφού είναι δυνατή η διάτρηση όλων των οπών με μια πρόσδεσή του επάνω στην τράπεζα.



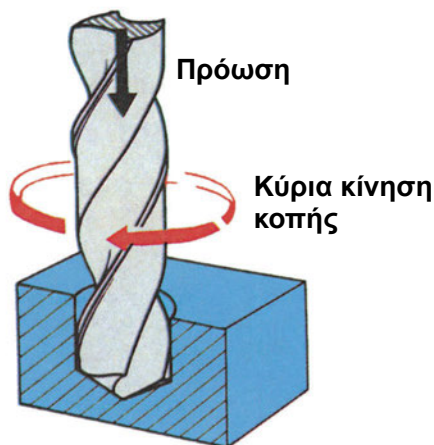


**Σχήμα 8.7:** Ακτινωτό δρόπανο.

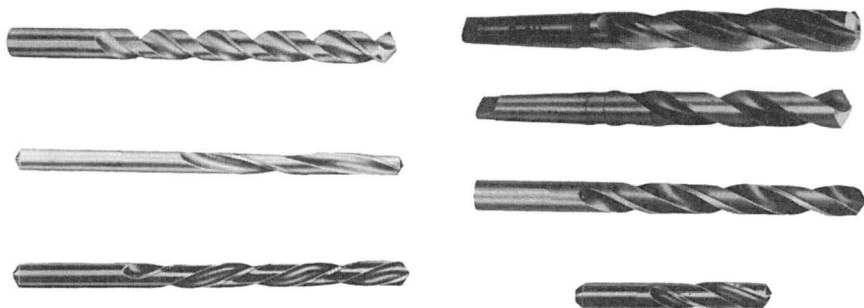
Εξαιτίας όλων αυτών των δυνατοτήτων μετακίνησης, που έχει η άτρακτος του δραπάνου, το ακτινωτό δρόπανο συναντάται συχνά στα μηχανουργεία, τόσο για παραγωγή ενός τεμαχίου, όσο και για παραγωγή σε παρτίδες.

## 8.2 ΤΡΥΠΑΝΙΑ

Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στη διάτρηση είναι το τρυπάνι και συγκεκριμένα το **ελικοειδές τρυπάνι** (σχήμα 8.8), που αποτελεί και το πλέον συνηθισμένο είδος τρυπανιού. Διάφοροι τύποι ελικοειδών τρυπανιών φαίνονται στο σχήμα 8.9.



Σχήμα 8.8: Κινηματική της διάτρησης.



Σχήμα 8.9: Διάφοροι τύποι ελικοειδών τρυπανιών.

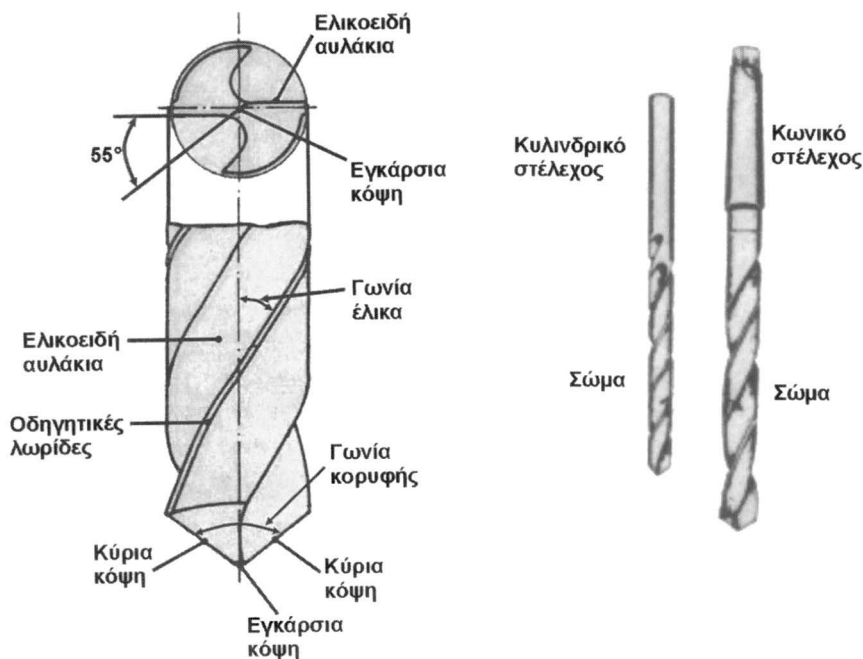
Το ελικοειδές τρυπάνι έχει το σχήμα κυλινδρικής ράβδου και αποτελείται από το **σώμα**, τις **κόψεις** και το **στέλεχος** (σχήμα 8.10). Στο σώμα του τρυπανιού υπάρχουν τα ελικοειδή αυλάκια, οι οδηγητικές λωρίδες, οι δύο (ή περισσότερες) κύριες κόψεις και η μία εγκάρσια κόψη.

Τα ελικοειδή αυλάκια, με τη μορφή που έχουν, βοηθούν στην εισχώρηση του υγρού κοπής για τη σωστή ψύξη και την ελάττωση της τριβής κατά τη διάτρηση. Ταυτόχρονα, χρησιμεύουν στη σωστή διαμόρφωση του αποβλήτου (κατσαρή μορφή) και στην ευκολότερη δίοδο του προς τα έξω.

Οι οδηγητικές λωρίδες βοηθούν στη σωστή κατεύθυνση του τρυπανιού κατά τον άξονα της οπής και γι' αυτό τροχίζονται με ακρίβεια στην ονομαστική διάμετρο του τρυπανιού. Κατά τη διάτρηση, εφάπτονται στο τοίχωμα της οπής και εξασφαλίζουν μικρότερη τριβή ανάμεσα στο τρυπάνι και στην οπή.

Η εγκάρσια κόψη δεν κόβει, αλλά προωθεί το υλικό από το κέντρο της οπής προς τις κύριες κόψεις. Το στέλεχος, που μπορεί να είναι κυλινδρικό ή

κωνικό, είναι το υπόλοιπο τμήμα του τρυπανιού, που προσδένεται στην άτρακτο του δραπάνου. Οι κύριες κόψεις σχηματίζουν τη **γωνία κορυφής**, ενώ, σε σχέση με την εγκάρσια κόψη, οι κύριες κόψεις σχηματίζουν γωνία  $55^\circ$ .



**Σχήμα 8.10:** Χαρακτηριστικά στοιχεία ελικοειδούς τρυπανιού με δύο κύριες κόψεις.

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 8.1 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 H για μικρές γωνίες έλικα, ο τύπος N για μέτριες γωνίες έλικα και ο τύπος W για μεγάλες γωνίες έλικα.

**Πίνακας 8.1: Χαρακτηριστικές γωνίες ελικοειδών τρυπανιών για διάφορα υλικά κατεργαζόμενων τεμαχίων.**

| Υλικό τεμαχίου             | Γωνία έλικα | Γωνία κορυφής | Τύπος τρυπανιού |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------------|
| Χάλυβας, χυτοσίδηρος       | 16° - 30°   | 118° - 130°   | N               |
| Ορείχαλκος                 | 10° - 20°   | 118°          | H, N            |
| Χαλκός, κράματα αλουμινίου | 35° - 40°   | 140°          | W, N            |
| Πλαστικά, Ελαστικά         | 10° - 15°   | 80°           | H               |

Το υλικό κατασκευής των τρυπανιών είναι ταχυχάλυβας και χάλυβας εργαλείων.

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.

### 8.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗ

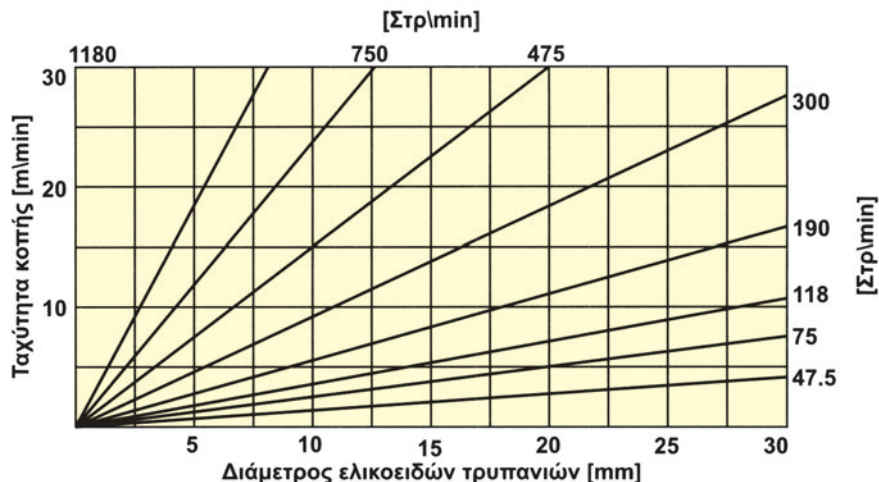
Η ταχύτητα κοπής **u** δίδεται σε [m/min] από τη σχέση:

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (8.1)$$

Όπου **D** είναι η ονομαστική διάμετρος του τρυπανιού σε [mm] και **n** είναι η περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου του δραπάνου σε [σπρ/min].

Ανάλογα με το υλικό του τεμαχίου και την ονομαστική 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 8.11) από τα οποία διαβάζει ο χειριστής την περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου του δραπάνου ως προς τη διάμετρο του τρυπανιού και την ταχύτητα κοπής.



**Σχήμα 8.11:** Διάγραμμα ταχύτητας κοπής - περιστροφικής ταχύτητας για δρόπανο.

Η πρόωση  $s$  μετράται σε [mm/στρ] και επιλέγεται με βάση το υλικό του τεμαχίου και την ονομαστική διάμετρο του τρυπανιού. Στον πίνακα 8.2 δίδονται οι συνιστώμενες τιμές για την ταχύτητα κοπής και την πρόωση για τρυπάνι από ταχυχάλυβα.

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 επιφάνειας 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.

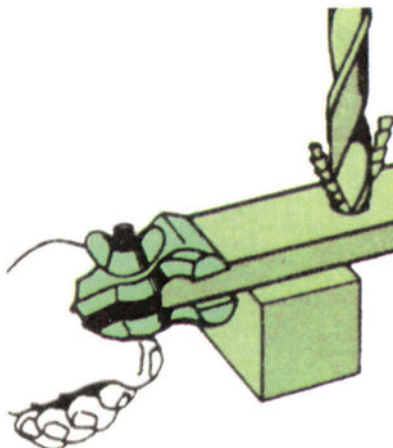
**Πίνακας 8.2: Συνιστώμενες τιμές της ταχύτητας κοπής και της πρόωσης για διάτρηση διαφόρων υλικών με ελικοειδές τρυπάνι από ταχυχάλυβα.**

| Υλικό                                                  |                    | Ονομαστική διάμετρος τρυπανιού [mm] |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                        |                    | 5                                   | 10   | 15   | 20   | 25   | 30   |
| Χάλυβας με όρ. θραύσης μέχρι 40 kg/mm <sup>2</sup>     | Ταχ. κοπής [m/min] | 15                                  | 18   | 22   | 26   | 29   | 32   |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.1                                 | 0.18 | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.34 |
| Χάλυβας με όρ. θραύσης μέχρι 60 kg/mm <sup>2</sup>     | Ταχ. κοπής [m/min] | 13                                  | 16   | 20   | 23   | 26   | 28   |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.1                                 | 0.18 | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.35 |
| Χάλυβας με όρ. θραύσης μέχρι 80 kg/mm <sup>2</sup>     | Ταχ. κοπής [m/min] | 12                                  | 14   | 16   | 18   | 21   | 23   |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.07                                | 0.13 | 0.16 | 0.19 | 0.21 | 0.23 |
| Χυτοσίδηρος με όρ. θραύσης μέχρι 18 kg/mm <sup>2</sup> | Ταχ. κοπής [m/min] | 24                                  | 28   | 32   | 24   | 37   | 39   |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.15                                | 0.24 | 0.3  | 0.32 | 0.35 | 0.38 |
| Χυτοσίδηρος με όρ. θραύσης μέχρι 22 kg/mm <sup>2</sup> | Ταχ. κοπής [m/min] | 16                                  | 18   | 21   | 24   | 26   | 27   |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.15                                | 0.24 | 0.3  | 0.33 | 0.35 | 0.38 |
| Ορείχαλκος με όρ. θραύσης μέχρι 40 kg/mm <sup>2</sup>  | Ταχ. κοπής [m/min] | 60 - 70                             |      |      |      |      |      |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.1                                 | 0.15 | 0.22 | 0.27 | 0.3  | 0.32 |
| Μπρούντζος με όρ. θραύσης μέχρι 30 kg/mm <sup>2</sup>  | Ταχ. κοπής [m/min] | 30 - 40                             |      |      |      |      |      |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.1                                 | 0.15 | 0.22 | 0.27 | 0.3  | 0.32 |
| Κράματα αλουμινίου                                     | Ταχ. κοπής [m/min] | 100 - 150                           |      |      |      |      |      |
|                                                        | Πρόωση [mm/στρ]    | 0.12                                | 0.2  | 0.3  | 0.4  | 0.46 | 0.5  |

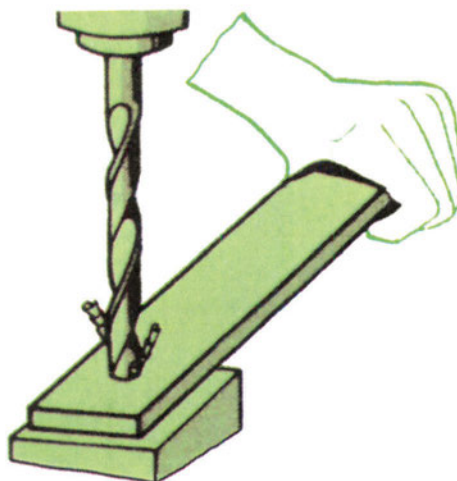
#### 8.4 ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΤΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΣΤΟ ΔΡΑΠΑΝΟ

Η συγκράτηση των τεμαχίων στην τράπεζα του δραπάνου πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά και με ασφάλεια, γιατί κατά τη διάτρηση αναπτύσσεται ισχυρή ροπή στρέψης και, αν το τεμάχιο δε συγκρατείται γερά, πιθανότατα να παρασυρθεί και να προκληθεί ατύχημα.

Η μέγγενη χειρός είναι συνήθως κατάλληλη για στήριξη μικρών αντικειμένων (σχήμα 8.12), ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται για τη στήριξη μακρών τεμαχίων (σχήμα 8.13).



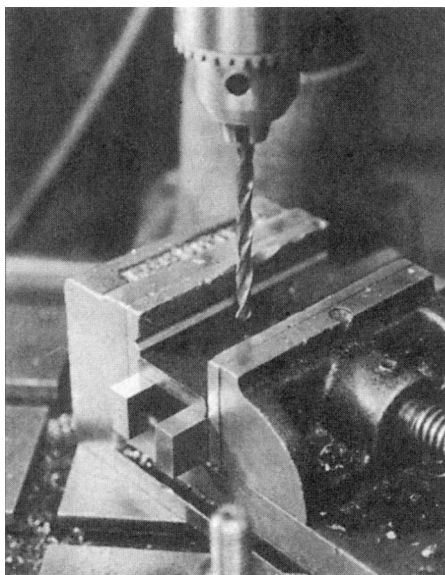
**Σχήμα 8.12:** Συγκράτηση μικρών τεμαχίων με τη μέγγενη χειρός.



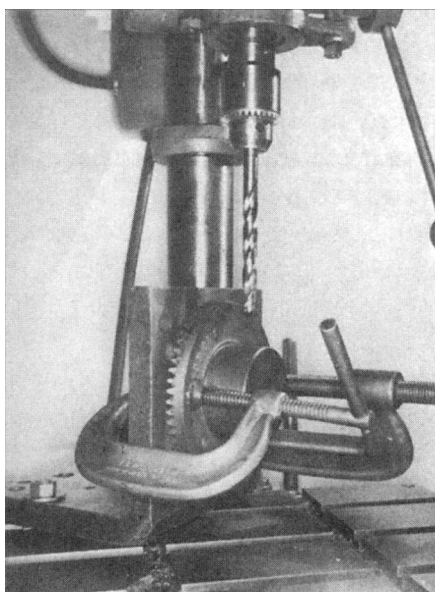
**Σχήμα 8.13:** Μη ασφαλής στήριξη μακρών τεμαχίων.

Ο ασφαλέστερος τρόπος στήριξης των τεμαχίων είναι στη μέγγενη του

δραπάνου (σχήμα 8.14) ή απευθείας στην τράπεζα του δραπάνου μέσω και των αυλακιών της τράπεζας, στα οποία στηρίζονται οι σφιγκτήρες τύπου Τ. Η πρόσδεση του τεμαχίου μπορεί να γίνει με ειδικούς σφιγκτήρες και βαριά ορθή γωνία (σχήμα 8.15). Καμπυλωτά τεμάχια μπορούν να στηριχθούν σε συγκρατήρες τύπου V (σχήμα 8.16).

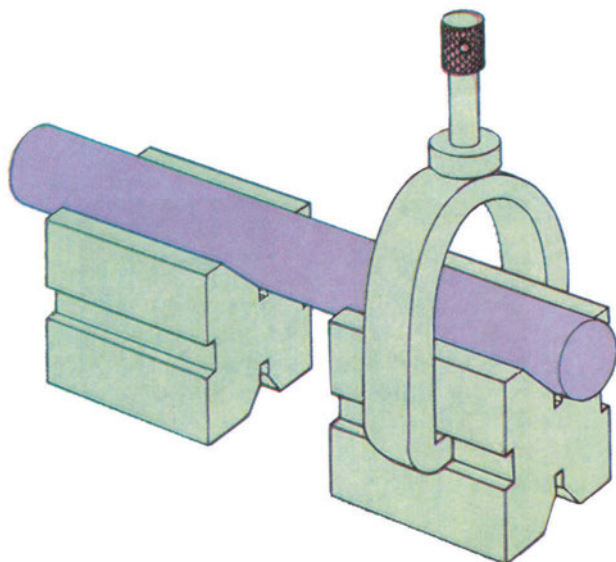


**Σχήμα 8.14:** Συγκράτηση τεμαχίου στη μέγγενη με τη βοήθεια και παράλληλων πλακιδίων στο κάτω μέρος του.



**Σχήμα 8.15:** Στήριξη του τεμαχίου με ειδικούς σφιγκτήρες και βαριά ορθή γωνία.

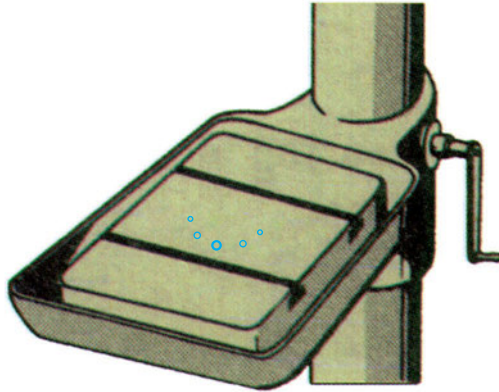




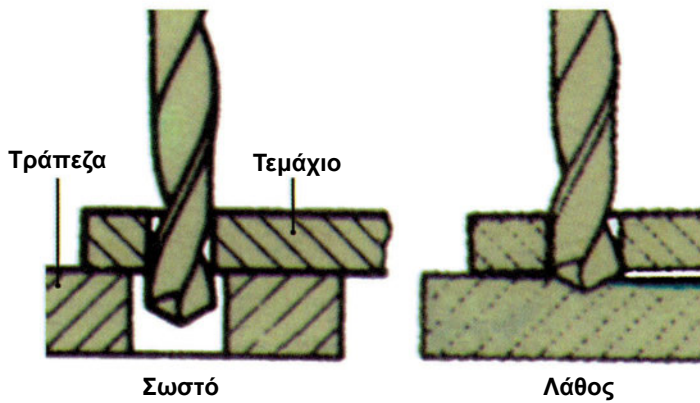
**Σχήμα 8.16:** Στήριξη του τεμαχίου με συγκρατήρες τύπου V.

Κατά τη διάρκεια της διάτρησης, η τράπεζα του δραπάνου μπορεί να υποστεί ζημιά από το τρυπάνι (σχήμα 8.17). Προκειμένου να αποτραπεί κάτι τέτοιο, το τρυπάνι πρέπει να τοποθετηθεί σε τέτοια θέση, ώστε τελειώνοντας τη διάνοιξη της οπής να περάσει από την οπή γρεζιών της τράπεζας, που διαθέτει η τράπεζα, ή από κατάλληλη σχισμή της. Εάν δεν υφίσταται τέτοια οπή, τότε πρέπει να τοποθετηθεί ένα παραλληλεπίπεδο κομμάτι ξύλου ή χάλυβα κάτω από το τεμάχιο.

Το κέντρο της προς διάνοιξη οπής πρέπει να είναι πλήρως ευθυγραμμισμένο με την κορυφή του τρυπανιού (ακριβώς κάτω από τη μύτη του τρυπανιού). Μία κάθετη οπή μπορεί να επιτευχθεί μόνο ύστερα από μία οριζόντια και ορθή στήριξη του τεμαχίου (σχήμα 8.18). Κατά συνέπεια, η τράπεζα του δραπάνου πρέπει να είναι απαλλαγμένη από γρέζια και άλλα σωματίδια.

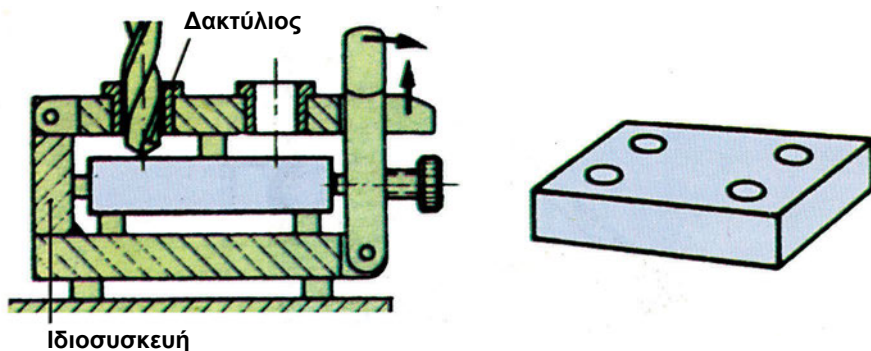


Σχήμα 8.17: Τράπεζα διάτρησης με ζημιές από το τρυπάνι.



Σχήμα 8.18: Οριζόντια έδραση του τεμαχίου.

Για τη διάτρηση μεγάλου αριθμού ίδιων τεμαχίων (μαζική παραγωγή) χρησιμοποιούνται κατάλληλες ιδιοσυσκευές στις οποίες και συσφίγγεται το τεμάχιο (σχήμα 8.19). Το τρυπάνι λαμβάνει την οδήγησή του από τους δακτυλίους διάτρησης της ιδιοσυσκευής. Με τον τρόπο αυτό εξοικονομείται χρόνος, καθώς δεν απαιτείται χάραξη και κεντρικό ποντάρισμα.



Σχήμα 8.19: Ιδιοσυσκευή συγκράτησης του τεμαχίου για τη διάτρηση.

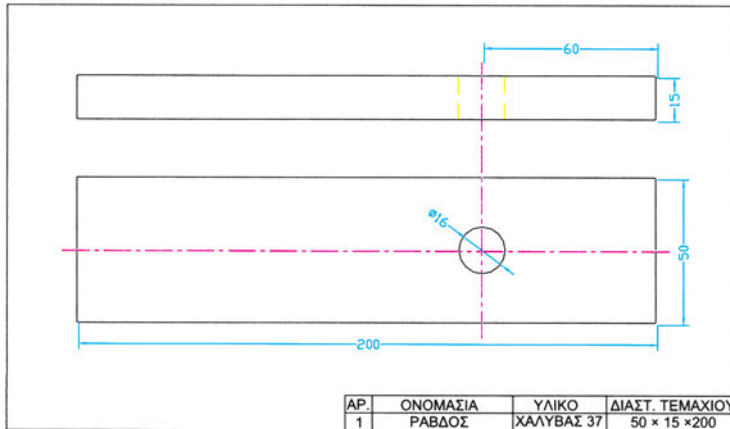


### ΑΣΚΗΣΗ 8.1

#### 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.

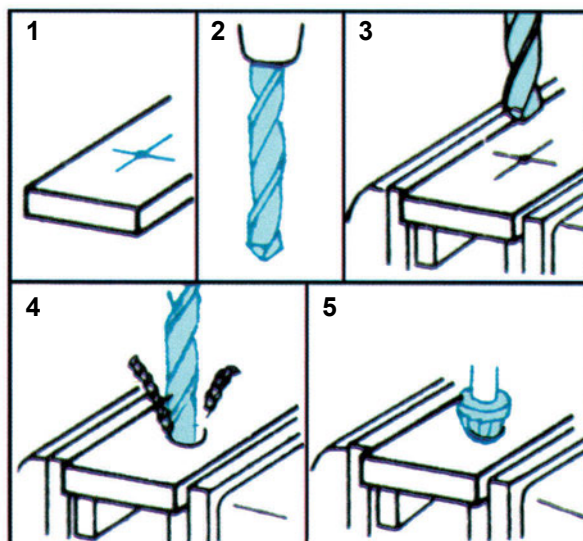
Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, ισχύει η εξής αρχή: Οπές, οι οποίες σύμφωνα με τη μέθοδο κατασκευής του αντίστοιχου προϊόντος διανοίγονται (ή χυτεύονται), δε συνοδεύονται από σύμβολο επιφάνειας. Εάν οι οπές αυτές πρόκειται να κατεργασθούν περαιτέρω (π.χ. γλύφανση, λείανση κ.λπ.), θα πρέπει να δίδονται τα 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, διαβήτη, 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 |                       |                                                |

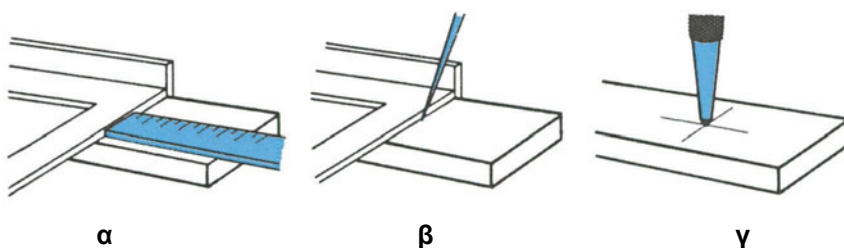


### Στάδια κατεργασίας μεταλλικής ράβδου

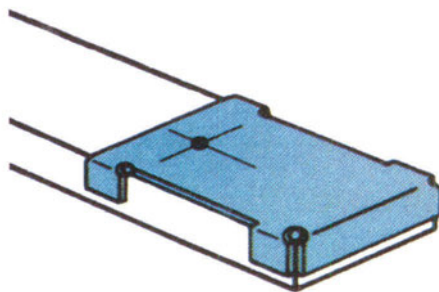
### Χάραξη των οπών διάτρησης

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 8.20). Για εργασίες ακρίβειας 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 8.21).



**Σχήμα 8.20:** Χάραξη και κεντρικό ποντάρισμα της ράβδου: (α) μέτρηση, (β) χάραξη, (γ) κεντρικό ποντάρισμα.



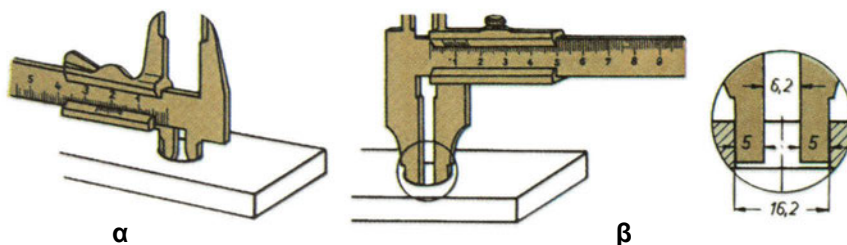
**Σχήμα 8.21:** Οδηγός χάραξης.

### Επιλογή συνθηκών διάτρησης

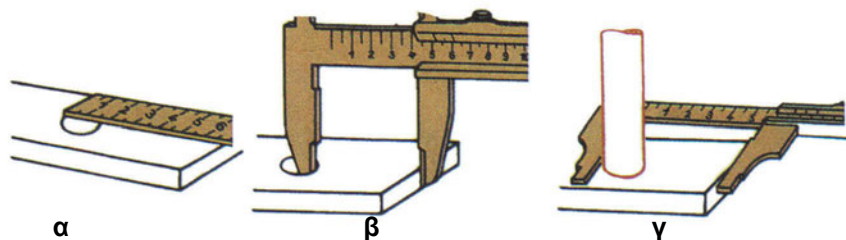
Επιλέγεται τρυπάνι χάλυβα υψηλών ταχυτήτων με διάμετρο 16 mm, κατάλληλο για χάλυβα. Για τη διάτρηση είναι κατάλληλο δράπανο τύπου στήλης μεσαίου μεγέθους. Για μία ταχύτητα κοπής 22 m/min απαιτούνται 475 στροφές/λεπτό (σχήμα 8.11). Η πρόωση πρέπει να ανέρχεται σε 0,25 mm/στροφή. Ιδιαίτερη φροντίδα πρέπει να δοθεί στην πρόσδεση του τεμαχίου και στη συγκράτηση του τρυπανιού.

### Μέτρηση της οπής διάτρησης

Πρέπει να μετριάται το μέγεθος (διάμετρος) και η θέση της διανοιγμένης οπής. Το μέγεθος (διάμετρος) της οπής μπορεί να μετρηθεί με παχύμετρο (σχήμα 8.22).



**Σχήμα 8.22 :** 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 8.23 :** 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.

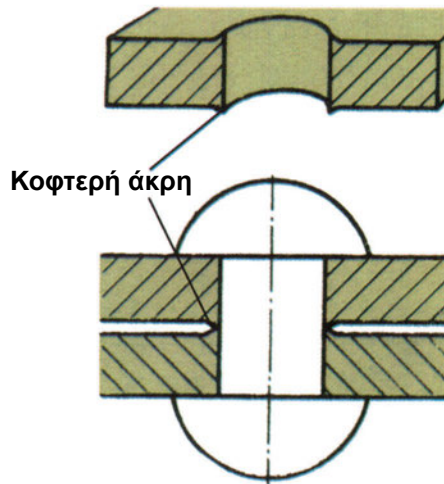
Η μέτρηση της θέσης της πρέπει να διεξάγεται από την ακμή του τεμαχίου που υποδεικνύεται στο σχέδιο (ακμή αναφοράς). Η θέση της οπής μπορεί να μετρηθεί με διάφορους τρόπους (σχήμα 8.23). Σε απλές περιπτώσεις είναι κατάλληλος ο χαλύβδινος χάρακας. Εάν στο κατασκευαστικό σχέδιο δε δίδονται ανοχές για απλά τεμάχια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χάρτες ανοχών του μηχανουργείου για αποστάσεις κέντρο-κέντρο.

## 8.5 ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ – ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ

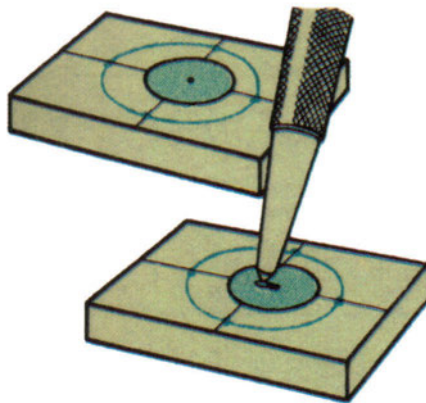
1. Η ασφαλής συγκράτηση του τεμαχίου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι το βασικότερο μέτρο ασφαλείας κατά τη διάτρηση και πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή.
2. Τα γρέζια δεν πρέπει να απομακρύνονται με το χέρι (τραύματα στα δάκτυλα). Τα μικρά γρέζια δεν πρέπει να διώχνονται με φύσημα (τραύματα στα μάτια). 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 8.24).
5. Απαιτείται προσοχή στο ντύσιμο του χειριστή, γιατί χαλαροί γιακάδες ή ζακέτες αλλά και μακριά μαλλιά, μπορεί να πιαστούν από την περιστρεφόμενη άτρακτο του δραπεάνου.

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 8.25). 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 8.24:** Οι κοφτερές άκρες των οπών μπορούν να προκαλέσουν τραύματα στα χέρια και μη καλή επαφή μεταξύ επιφανειών.

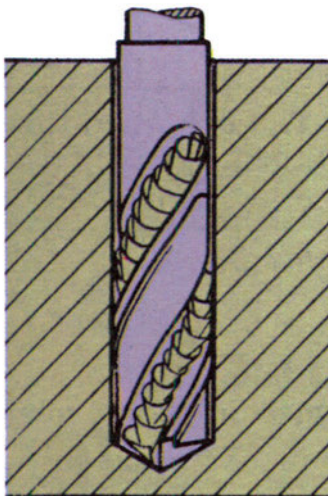


**Σχήμα 8.25:** Σωστή χάραξη της οπής πριν τη διάτρηση.

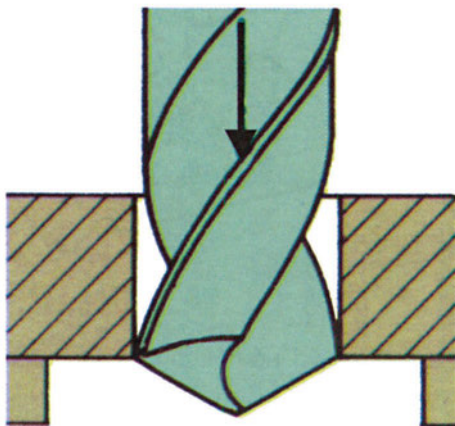
- ♦ Τα γρέζια δεν πρέπει να παγιδεύονται μέσα στην οπή μαζί με το τρυπάνι, γιατί λόγω αυξημένης τριβής το τελευταίο θα σπάσει (σχήμα 8.26). Κατά τη διάτρηση μεγάλου βάθους οπών, το τρυπάνι πρέπει να απομακρύνεται συχνά από τη διανοιγόμενη οπή για να απομακρυνθούν τα γρέζια.
- ♦ Όταν το τρυπάνι διαπεράσει το υλικό και ξεπροβάλει λίγο, πρέπει να μειωθεί η πρόωση, αλλιώς το τρυπάνι 'αρπάζει' και σπάει (σχήμα 8.27).
- ♦ Δεν πρέπει να υπάρχει αξονική χάρη μεταξύ ατράκτου και περιβλήματος 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



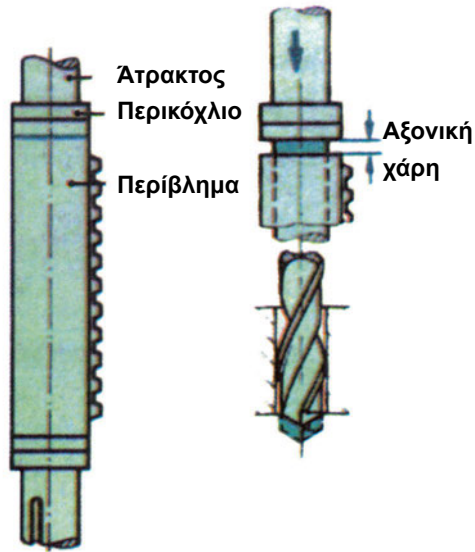
πρόωση (σχήμα 8.28). Το αποτέλεσμα είναι ότι το τρυπάνι ‘αρπάζει’ και σπάει. Η αξονική χάρη μπορεί να εξαλειφθεί επανασφίγγοντας το περικόχλιο.



**Σχήμα 8.26:** Συνεχής απομάκρυνση των γρεζιών από μεγάλου βάθους οπή.



**Σχήμα 8.27:** Μείωση της πρόωσης μόλις ξεπροβάλει η άκρη του τρυπανιού.



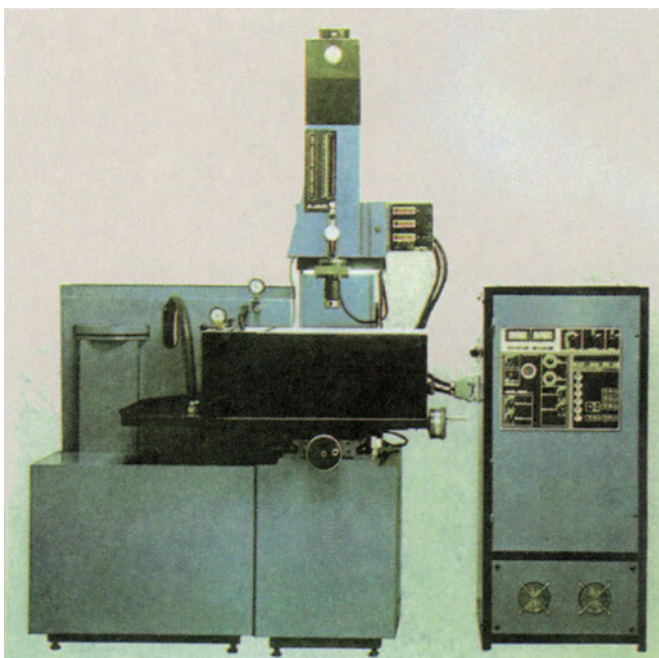
**Σχήμα 8.28:** Εξάλειψη της αξονικής χάρης μεταξύ ατράκτου και περιβλήματός της.



#### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Με ποιες κατεργασίες μπορεί να γίνει διάνοιξη οπών;
2. Σχεδιάστε την κινηματική της διάτρησης και περιγράψτε τις κινήσεις που εκτελούνται.
3. Ποια είναι τα είδη δραπάνων;
4. Δώστε τα χαρακτηριστικά ενός δραπάνου τύπου στήλης.
5. Ποιες είναι οι δυνατές μετακινήσεις της ατράκτου ενός ακτινωτού δραπάνου;
6. Γιατί χρησιμοποιείται για μαζική παραγωγή το δράπανο πολλαπλών ατράκτων;
7. Σε τι χρησιμεύουν τα ελικοειδή αυλάκια και οι οδηγητικές λωρίδες ενός ελικοειδούς τρυπανιού;
8. Σχεδιάστε όλες τις κόψεις ενός ελικοειδούς τρυπανιού. Ποιες κόψεις σχηματίζουν τη γωνία κορυφής;
9. Ποιες παράμετροι επιδρούν στην επιλογή τρυπανιού για την εκτέλεση της διάτρησης;

10. Περιγράψτε το τρυπάνι με σήμανση 20 N DIN 345 HSS.
11. Γιατί χρησιμοποιούνται ψυκτικά υγρά στη διάτρηση; Ποια είναι τα πιο συνηθισμένα ψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται;
12. Πότε χρησιμοποιούνται ιδιοσυσκευές συγκράτησης του τεμαχίου στη διάτρηση;
13. Πώς γίνεται η χάραξη και το ποντάρισμα για τη διάνοιξη οπής;
14. Πώς γίνεται η μέτρηση της οπής διάτρησης;
15. Ποια τα βασικά μέτρα ασφαλείας, που πρέπει να λαμβάνει ο χειριστής του δραπεάνου για την αποφυγή ατυχημάτων;
16. Ποιοι είναι οι βασικοί κανόνες για την ορθή εκτέλεση της διάτρησης;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 9

### ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ

- 9.1 Περιγραφή της κατεργασίας
- 9.2 Είδη της κατεργασίας
- 9.3 Συνθήκες κατεργασίας
- 9.4 Εργαλεία - Προϊόντα της κατεργασίας
- 9.5 Εργαλειομηχανή ηλεκτροδιάβρωσης
- 9.6 Κοπή με τη χρήση σύρματος - ηλεκτροδίου





## Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ☒ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια την ηλεκτροδιάβρωση, τα είδη ηλεκτροδιάβρωσης και τα κύρια μέρη μίας εργαλειομηχανής ηλεκτροδιάβρωσης.
- ☒ Να εκτελεί σωστά τη κατεργασία της ηλεκτροδιάβρωσης.

Η κατεργασία αφαίρεσης μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα ή αλλιώς **ηλεκτροδιάβρωση** είναι μια κατεργασία διαμόρφωσης με απεικόνιση, με την οποία η μορφή του ηλεκτροδίου-εργαλείου απεικονίζεται στο ηλεκτρόδιο-τεμάχιο. Η αφαίρεση υλικού είναι αποτέλεσμα ελεγχόμενων ηλεκτρικών εκκενώσεων, που λαμβάνουν χώρα μέσα σε περιβάλλον ηλεκτρικώς μη αγώγιμου υγρού, μεταξύ δύο καλών αγωγών του ηλεκτρισμού, του τεμαχίου και του εργαλείου.

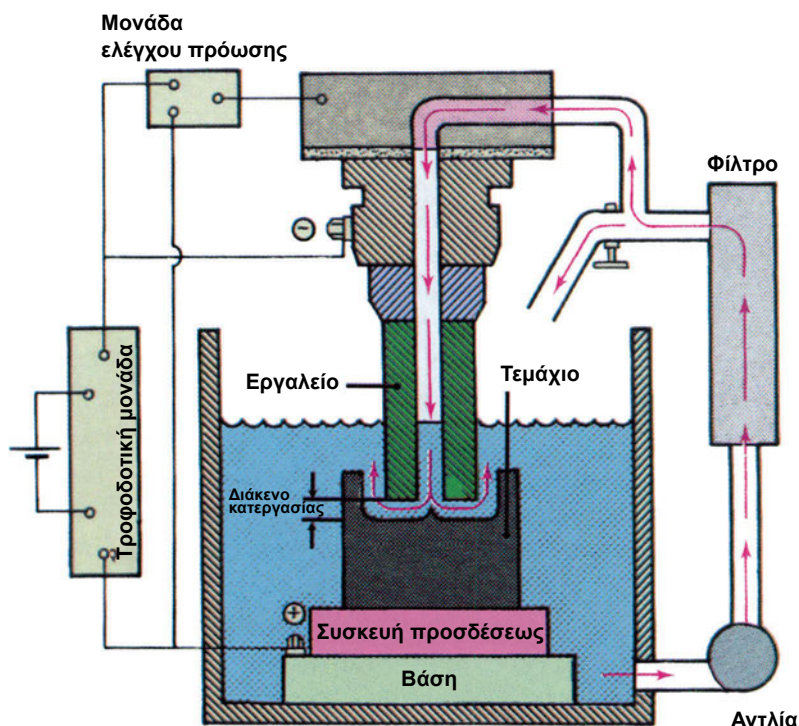
Με την ηλεκτροδιάβρωση κατεργαζόμαστε πολύ σκληρά υλικά, των οποίων η κατεργασία με τις κλασικές μεθόδους κοπής είναι πολλές φορές πολύ δύσκολη. Τέτοια υλικά είναι τα σκληρομέταλλα, οι βαμμένοι χάλυβες, το βολφράμιο, οι στελλίτες, τα συνθετικά διαμάντια κ.ά. Επιπρόσθετα, επιτυγχάνεται πολύ καλή ποιότητα επιφάνειας, ενώ και η απόδοση της μορφής του εργαλείου-ηλεκτροδίου στο τεμάχιο-ηλεκτρόδιο είναι ιδιαίτερα ακριβής, με αποτέλεσμα να βρίσκει πολύ μεγάλη εφαρμογή στην κατασκευή διαφόρων μητρώων.

### 9.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο σχήμα 9.1 φαίνεται η τυπική διάταξη της κατεργασίας. Το εργαλείο είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο του συστήματος και προσαρμόζεται σε ειδική υποδοχή του μηχανισμού πρόωσης της εργαλειομηχανής, εξασφαλίζοντας, μέσω του συστήματος ελέγχου της πρόωσης, ελεγχόμενη πρόωση για τη διατήρηση του διακένου κατεργασίας. Το διάκενο κατεργασίας είναι η σταθερή απόσταση των 25-30  $\mu\text{m}$  μεταξύ των επιφανειών του εργαλείου και του τεμαχίου και πρέπει να παραμένει σταθερό σε όλη τη διάρκεια της κατεργασίας.

Το τεμάχιο είναι το θετικό ηλεκτρόδιο του συστήματος και προσδένεται σε συσκευή προσδέσεως επάνω στην τράπεζα της εργαλειομηχανής.

Και τα δυο ηλεκτρόδια, δηλ. τεμάχιο και εργαλείο, είναι εμβαπτισμένα μέσα σε λουτρό διηλεκτρικού υγρού, που βρίσκεται σε συνεχή κυκλοφορία, και συνδέονται σε τροφοδοτική μονάδα (γεννήτρια), η οποία παρέχει την αναγκαία τάση και ισχύ για τη δημιουργία των εκκενώσεων.



Σχήμα 9.1: Τυπική διάταξη κατεργασίας με ηλεκτροδιάβρωση.

Κάθε εκκένωση προκαλεί επιφανειακή τήξη και αφαίρεση μετάλλου και από τα δύο ηλεκτρόδια. Με κατάλληλη ρύθμιση της έντασης και της συχνότητας των εκκενώσεων, καθώς επίσης με τον κατάλληλο κάθε φορά συνδυασμό, υλικού εργαλείου και υλικού τεμαχίου, και της πολικότητας (εργαλείο-αρνητικό και κομμάτι-θετικό) πετυχαίνεται απειροελάχιστη αφαίρεση υλικού από το εργαλείο-ηλεκτρόδιο (περίπου 0,5%) σε σχέση με την αφαίρεση υλικού από το τεμάχιο-ηλεκτρόδιο. Το λιωμένο μέταλλο, με τη μορφή σφαιρικών τεμαχιδίων, παρασύρεται μέσα στο διηλεκτρικό υγρό και απομακρύνεται από το σημείο εκκένωσης, στο οποίο δημιουργείται ένας μικρός αβαθής κρατήρας. Για τον καθαρισμό του διηλεκτρικού υγρού από τα τεμαχίδια υλικού χρησιμοποιείται φίλτρο καθαρισμού.

Με τον τρόπο αυτό, η αφαίρεση μετάλλου από το τεμάχιο-ηλεκτρόδιο γίνεται προοδευτικά, μέσω της σταθερής πρόωσης, και τελικά δημιουργείται

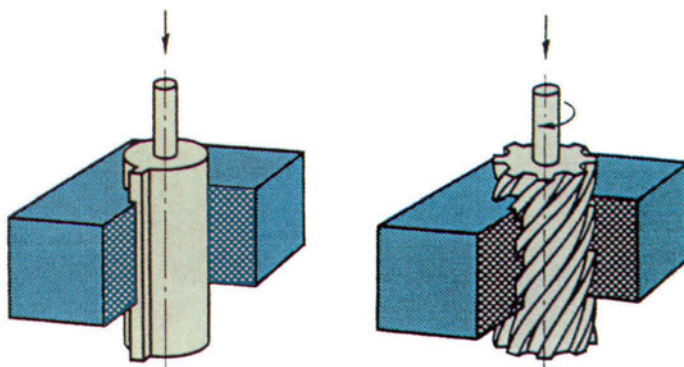
κοιλότητα στο τεμάχιο ακριβώς ίδια με τη μορφή του εργαλείου-ηλεκτροδίου.

## 9.2 ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

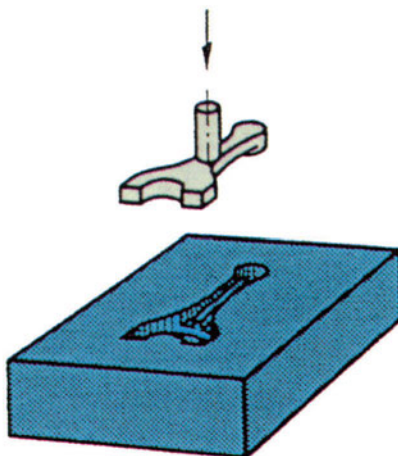
### 9.2.1 Εμβάθυνση με ηλεκτροδιάβρωση

Η εμβάθυνση με ηλεκτροδιάβρωση περιλαμβάνει τις περιπτώσεις κατεργασίας, που η μέση ταχύτητα ανάμεσα στο εργαλείο και το τεμάχιο ταυτίζεται με την ταχύτητα εμβάθυνσης του εργαλείου στο τεμάχιο. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- ♦ Διάτρηση (σχήμα 9.2) και
- ♦ Αποτύπωση (σχήμα 9.3)



Σχήμα 9.2: Διάτρηση με ηλεκτροδιάβρωση.



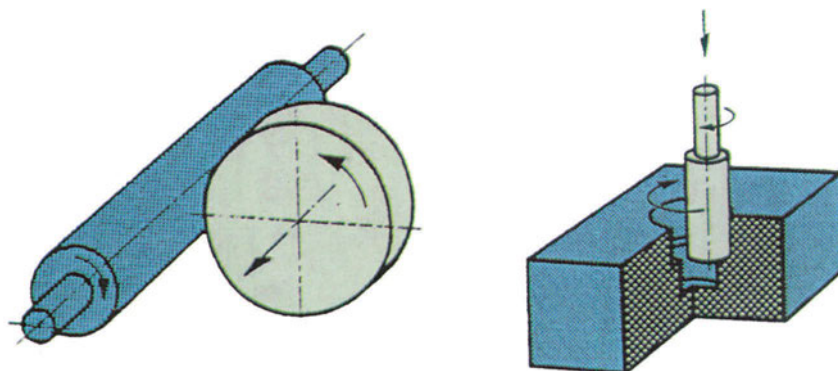
Σχήμα 9.3: Αποτύπωση με ηλεκτροδιάβρωση.



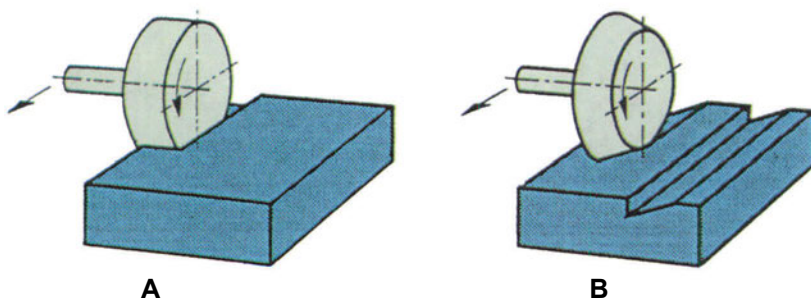
### 9.2.2 Λείανση με ηλεκτροδιάβρωση

Η λείανση με ηλεκτροδιάβρωση περιλαμβάνει τις περιπτώσεις κατεργασίας, που το εργαλείο περιστρέφεται, ενώ υπάρχει και σχετική κίνηση εργαλείου-τεμαχίου. Διακρίνουμε τις περιπτώσεις:

- ♦ Λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών (σχήμα 9.4Α)
- ♦ Λείανση εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών (σχήμα 9.4Β)
- ♦ Λείανση επιπέδων επιφανειών (σχήμα 9.5Α) και
- ♦ Λείανση μορφής (σχήμα 9.5Β).



**Σχήμα 9.4:** Λείανση κυλινδρικών επιφανειών με ηλεκτροδιάβρωση.

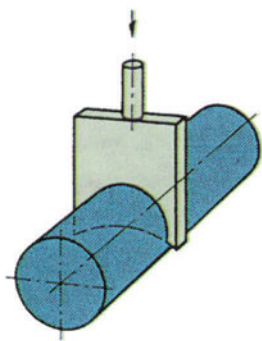


**Σχήμα 9.5:** Λείανση επιπέδων επιφανειών (Α), λείανση μορφής (Β) με ηλεκτροδιάβρωση.

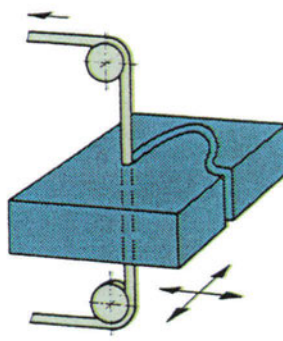
### 9.2.3 Κοπή με ηλεκτροδιάβρωση

Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις κοπής:

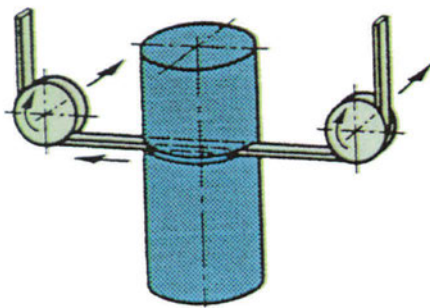
- ♦ Με χρήση πλάκας (σχήμα 9.6Α)
- ♦ Με χρήση σύρματος (σχήμα 9.6Β)
- ♦ Με χρήση ταινίας (σχήμα 9.6Γ) και
- ♦ Με χρήση περιστρεφόμενου τροχού (σχήμα 9.6Δ).



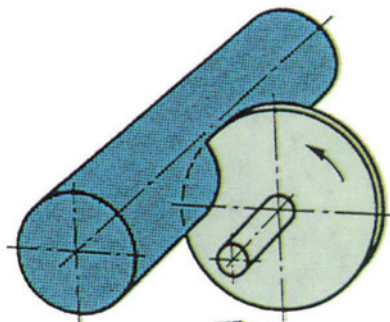
**A**



**B**



**Γ**



**Δ**

**Σχήμα 9.6:** Κοπή με ηλεκτροδιάβρωση, (Α) με χρήση πλάκας, (Β) με χρήση σύρματος, (Γ) με χρήση ταινίας και (Δ) με χρήση περιστρεφόμενου τροχού.

### 9.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

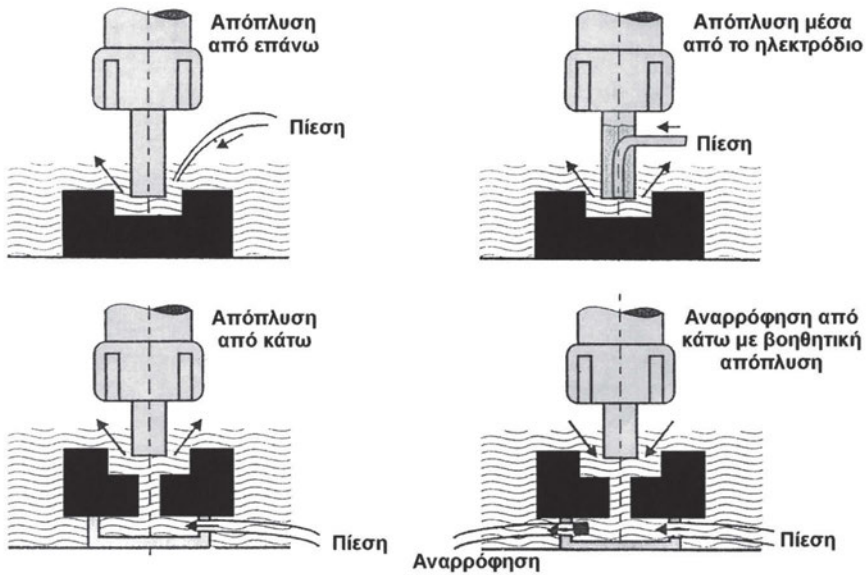
Ο συνδυασμός υλικών του εργαλείου-ηλεκτροδίου και του τεμαχίου-ηλεκτροδίου, το είδος του διηλεκτρικού υγρού, η σωστή απόπλυσή του (καθαρισμός) στην περιοχή του διακένου, καθώς και η ένταση του ρεύματος και η διάρκεια παλμών, επηρεάζουν σημαντικά την κατεργασία.

#### 9.3.1 Διηλεκτρικό υγρό

Το διηλεκτρικό υγρό πρέπει να απομακρύνει τη θερμότητα, που εκλύεται κατά τη διάρκεια της εκκένωσης και τα προϊόντα της κατεργασίας (τεμαχίδια μετάλλου και κομμάτια διηλεκτρικού που αποσυντίθενται), μακριά από το διάκενο και να περιορίζει την εκκένωση σε ένα στενό κανάλι.

Τα διηλεκτρικά υγρά που χρησιμοποιούνταν παλιότερα ήταν τα ορυκτέλαια και κυρίως η κηροζίνη, με ή χωρίς προσθήκη γραφίτη, ενώ τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται νερό, και κυρίως απεσταγμένο νερό, ως διηλεκτρικό υγρό, λόγω τόσο της καλύτερης ποιότητας επιφάνειας και του χαμηλού ρυθμού φθοράς του εργαλείου-ηλεκτροδίου, όσο και των ασφαλέστερων συνθηκών εργασίας (μεταφορά, αποθήκευση).

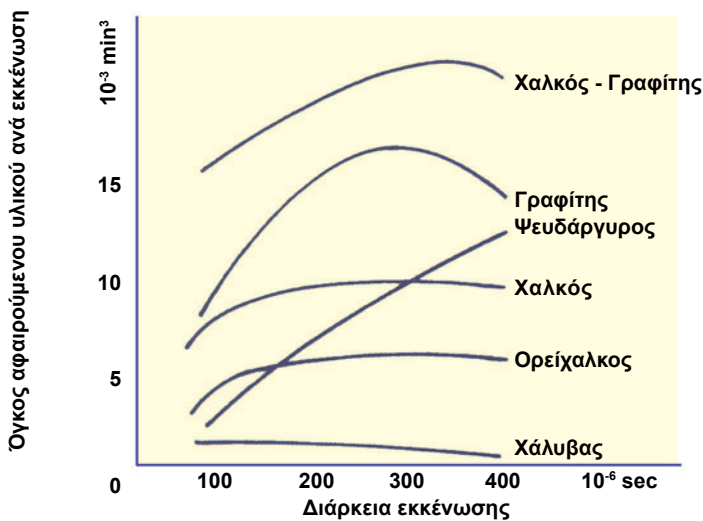
Η απόπλυση (καθαρισμός) του διηλεκτρικού υγρού στην περιοχή του διακένου είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί, όταν η πυκνότητα των τεμαχιδίων μετάλλου αυξηθεί πολύ στην περιοχή του διακένου, δημιουργούνται προβλήματα στην εκκένωση (ηλεκτρικά τόξα) με βλαβερές συνέπειες για το τεμάχιο και το εργαλείο. Διάφορες μορφές απόπλυσης του διηλεκτρικού υγρού φαίνονται στο σχήμα 9.7.



Σχήμα 9.7: Διάφορες μορφές απόπλυσης (καθαρισμού) του διηλεκτρικού υγρού.

### 9.3.2 Διάρκεια εκκένωσης - Μέγεθος διακένου

Η διάρκεια της εκκένωσης επηρεάζει σημαντικά την ποσότητα του αφαιρούμενου από το τεμάχιο υλικού. Στο σχήμα 9.8 δίδεται η επίδραση της διάρκειας εκκένωσης στην ποσότητα του αφαιρούμενου υλικού για διάφορα εργαλεία-ηλεκτρόδια.



Σχήμα 9.8: Επίδραση της διάρκειας εκκένωσης στην ποσότητα αφαιρούμενου υλικού για διάφορα εργαλεία.

Το μέγεθος του διακένου επιδρά κι αυτό σημαντικά στην ποιότητα επιφάνειας και την ακρίβεια μορφής και διαστάσεων. Συγκεκριμένα, όσο μικρότερο είναι, τόσο καλύτερη απόδοση στη μορφή και στις διαστάσεις έχουμε, ενώ επιτυγχάνουμε και καλή ποιότητα επιφάνειας. Από την άλλη μεριά, ένα μικρό διάκενο απαιτεί μικρή τάση ρεύματος και άρα μικρό ρυθμό αφαίρεσης υλικού, που σημαίνει μεγάλη τραχύτητα επιφάνειας. Θα πρέπει το μέγεθος του διακένου να είναι τόσο μικρό, ώστε να εξασφαλίζεται το καλύτερο δυνατόν αποτέλεσμα ως προς την ποιότητα επιφάνειας και τη διαστατική ακρίβεια.

#### 9.4 ΕΡΓΑΛΕΙΑ – ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ως υλικά εργαλείων της ηλεκτροδιάβρωσης μπορούν θεωρητικά να χρησιμοποιηθούν όλα τα υλικά που είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Επειδή το κόστος του εργαλείου αποτελεί ένα σημαντικό μέρος του συνολικού κόστους της κατεργασίας (μπορεί να φθάσει και το 50%), θα πρέπει η εκλογή του υλικού του εργαλείου να γίνει πολύ προσεκτικά και πάντα σε συνδυασμό με το υλικό τού προς κατεργασία τεμαχίου.

Τα πλέον χρησιμοποιούμενα υλικά εργαλείων είναι ο χαλκός, ο γραφίτης, ο χαλκός-γραφίτης, ο χάλυβας και τα κράματα βολφραμίου-χαλκού.

Ο γραφίτης είναι το πιο συνηθισμένο υλικό για την κατασκευή εργαλείων, γιατί έχει μεγάλη αντοχή στις μεταβολές της θερμοκρασίας, διατηρεί σταθερές τις μηχανικές του ιδιότητες και σε υψηλές θερμοκρασίες, κατεργάζεται εύκολα, ακόμη και σε δύσκολες μορφές, έχει χαμηλό κόστος και τέλος έχει χαμηλό ειδικό βάρος, οπότε και χρησιμοποιείται για μεγάλα εργαλεία-ηλεκτρόδια (είναι πιο ελαφρά). Το κύριο μειονέκτημά του ως υλικό είναι ότι σπάει εύκολα και χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατεργασία γωνιών.

Ο χαλκός χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή εργαλείων κοπής με σύρμα-ηλεκτρόδιο, κάτι που είναι αδύνατον για το γραφίτη. Ο συνδυασμός γραφίτη και χαλκού δίνει εργαλεία από γραφίτη-χαλκό με όλα τα πλεονεκτήματα του γραφίτη και με επιπλέον ακρίβεια στη μορφοποίηση γωνιών, καθώς επίσης και καλύτερα αποτελέσματα στην κατεργασία σκληρομετάλλων. Το μειονέκτημα του συνδυασμού γραφίτη-χαλκού είναι το υψηλό κόστος του.

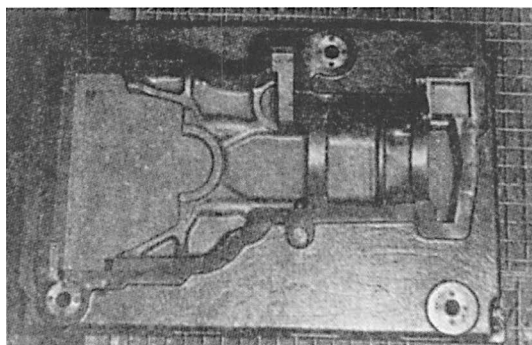
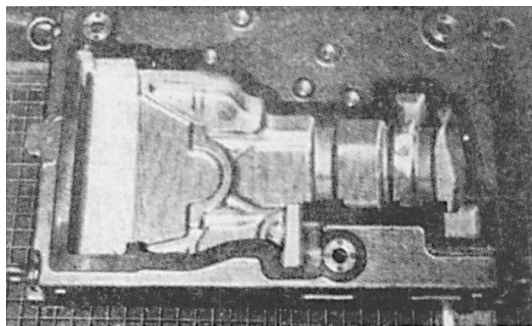
Η κατασκευή των εργαλείων-ηλεκτροδίων γίνεται συνήθως με συμβατικές κατεργασίες κοπής και, κυρίως, με φρεζάρισμα αντιγραφής, όταν απαιτείται ένας αριθμός όμοιων εργαλείων απλής σχετικά μορφής. Η μορφοποίηση με έλαση χρησιμοποιείται για την κατασκευή εργαλείων από χαλκό και βολφράμιο, η επιμετάλλωση χρησιμοποιείται για εργαλεία από χαλκό και βολφράμιο-χαλκό, ενώ με γαλβανισμό κατασκευάζονται εργαλεία από χαλκό, που έχουν πολλές λεπτομέρειες.

Στο σχήμα 9.9 φαίνονται καλούπια για εργαλεία κατεργασίας ξύλου, καθώς και τα εργαλεία-ηλεκτρόδια με τα οποία κατασκευάστηκαν τα καλούπια με ηλεκτροδιάβρωση.

Στο σχήμα 9.10 φαίνεται ένα τμήμα κιβωτίου διωστήρα. Στην επάνω φωτογραφία φαίνεται το τεμάχιο μετά από κατεργασία εκχόνδρισης με φρέζα. Στην κάτω φωτογραφία φαίνεται το τεμάχιο μετά από κατεργασία αποπεράτωσης με ηλεκτροδιάβρωση, με τη χρήση εργαλείου-ηλεκτροδίου από χαλκό το οποίο κατασκευάστηκε με γαλβανισμό.

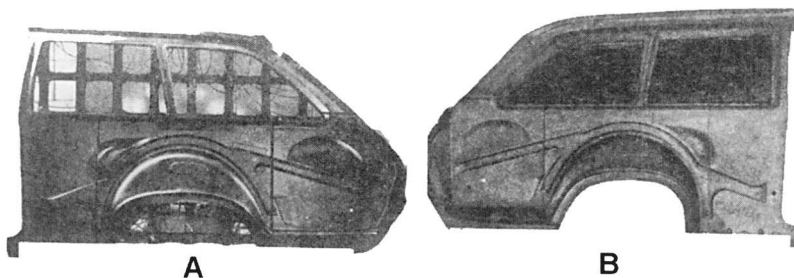


**Σχήμα 9.9:** Καλούπια για εργαλεία κατεργασίας ξύλου ως προϊόντα ηλεκτροδιάβρωσης και τα αντίστοιχα εργαλεία-ηλεκτρόδια.



**Σχήμα 9.10:** Τμήμα κιβωτίου διωστήρα που αποπερατώθηκε με ηλεκτροδιάβρωση.

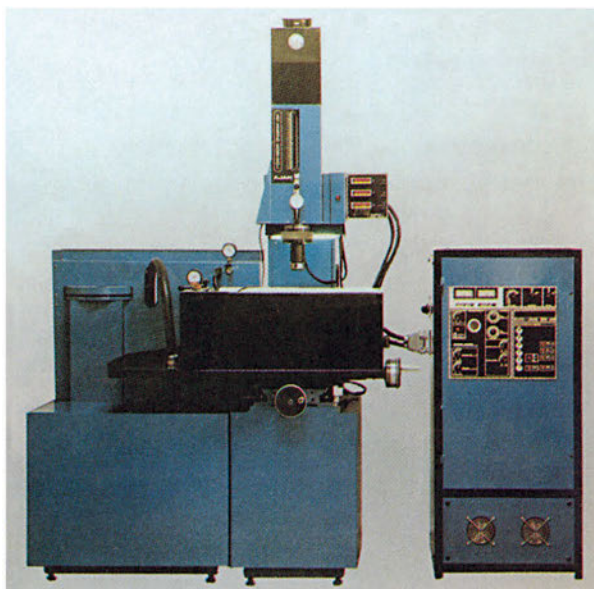
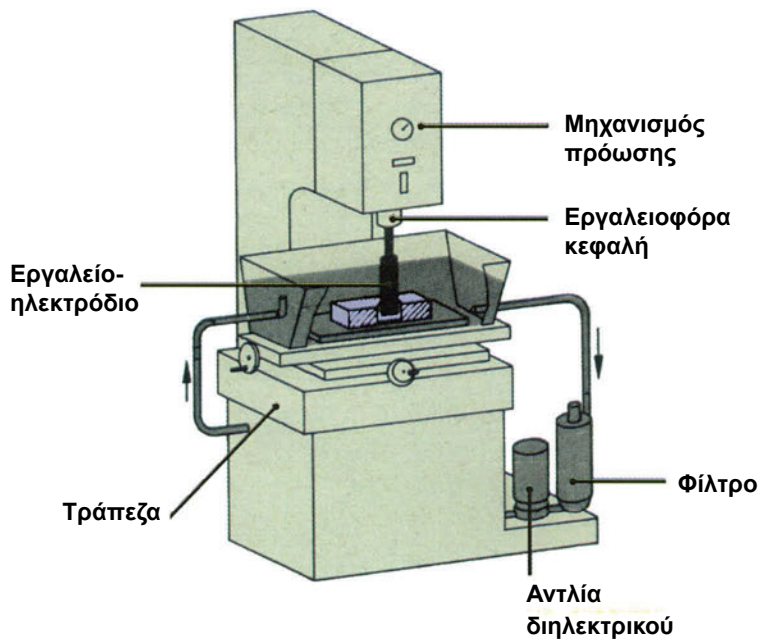
Στο σχήμα 9.11B απεικονίζεται ένα εργαλείο πρέσας για την κατασκευή πλευρικού τεμαχίου αυτοκινήτου. Για την κατασκευή του εργαλείου χρειάστηκαν 85 ώρες κατεργασίας με ένταση ρεύματος  $I=48A$ . Στο σχήμα 9.11A φαίνεται το εργαλείο-ηλεκτρόδιο με το οποίο κατασκευάστηκε το εργαλείο πρέσας μετά την ηλεκτροδιάβρωση. Είναι από χαλκό και κατασκευάστηκε με γαλβανισμό και με διαστάσεις  $1800 \times 1200$  mm και βάρος 400 κρ.



**Σχήμα 9.11:** Κατασκευή εργαλείου πρέσας με ηλεκτροδιάβρωση (A) και το αντίστοιχο εργαλείο-ηλεκτρόδιο της κατεργασίας (B).

## 9.5 ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Στο σχήμα 9.12 φαίνονται σχηματικά τα κύρια μέρη και η εικόνα μίας εργαλειομηχανής ηλεκτροδιάβρωσης.



**Σχήμα 9.12:** Εργαλειομηχανή ηλεκτροδιάβρωσης.



Τα τεχνικά χαρακτηριστικά μιας τυπικής εργαλειομηχανής ηλεκτροδιάβρωσης, όπως αυτή του σχήματος 9.12, είναι:

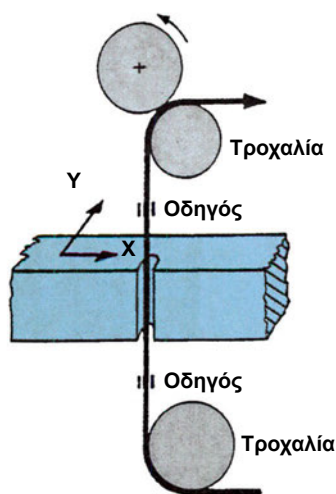
|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Διαστάσεις εργαλειομηχανής          | 2250mm X 2000mm X 1300 mm |
| Καθαρό βάρος εργαλειομηχανής        | 1200 kg                   |
| Επιφάνεια τράπεζας                  | 450 X 320 mm <sup>2</sup> |
| Μέγιστο ύψος τεμαχίου               | 230 mm                    |
| Μέγιστο βάρος τεμαχίου              | 300 kg                    |
| Διαστάσεις δεξαμενής διηλεκτρικού   | 600mm X 800mm X 800mm     |
| Χωρητικότητα δεξαμενής διηλεκτρικού | 350 Lt                    |
| Μέγιστη ένταση ρεύματος             | 100 A                     |
| Τάση παλμών                         | 75 - 150 V                |
| Μέγιστος ρυθμός αφαίρεσης υλικού    | 600 mm <sup>3</sup> /min  |

Τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά εργαλειομηχανές ηλεκτροδιάβρωσης με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC) για τον προγραμματισμό της λειτουργίας τους.

## 9.6 ΚΟΠΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ

Στην κατεργασία αφαίρεσης μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα, αντί για μορφοποιημένο εργαλείο, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και συνεχές σύρμα-ηλεκτρόδιο, όπως έχουμε αναφέρει και στην παράγραφο 9.2.3, το οποίο μπορεί να κινηθεί στο επιθυμητό περίγραμμα για να δώσει στο τεμάχιο την απαιτούμενη μορφή (σχήμα 9.13).

Το σύρμα ξετυλίγεται από μια τροχαλία και περνώντας μέσα από έναν οδηγό ανοίγει το αυλάκι στο τεμάχιο με σταθερή ταχύτητα και, περνώντας από ένα δεύτερο οδηγό, τυλίγεται σε μία δεύτερη

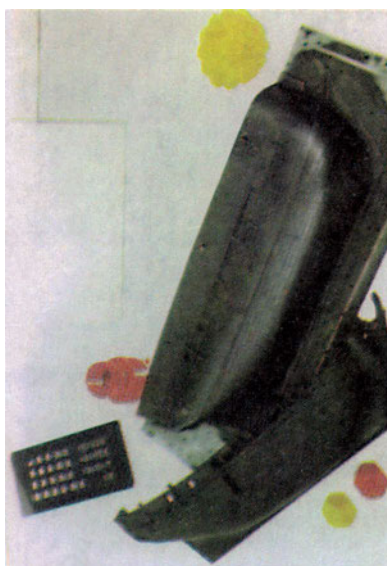


**Σχήμα 9.13:** Κοπή με τη χρήση σύρματος-ηλεκτροδίου.

τροχαλία. Η ταυτόχρονη κίνηση του σύρματος στους άξονες X και Y καθοδηγείται ψηφιακά. Το σύρμα που χρησιμοποιείται ως εργαλείο-ηλεκτρόδιο είναι από χαλκό ή ορείχαλκο με διαμέτρους 0,025 με 0,3 mm.

Η χρήση του σύρματος-εργαλείου μειώνει σημαντικά το χρόνο και το κόστος της κατεργασίας, αφού το εργαλείο δε χρειάζεται κάθε φορά μορφοποίηση, αλλά είναι το ίδιο ανεξάρτητα από τη μορφή του τεμαχίου, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να γίνουν πολλές εργασίες συγχρόνως (προγραμματισμός και σκλήρυνση, κατεργασία καλουπιού κ.λπ.). Πετυχαίνεται μεγάλη διαστατική ακρίβεια και πολύ καλή ποιότητα επιφάνειας.

Με την κατεργασία με σύρμα μπορούμε να κατεργαστούμε πολύπλοκα περιγράμματα, ακόμη και κλειστά εσωτερικά περιγράμματα, όταν υπάρχει ήδη μια οπή για την εισαγωγή του σύρματος. Χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή καλουπιών έλασης και καλουπιών πρέσας, για μορφοποίηση μετάλλων ή πλαστικών (σχήμα 9.14).



**Σχήμα 9.14:** Καλούπια έλασης και πρέσας που έχουν κατεργαστεί με κοπή σύρματος-ηλεκτροδίου.

Τέλος, λόγω της μεγάλης διαστατικής ακρίβειας και απόδοσης της μορφής που προσφέρει, η κατεργασία με σύρμα βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή πρότυπων τεμαχίων, μοντέλων, δοκιμαστικών αεροτομών αντλίων και στροβίλων. Μια πτερωτή κατασκευασμένη από κεραμικό υλικό φαίνεται στο σχήμα 9.15.

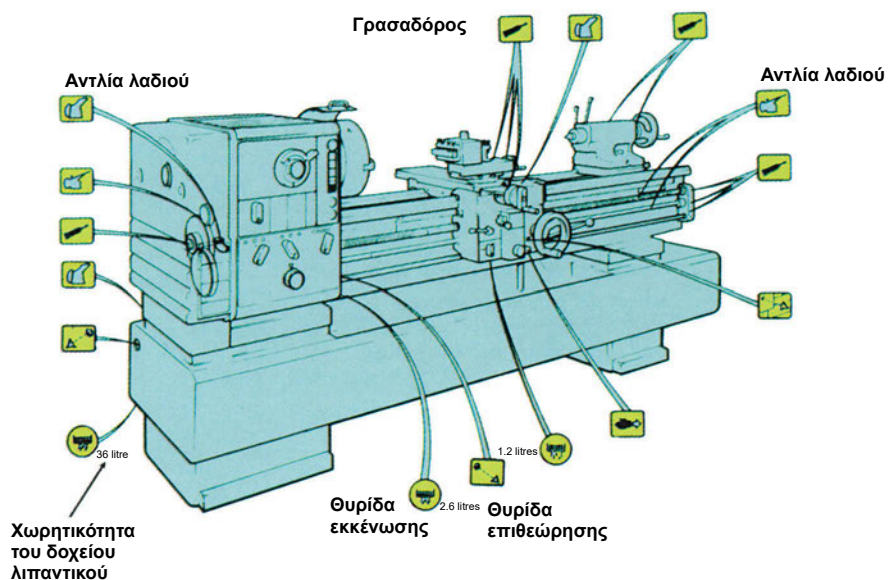


**Σχήμα 9.15:** Πτερωτή που κατεργάστηκε με σύρμα-ηλεκτρόδιο.



#### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Περιγράψτε συνοπτικά τη βασική αρχή λειτουργίας της ηλεκτροδιάβρωσης.
2. Ποια είναι τα είδη της κατεργασίας;
3. Ποιος είναι ο ρόλος του διηλεκτρικού υγρού στην ηλεκτροδιάβρωση;
4. Γιατί είναι σημαντική η απόπλυση του διηλεκτρικού υγρού;
5. Ποιο διηλεκτρικό υγρό χρησιμοποιείται ευρέως και γιατί;
6. Πού και πώς επιδρά το μέγεθος του διακένου κατεργασίας;
7. Ποια είναι τα πιο συνηθισμένα υλικά εργαλείων-ηλεκτροδίων στην ηλεκτροδιάβρωση και ποια τα χαρακτηριστικά τους;
8. Αναφέρατε ενδεικτικά προϊόντα της ηλεκτροδιάβρωσης.
9. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά στοιχεία της κοπής με σύρμα-ηλεκτρόδιο;
10. Αναφέρατε ενδεικτικά προϊόντα της κοπής με σύρμα-ηλεκτρόδιο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 10

### ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ

- 10.1 Προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών
- 10.2 Λίπανση των εργαλειομηχανών
- 10.3 Επίσκεψη των εργαλειομηχανών





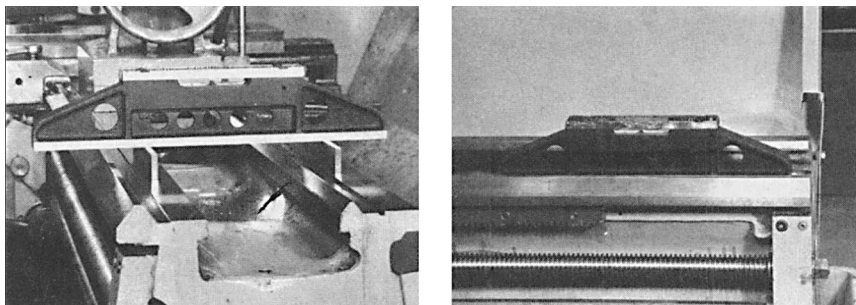
### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Na είναι σε θέση ο μαθητής-τρια να εφαρμόζει τις τεχνικές οδηγίες για την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση των εργαλειομηχανών κοπής σύμφωνα με το εγχειρίδιο λειτουργίας και συντήρησης του κατασκευαστή (manual).
- ✓ Na εκτελεί μικροεπισκευές και να χειρίζεται τα απαραίτητα εργαλεία και υλικά.

Οι εργαλειομηχανές κοπής, όπως όλα τα μηχανήματα και οχήματα, λόγω της σχετικής κίνησης των επιφανειών τους, φθείρονται με την πάροδο του χρόνου. Η φθορά αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μη ικανοποιητική λειτουργία της εργαλειομηχανής και σταδιακά την καταστροφή της. Για το λόγο αυτό, απαιτείται καλή συντήρηση της εργαλειομηχανής σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Πέρα όμως από την καλή και συστηματική συντήρηση της εργαλειομηχανής, η καλή και συνεχής εκπαίδευση (για νέες εργαλειομηχανές και νέα συστήματα ελέγχου) του τεχνίτη στη σωστή χρήση της εργαλειομηχανής είναι σημαντικός παράγοντας για την ικανοποιητική λειτουργία της.

Αναλυτικές οδηγίες για την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των εργαλειομηχανών δίδονται στο **εγχειρίδιο (manual) της εργαλειομηχανής** που τη συνοδεύει. Ο χειριστής θα πρέπει να είναι σε θέση να το διαβάσει και να το συμβουλευτεί για κάθε πρόβλημα που πιθανόν να προκύψει (βλάβη στην αρχική φάση λειτουργίας λόγω ελαττωματικών εξαρτημάτων ή μετά από κάποιο χρονικό διάστημα λόγω φθοράς). Ειδικά στη φάση της εγκατάστασης και της δοκιμαστικής λειτουργίας της εργαλειομηχανής θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες του εγχειριδίου, ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στο αλφάδιασμα της εργαλειομηχανής (σχήμα 10.1).



**Σχήμα 10.1:** Αλφάδιασμα ενός τόρνου κατά την αρχική του εγκατάσταση ή τη μετεγκατάστασή του σε μια νέα θέση.

Η καλή συντήρηση της εργαλειομηχανής περιλαμβάνει την **προληπτική συντήρηση** και την **επισκευή** των φθαρμένων τμημάτων της εργαλειομηχανής, ενώ και η **σωστή λίπανση** αποτελεί σημαντικό παράγοντα καλής και αποδοτικής λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

### 10.1 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Η προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών διαχωρίζεται σε *ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία, τριμηνιαία, εξαμηνιαία* και *ετήσια*.

Για κάθε είδος εργαλειομηχανής εφαρμόζονται και τα αντίστοιχα είδη προληπτικής συντήρησης, σύμφωνα πάντα με το εγχειρίδιο συντήρησης και λειτουργίας της εργαλειομηχανής και έντυπες οδηγίες, που συντάσσονται και εκδίδονται από το αρμόδιο τμήμα του μηχανουργείου. Συνήθως, η τριμηνιαία ή η εξαμηνιαία προληπτική συντήρηση γίνεται από ειδικό τεχνίτη και συντάσσεται το δελτίο συντήρησης, στο οποίο φαίνεται η κατάσταση της εργαλειομηχανής. Με βάση αυτό το δελτίο, συνήθως, τμήμα του μηχανουργείου (τμήμα συντήρησης και επισκευών) προγραμματίζει τυχόν επισκευή της εργαλειομηχανής.

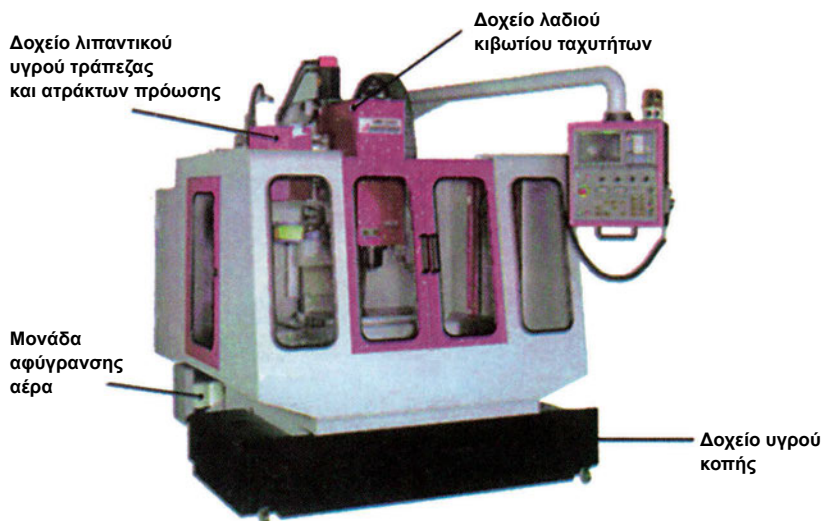
Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα στάδια προληπτικής συντήρησης ενός κέντρου κατεργασίας, δηλ. μίας εργαλειομηχανής ψηφιακής καθοδήγησης (CNC). Θα πρέπει να τονισθεί ότι η συντήρηση των συμβατικών εργαλειομηχανών διαφέρει από τη συντήρηση των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης και κρίνεται σκόπιμο να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις τελευταίες, αφού η πλειοψηφία των μηχανουργείων έχει εξοπλισθεί με νέες σύγχρονες εργαλειομηχανές CNC.



## ΑΣΚΗΣΗ 10.1

### Προληπτική συντήρηση ενός κέντρου κατεργασίας

Στο σχήμα 10.2 φαίνεται η εικόνα ενός κέντρου κατεργασίας (εργαλειομηχανής CNC) και οι θέσεις των δοχείων λαδιών της εργαλειομηχανής.



**Σχήμα 10.2:** Κέντρο κατεργασίας και θέσεις δοχείων λαδιών.

### Ημερήσια συντήρηση

- ♦ Ελέγξτε το επίπεδο λαδιού σε κάθε δοχείο λαδιού (σχήμα 10.1) και συμπληρώστε, αν το ποσό του λαδιού είναι κάτω από το κανονικό.
- ♦ Ελέγξτε όλα τα μέρη της εργαλειομηχανής που λιπαίνονται και βεβαιωθείτε ότι η λιπαντική κατάσταση του λαδιού είναι καλή.
- ♦ Ελέγξτε το μανόμετρο στη μονάδα αφύγρανσης αέρα για τη διατήρηση της επιθυμητής πίεσης και επιδιορθώστε αμέσως οποιαδήποτε διαρροή αέρα.
- ♦ Ελέγξτε το ποσόν του λαδιού στη μονάδα αφύγρανσης αέρα και συμπληρώστε, αν είναι κάτω από το κανονικό. Αφαιρέστε οποιαδήποτε ποσότητα νερού ή υδρατμών.
- ♦ Αφαιρέστε όποιο αντικείμενο εμποδίζει την κίνηση της εργαλειομηχανής για την αποφυγή ατυχήματος.
- ♦ Κατά την εκκίνηση της εργαλειομηχανής, ελέγξτε αν ο μηχανισμός



ψύξης λειτουργεί και η ροή του ψυκτικού υγρού είναι ομαλή.

- ♦ Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της εργαλειομηχανής, παρακολουθείτε συνεχώς τη μηχανή και σταματήστε την και ελέγξτε την, αν υπάρχει κάποιο πρόβλημα.
- ♦ Ελέγξτε αν οι έλικες των ανεμιστήρων εισαγωγής/εξαγωγής αέρα των μονάδων ψύξης περιστρέφονται κανονικά. Αν παρουσιάζουν θόρυβο ή ταλαντώσεις, σταματήστε και εντοπίστε την αιτία του προβλήματος.
- ♦ Μετά το τέλος της εργασίας, καθαρίστε την εργαλειομηχανή και βάλτε γράσο στις ολισθαίνουσες επιφάνειες, για να μη σκουριάσουν, και καθαρίστε τη φωλιά του εργαλείου με ειδικό καθοριστικό και βάλτε το κατάλληλο λιπαντικό.

### Εβδομαδιαία συντήρηση

- ♦ Σκουπίστε την οθόνη της μονάδας ελέγχου με καθαρό απορροφητικό πανί.
- ♦ Καθαρίστε το φίλτρο αέρα της μονάδας αφύγρανσης αέρα με νερό και καθαριστικό για να διατηρείται ο αέρας καθαρός.
- ♦ Ελέγξτε την κυκλοφορία του λαδιού λίπανσης και του υγρού ψύξης αν είναι ομαλή.
- ♦ Καθαρίστε το φίλτρο του δοχείου του ψυκτικού υγρού.
- ♦ Ελέγξτε αν υπάρχει συγκέντρωση λαδιού ή βρωμιές στο φίλτρο της μονάδας ψύξης. Απομακρύνετε τυχόν βρωμιές, κτυπώντας ελαφρά με το χέρι το φίλτρο. Αν υπάρχει σημαντική ποσότητα από βρωμιές, πλύνετε το φίλτρο με νερό και επανατοποθετήστε το, αφού στεγνώσει καλά.

### Εξαμηνιαία συντήρηση

- ♦ Ελέγξτε αν το μέγεθος της ταλάντωσης της ατράκτου και το μέγεθος του διακένου του εδράνου της ατράκτου είναι κανονικά.
- ♦ Ελέγξτε αν υπάρχει χαλαρός κοχλίας ή περικόχλιο.
- ♦ Ελέγξτε το μέγεθος του διακένου του στελέχους στο μηχανισμό ρύθμισης των ολισθητήρων.
- ♦ Ελέγξτε την καλή κατάσταση των εξωτερικών περιβλημάτων της κάθε καλωδίωσης. Θα πρέπει να είναι απαλλαγμένα από τη σκόνη.

- ♦ Μετρήστε την αντίσταση μόνωσης και καταγράψτε την.
- ♦ Αφαιρέστε τη μονάδα ψύξης και καθαρίστε τον εξωτερικό ανεμιστήρα και το φίλτρο με πεπιεσμένο αέρα.

### Ετήσια συντήρηση

- ♦ Ελέγξτε αν όλοι οι διακόπτες στον πίνακα ελέγχου λειτουργούν κανονικά και καθαρίστε όλα τα σημεία σύνδεσης στον ηλεκτρικό πίνακα.
- ♦ Ελέγξτε αν η αλυσίδα του αντίβαρου είναι σε καλή κατάσταση
- ♦ Ξεπλύνετε το δοχείο του λαδιού λίπανσης και προσθέστε νέα ποσότητα λαδιού.
- ♦ Ξεπλύνετε το δοχείο του ψυκτικού υγρού και προσθέστε νέα ποσότητα ψυκτικού υγρού.
- ♦ Αλφαδιάστε την εργαλειομηχανή για τη διατήρηση της ακριβείας της μηχανής.

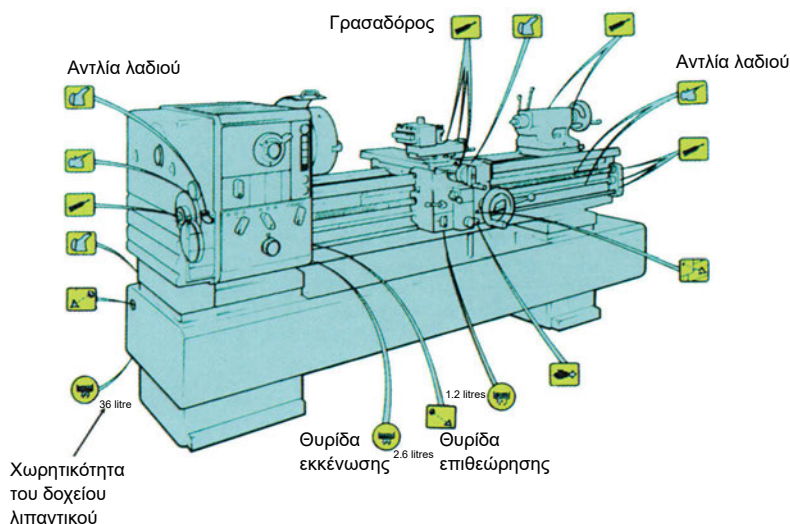
### Μέτρα ασφάλειας κατά τη συντήρηση

1. Για την αντικατάσταση και τη ρύθμιση διαφόρων κομματιών, διακόπτετε τη λειτουργία της εργαλειομηχανής για την αποφυγή ατυχημάτων.
2. Για οποιαδήποτε εργασία συντήρησης διακόπτετε την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Για τον καθαρισμό της μηχανής δε χρησιμοποιείτε πεπιεσμένο αέρα (πιστόλι αέρος).
4. Για τον έλεγχο ή την επισκευή της πλακέτας του κυκλώματος στη μονάδα αριθμητικού ελέγχου, δεν ανοίγετε την τροφοδοσία, γιατί ο σερβοκινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος θα λειτουργήσει σε υψηλές στροφές, κάτι που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο.

## 10.2 ΛΙΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Η απόδοση και η σωστή λειτουργία της εργαλειομηχανής για μεγάλο χρονικό διάστημα εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, και από τη σωστή λίπανσή της, δηλ. τη χρήση τόσο του κατάλληλου λιπαντικού, όσο και του κατάλληλου συστήματος λίπανσης.

Η λίπανση εκτελείται με βάση τις οδηγίες που υπάρχουν στο **διάγραμμα λίπανσης** ή στην πινακίδα λίπανσης της εργαλειομηχανής. Το διάγραμμα λίπανσης δίδεται από τον κατασκευαστή ή σχεδιάζεται με βάση τις οδηγίες του εγχειριδίου. Στο σχήμα 10.3 δίδεται το διάγραμμα λίπανσης ενός τόρνου, που φαίνονται τα μέρη της εργαλειομηχανής, που πρέπει να λιπανθούν, η χωρητικότητα των δοχείων και το είδος των λιπαντικών, καθώς επίσης και το σύστημα λίπανσης.



**Σχήμα 10.3:** Διάγραμμα λίπανσης τόρνου.



## ΑΣΚΗΣΗ 10.2

### Λίπανση ενός κέντρου κατεργασίας

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται τα χαρακτηριστικά των λιπαντικών, τα μέρη της εργαλειομηχανής CNC, που πρέπει να λιπανθούν, και η περίοδος αλλαγής των λιπαντικών.

| Μέρη εργαλειομηχανής CNC για λίπανση                                              | Χαρακτηριστικά λιπαντικού                                                                                                                                                      | Περίοδος αλλαγής λιπαντικού |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Κιβώτιο ταχυτήτων                                                                 | Ιξώδες: ISOVG22, ο δείκτης ιξώδους να είναι πάνω από 95, να προστατεύει από σκουριά, να μην οξειδώνεται και να μη σχηματίζει φυσαλίδες.                                        | Κάθε τρεις μήνες            |
| Τράπεζα, έδραση τράπεζας, ολισθητήρες του κιβωτίου της ατράκτου, άτρακτοι πρόωσης | Ιξώδες: ISOVG68, ο δείκτης ιξώδους να είναι πάνω από 100, να μη φθείρεται, να αντέχει σε πίεση, να προστατεύει από σκουριά, να μην οξειδώνεται και να μη σχηματίζει φυσαλίδες. | Συχνά                       |
| Κοπτικό εργαλείο                                                                  | Να έχει μεγάλη ικανότητα απαγωγής της θερμότητας.                                                                                                                              | Κάθε χρόνο                  |
| Μονάδα αφύγρανσης αέρα                                                            | Ιξώδες: ISOVG32, ο δείκτης ιξώδους να είναι πάνω από 95, να προστατεύει από σκουριά, να μην οξειδώνεται και να μη σχηματίζει φυσαλίδες.                                        | Συχνά                       |
| Αλυσίδα                                                                           | Γράσο                                                                                                                                                                          | Κάθε έξι μήνες              |

### 10.3 ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

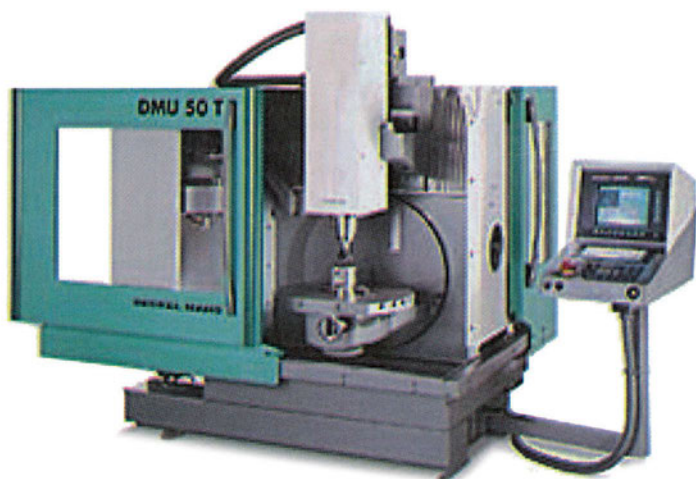
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η επισκευή της εργαλειομηχανής προγραμματίζεται από το τμήμα συντήρησης και επισκευών του μηχανουργείου με βάση το δελτίο προληπτικής συντήρησης. Η εργαλειομηχανή αποσύρεται από την παραγωγική διαδικασία για την προγραμματισμένη ή απρογραμμάτιστη (ξαφνική βλάβη) επισκευή της με τρόπο, ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα στη ροή της παραγωγικής διαδικασίας.

Η επισκευή μπορεί να γίνει από ειδικούς τεχνίτες μέσα στο μηχανουργείο ή σε περίπτωση σοβαρής βλάβης από τον κατασκευαστή της. Η συστηματική καταγραφή όλων των επισκευών είναι αναγκαία για τη βελτίωση της προληπτικής συντήρησης σε επιμέρους θέματα και για την πιθανή αντικατάσταση της εργαλειομηχανής, όταν γίνει ασύμφορη η λειτουργία και συντήρησή της.



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιοι είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες για τη σωστή λειτουργία των εργαλειομηχανών;
2. Από πού παίρνουμε πληροφορίες για την εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση μιας εργαλειομηχανής;
3. Κάθε πότε μπορεί να γίνει προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών;
4. Ποιες εργασίες ημερήσιας προληπτικής συντήρησης γίνονται σε ένα κέντρο κατεργασίας;
5. Ποιες εργασίες εξαμηνιαίας και ετήσιας προληπτικής συντήρησης γίνονται σε ένα κέντρο κατεργασίας;
6. Ποια είναι τα μέτρα ασφάλειας, που πρέπει να τηρούνται κατά τη συντήρηση ενός κέντρου κατεργασίας;
7. Τι είναι το διάγραμμα λίπανσης;
8. Τι είναι το δελτίο προληπτικής συντήρησης και γιατί πρέπει να γίνεται καταγραφή των επισκευών σε μια εργαλειομηχανή;



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ

# 11

### ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC - CNC

11.1 Γενικά

11.2 Καθοδηγούμενα μέρη της εργαλειομηχανής

11.3 Συστήματα ελέγχου

11.4 Εισαγωγή δεδομένων στις CNC - εργαλειομηχανές

11.5 Σύστημα συντεταγμένων

11.6 Χαρακτηριστικά σημεία

**11.7 Προγραμματισμός σε κώδικα μηχανής**

**11.8 Κέντρα κατεργασίας**



## Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ Να γνωρίζει ο μαθητής-τρια τις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, την τεχνολογική τους εξέλιξη σε ολοκληρωμένα κέντρα κατεργασίας και τα πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τις συμβατικές εργαλειομηχανές.
- ✓ Να γνωρίζει τα καθοδηγούμενα μέρη της εργαλειομηχανής, τα συστήματα ελέγχου και αλλαγής εργαλείων.
- ✓ Να εκπονεί ένα πρόγραμμα σε κώδικα μηχανής ψηφιακής καθοδήγησης για κατεργασία κομματιών σε φρέζα και σε τόρνο.

### 11.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η τάση του ανθρώπου για καλύτερη ποιότητα ζωής, μέσω της βελτίωσης των προϊόντων και των υπηρεσιών αφενός και του περιορισμού του χρόνου εργασίας αφετέρου, εξαναγκάζει τη βιομηχανία σε όλο και μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγικότητας. Λόγω της διαρκώς εντονότερης συνείδησης της ατομικότητας του αγοραστή και του σκληρού διεθνούς ανταγωνισμού, τα προϊόντα πρέπει να κατασκευάζονται σε μερικές παρτίδες απ' ό,τι μέχρι τώρα και σε όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος.

Τα συστήματα παραγωγής σε παρτίδες μικρού ή μεσαίου μεγέθους καλύπτουν τη σύγχρονη ανάγκη μεγάλης ποικιλίας προϊόντων σε μικρό και μεσαίο όγκο παραγωγής. Χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

- ♦ ποικιλία προϊόντων, άρα και κατεργασιών,
- ♦ η παραγωγή εξαρτάται από τη βραχυπρόθεσμη ζήτηση με τους επιβαλλόμενους περιορισμούς,
- ♦ δυσκολίες στο σχεδιασμό και στον έλεγχο της παραγωγής.

Βασικά μειονεκτήματα των διαφόρων συστημάτων παραγωγής, ιδιαίτερα όμως αυτού σε παρτίδες μικρού ή μεσαίου μεγέθους, ήρθαν να καλύψουν τα νέα συστήματα αυτοματοποίησης της μηχανουργικής παραγωγής, που βασίζονται στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.



### 11.1.1 Ψηφιακή καθοδήγηση

Ψηφιακή καθοδήγηση στις εργαλειομηχανές λέγεται ο έλεγχος και η λειτουργία τους μέσω τυποποιημένων κωδικοποιημένων εντολών, τις οποίες η μονάδα ελέγχου των εργαλειομηχανών αυτών μπορεί να κατανοεί και να μεταφράζει σε αντίστοιχες λειτουργίες.

Η πρώτη ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή εμφανίστηκε στις Η.Π.Α. το 1952. Ήταν μία φρεζομηχανή με καθοδήγηση και στους τρεις άξονές της. Από τότε, και λόγω της συνεχούς και γρήγορης εξέλιξης των ηλεκτρονικών υπολογιστών, υπήρξε μία ραγδαία ανάπτυξη και παραγωγή ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών, τόσο στις Η.Π.Α., όσο και στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία. Στο σχήμα 11.1 παρουσιάζονται δύο σύγχρονες εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.



**Τόρνος**



**Κέντρο κατεργασίας**

**Σχήμα 11.1:** Εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση (C.N.C.)

Η γρήγορη αυτή ανάπτυξη και παραγωγή οφείλεται στο γεγονός ότι οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές:

- ♦ επιταχύνουν κατά πολύ τις διαδικασίες της κατεργασίας,
- ♦ επιτυγχάνουν σημαντικά μεγαλύτερη ακρίβεια κατεργασίας,
- ♦ χρειάζονται πολύ λιγότερες μετρήσεις ελέγχου,
- ♦ μπορούν εύκολα και γρήγορα να κατεργαστούν πολύπλοκα περιγράμματα.

Οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές διακρίνονται σε **NC**, **CNC**, **DNC**.

**NC** (Numerical Control ή ψηφιακή καθοδήγηση). Καθοδηγήσεις στις οποίες

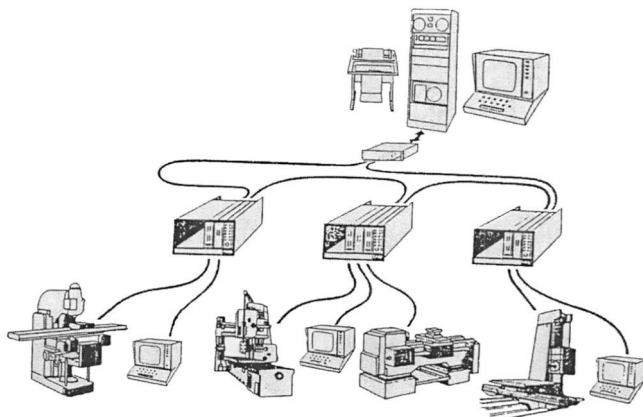
δίδονται πληροφορίες βάσει των οποίων εκτελούνται αυτόνομα κατεργασίες.

**CNC** (Computer Numerical Control ή ψηφιακή καθοδήγηση με υποστήριξη υπολογιστή). Σε αυτές τις καθοδηγήσεις υπάρχει ένας υπολογιστής, ο οποίος αναλαμβάνει τις βασικές καθοδηγητικές λειτουργίες. Υπολογίζει ενδιάμεσες τιμές για κινήσεις ευθύγραμμες, κυκλικών τόξων ή και άλλων τροχιών, που πιθανώς επιδέχεται η καθοδήγηση, όπως και σημεία τροχιών, που πιθανώς δεν υπάρχουν στο πρόγραμμα. Ο υπολογιστής δίνει και τη δυνατότητα να πληκτρολογηθεί ένα γράμμα απευθείας στη μηχανή, όπως επίσης να προβληθούν τυχόν διορθώσεις ή αλλαγές προγραμμάτων.

**DNC** (Direct Numerical Control ή άμεση ψηφιακή καθοδήγηση). Πολλές ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές είναι συνδεδεμένες με έναν κεντρικό υπολογιστή, στον οποίο συντάσσονται και ελέγχονται τα προγράμματα ψηφιακής καθοδήγησης, τα οποία στη συνέχεια διοχετεύονται αυτόματα στην εκάστοτε εργαλειομηχανή (σχήμα 11.2).

Η καθοδήγηση των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση βασίζεται σε ψηφιακές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές, που καθορίζουν γενικά τη σχέση του εργαλείου και του τεμαχίου στο χώρο, όπως και ορισμένες άλλες βοηθητικές ενέργειες της εργαλειομηχανής, συντάσσονται κατάλληλα κωδικοποιημένες στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης (NC- program). Απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης είναι:

1. το μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου,
2. το πλάνο εργασίας,
3. οι πίνακες συνθηκών κοπής,
4. το εγχειρίδιο χειρισμού-προγραμματισμού της συγκεκριμένης εργαλειομηχανής,
5. οι καρτέλες εργαλείων και μέσων σύσφιξης τεμαχίων.

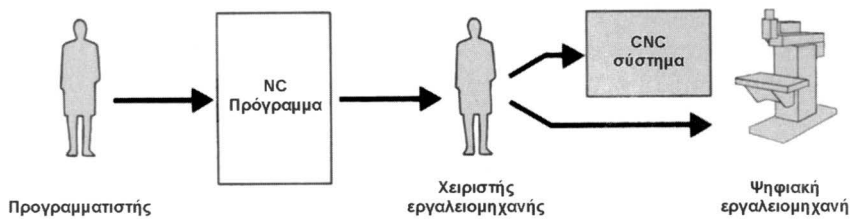


**Σχήμα 11.2:** Διασύνδεση επιμελώς ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών με κεντρικό υπολογιστή.

Αναλυτικότερα, σε πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης είναι καταχωρημένα τα εξής:

1. οι συντεταγμένες των διαδοχικών σημείων προς τα οποία θα κινηθεί το εργαλείο,
2. το είδος της κίνησης από σημείο προς σημείο, π.χ., ευθύγραμμη κίνηση, κυκλική κίνηση,
3. γρήγορη κίνηση χωρίς επαφή εργαλείου τεμαχίου κ.λ.π.,
4. προώσεις και ταχύτητες κοπής των διαφόρων κινήσεων,
5. πληροφορίες που αναφέρονται στα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν,
6. πληροφορίες που αναφέρονται σε λειτουργίες της μηχανής, όπως, π.χ., να αρχίσει η παροχή του υγρού κοπής κ.λπ.

Αφού συνταχθεί το πρόγραμμα της ψηφιακής καθοδήγησης, μεταφέρεται στη μονάδα καθοδήγησης της μηχανής. Στη συνέχεια, το εκτελεστικό τμήμα της μηχανής αναγνωρίζει και υλοποιεί το πρόγραμμα, δίνει οδηγίες για την εκτέλεση των διαφόρων λειτουργιών της μηχανής και των απαιτούμενων κινήσεων εργαλείου και τεμαχίου (σχήμα 11.3).



**Σχήμα 11.3:** Μεταφορά προγράμματος NC στην εργαλειομηχανή.

### 11.1.2 Σύγκριση εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση και συμβατικών εργαλειομηχανών

Οι εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση εμφανίζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών:

- ♦ Ακρίβεια στις διαστάσεις, στη μορφή και στη θέση.
- ♦ Η δυνατότητα συγχρόνου κινήσεως και στους τρεις άξονες της εργαλειομηχανής (X,Y,Z) επιτρέπει τη μορφοποίηση καμπύλων επιφανειών στο χώρο. Επίσης, δεν απαιτείται επαναπροσανατολισμός του τεμαχίου, γεγονός που εισάγει σοβαρά σφάλματα επαναπροσδέσεως.
- ♦ Αύξηση της ακριβείας κατασκευής, γιατί η ακρίβεια δεν εξαρτάται από τη δεξιότητα του τεχνίτη ή από συστηματικά σφάλματα, που μπορούν να συμβούν στις συμβατικές εργαλειομηχανές. Συνέπεια αυτών είναι η μείωση των σκάρτων και ο περιορισμός στην έκταση του ποιοτικού ελέγχου.
- ♦ Οι νεκροί χρόνοι, λόγω εκτέλεσης μετρήσεων και άλλων αιτιών, δεν υπάρχουν ή περιορίζονται στο ελάχιστο και ο χρόνος παραμονής του τεμαχίου στην εργαλειομηχανή μειώνεται σημαντικά.
- ♦ Δε χρειάζονται μηχανολογικά σχέδια για τεμάχια με μορφή, που μπορούν να περιγραφούν από μαθηματικές σχέσεις, γιατί υπάρχει δυνατότητα απευθείας τροφοδότησης του συστήματος ψηφιακής καθοδήγησης της εργαλειομηχανής.
- ♦ Γίνεται πιο εύκολος και ρεαλιστικός ο προγραμματισμός και ο έλεγχος της παραγωγής στο μηχανουργείο, γιατί ο χρόνος κατεργασίας είναι με ακρίβεια καθορισμένος.
- ♦ Μία εργαλειομηχανή με ψηφιακή καθοδήγηση παρουσιάζει ευελιξία στις κατεργασίες, που μπορεί να εκτελέσει. Αναγκαίο είναι το κατάλληλο

πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης και η δυνατότητα καθοδήγησης από την εργαλειομηχανή των αξόνων, οι οποίοι χρειάζονται.

- ♦ Επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός ανταγωνιστικότητας, εξαιτίας της μείωσης των χρόνων. Αύξηση της παραγωγικότητας και του όγκου παραγωγής (η επιλογή συνθηκών κοπής είναι ελεγχόμενη από ειδικούς και σωστή), της ακριβείας της κατεργασίας κ.λπ. Όλα αυτά επηρεάζουν το κόστος παραγωγής, το οποίο μειώνεται.

Ως σοβαρά προβλήματα, που συνδέονται με την προμήθεια και λειτουργία των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης, μπορεί να θεωρηθούν τα εξής:

- ♦ Εξειδικευμένο προσωπικό στον προγραμματισμό για την κατάρτιση του κατάλληλου προγράμματος χωρίς σφάλματα στον ταχύτερο δυνατό χρόνο και με το χαμηλότερο κόστος.
- ♦ Ανάγκη εξειδικευμένου προσωπικού υψηλής στάθμης, όχι μόνο για τον προγραμματισμό, αλλά και για άλλες εργασίες, όπως ρυθμίσεις της εργαλειομηχανής, προετοιμασία και έλεγχος των εργαλείων και, γενικά, συντήρηση της εργαλειομηχανής, η οποία πρέπει να γίνεται στην εντέλεια.
- ♦ Αλλαγές στην εν γένει οργάνωση του μηχανουργείου. Η εισαγωγή εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση ασκεί επιρροή στο όλο σύστημα οργάνωσης από τη σχεδίαση του προϊόντος, στη σχεδίαση των φάσεων κατεργασίας, στην κατεργασία, στον έλεγχο ποιότητας, στην αποθήκευση κ.λπ.
- ♦ Το κόστος κατασκευής εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση είναι πολύ υψηλό σε σχέση με αυτό αντιστοίχων συμβατικών εργαλειομηχανών.

## 11.2 ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΑ ΜΕΡΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗΣ

Τα καθοδηγούμενα μέρη μιας εργαλειομηχανής με ψηφιακή καθοδήγηση είναι τα εξής:

- ♦ άξονες κίνησης,
- ♦ μηχανισμοί μετάδοσης κίνησης,
- ♦ συστήματα μέτρησης μετακινήσεων,
- ♦ κίνηση κύριας ατράκτου,

- ♦ σύσφιξη τεμαχίων,
- ♦ διάταξη αλλαγής εργαλείων.

Η περιγραφή, στη συνέχεια, των καθοδηγούμενων μερών καλύπτει τους τόνους και τις φρεζομηχανές, γιατί αυτοί έχουν τις περισσότερες εφαρμογές στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.

### Άξονες κίνησης

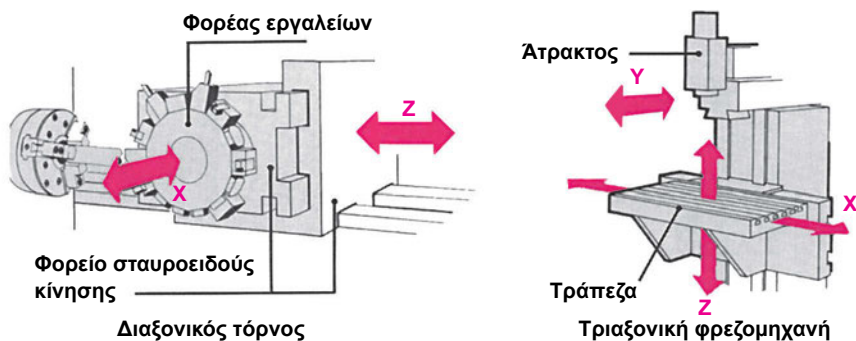
Οι κινήσεις του κοπτικού εργαλείου ή του τεμαχίου σε διάφορες ευθύγραμμες κατευθύνσεις πραγματοποιούνται από τους άξονες κίνησης. Οι άξονες κίνησης χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **X**, **Y**, και **Z** (σχήμα 11.4).

Ως **άξονας Z** λαμβάνεται ο άξονας της κίνησης παράλληλα με τον κύριο άξονα της εργαλειομηχανής. Η φορά του άξονα Z λαμβάνεται αρνητική για την κίνηση του κοπτικού εργαλείου προς το τεμάχιο και θετική για την απομάκρυνσή του.

Ως **άξονας X** λαμβάνεται κάθετος στον άξονα Z και παράλληλος με την επιφάνεια συγκράτησης του αντικειμένου.

Ως **άξονας Y** λαμβάνεται ο κάθετος στους X και Z, συμπληρώνοντας ένα δεξιόστροφο σύστημα συντεταγμένων.

Οι χαρακτήρες **U**, **V**, **W** και **P**, **Q**, **R** ορίζουν κινήσεις παράλληλες στους κύριους άξονες X, Y και Z.



**Σχήμα 11.4:** Καθοδηγούμενες κατευθύνσεις εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση.

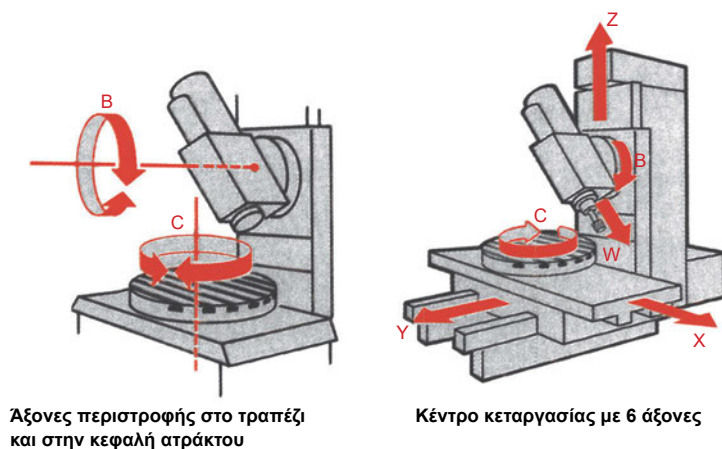
Για περιστροφικές κινήσεις χρησιμοποιούνται οι χαρακτήρες **A**, **B** και **C** και λαμβάνονται ως θετικές, αν προωθούν δεξιόστροφους κοχλίες προς τα θετικά των κυρίων αξόνων X, Y και Z ή αντίστοιχα τους απομακρύνουν προς τα αρ-

νητικά των κυρίων αξόνων X, Y και Z, στρεφόμενοι πάντα στις κατευθύνσεις X προς Y, Y προς Z και Z προς X στο τεταρτημόριο, που σχηματίζεται από τις θετικές κατευθύνσεις.

Οι κοινοί τόννοι έχουν δύο καθοδηγούμενες κατευθύνσεις πρόωσης **X** και **Z** (σχήμα 11.4), οι οποίες είναι η ακτινική και η διαμήκης κίνηση αντίστοιχα του εργαλείου ή του φορέα εργαλείων.

Οι φρεζομηχανές έχουν τρεις καθοδηγούμενες κατευθύνσεις **X**, **Y** και **Z** (σχήμα 11.4). X και Y είναι η οριζόντια και κάθετη μετακίνηση του τραπέζιου αντίστοιχα και Z είναι η κατακόρυφη μετακίνηση του εργαλειοφορείου.

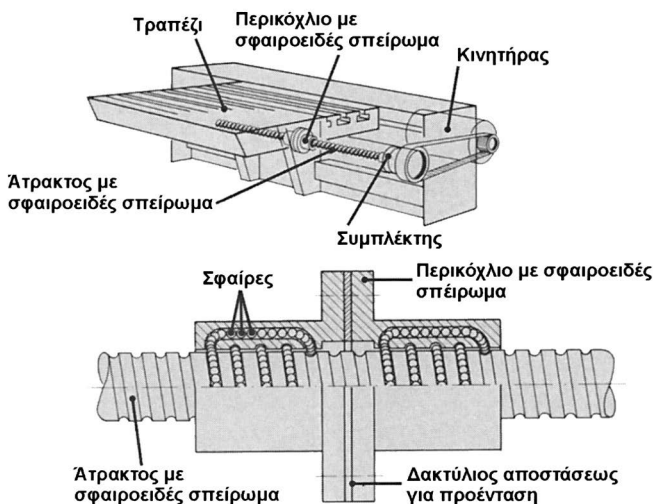
Οι εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση χαρακτηρίζονται και ονομάζονται από το πλήθος των καθοδηγούμενων κατευθύνσεων. Έτσι, μια φρεζομηχανή η οποία μπορεί και κινεί ταυτόχρονα το τραπέζι στο οριζόντιο επίπεδο, αλλά στο κατακόρυφο δεν υπάρχει αυτόματη καθοδήγηση, είναι μια φρέζα **2 αξόνων**. Αν στο κατακόρυφο υπάρχει καθοδήγηση, αλλά όχι ταυτόχρονα με την καθοδήγηση του οριζοντίου επιπέδου, τότε καλείται **2 1/2 αξόνων**. Αντίστοιχα, η ταυτόχρονη καθοδήγηση του τραπέζιου μιας φρέζας και στις τρεις κατευθύνσεις (δύο οριζόντιες και μία κάθετη), την κατατάσσει στις φρέζες **3 αξόνων** ή τριαξονικές. Επίσης, ανάλογα με τις δυνατότητες περιστροφής του τραπέζιου ή της προβοσκίδας με το εργαλείο, μπορεί μία φρέζα να είναι **4,5** ή **6 αξόνων**. Φυσικά, όσο οι άξονες αυξάνονται, τόσο η φρέζα παρέχει μεγαλύτερες δυνατότητες και το κόστος της είναι μεγαλύτερο. Η φρέζα, π.χ., του σχήματος 11.5 είναι χαρακτηριστική φρέζα 6 αξόνων (X, Y, Z, W, B, C), το τραπέζι έχει δυνατότητα κίνησης στο επίπεδο X-Y και περιστροφής (C), η άτρακτος έχει δυνατότητα κατακόρυφης κίνησης (Z), η προβοσκίδα με το εργαλείο έχει δύο κινήσεις, μία ευθύγραμμη (W) και μία περιστροφική γύρω από την αξονική γραμμή της κύριας ατράκτου.



Σχήμα 11.5: Φρέζα με 6 άξονες.

## Μηχανισμοί μετάδοσης κίνησης

Η μετατροπή της περιστροφικής ταχύτητας σε ευθύγραμμη επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ένσφαιρου ζεύγους οδηγού κοχλία – περικοχλίου, με ανακυκλοφορούντα σφαιρικά στοιχεία κύλισης (σχήμα 11.6).



**Σχήμα 11.6:** Μετακίνηση εργαλειοφορέων και τραπέζιων εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση.

Ο μηχανισμός αυτός μεταφοράς κίνησης έχει μεγάλο βαθμό απόδοσης, περίπου 90%. Για να υπάρχει εύκολη κίνηση, αλλά χωρίς τζόγο, χρησιμοποιούνται δύο διαιρούμενα περικόχλια, ανάμεσα στα οποία τοποθετείται ένας δίσκος ρύθμισης. Ο δίσκος ρυθμίζεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

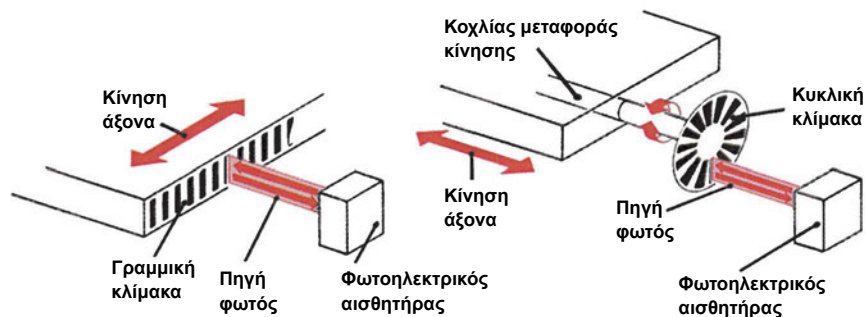
## Συστήματα μέτρησης μετακινήσεων

Στις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές διατίθενται διάφορα συστήματα μέτρησης της κίνησης στους άξονες. Όλα αυτά τα συστήματα έχουν ένα βασικό χαρακτηριστικό, που καθορίζει την ακρίβεια του συστήματος, **το βήμα**.

Τα φωτοηλεκτρικά συστήματα παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια και ταυτόχρονα δεν ενοχλούνται από ακαθαρσίες, γι' αυτό και δεν απαιτείται ειδικό περίβλημα κατά την τοποθέτησή τους.

Τα συστήματα μέτρησης της κίνησης στους άξονες διακρίνονται σε **άμεσα** και **έμμεσα** (σχήμα 11.7).





**Σχήμα 11.7:** Συστήματα μέτρησης της κίνησης στους άξονες

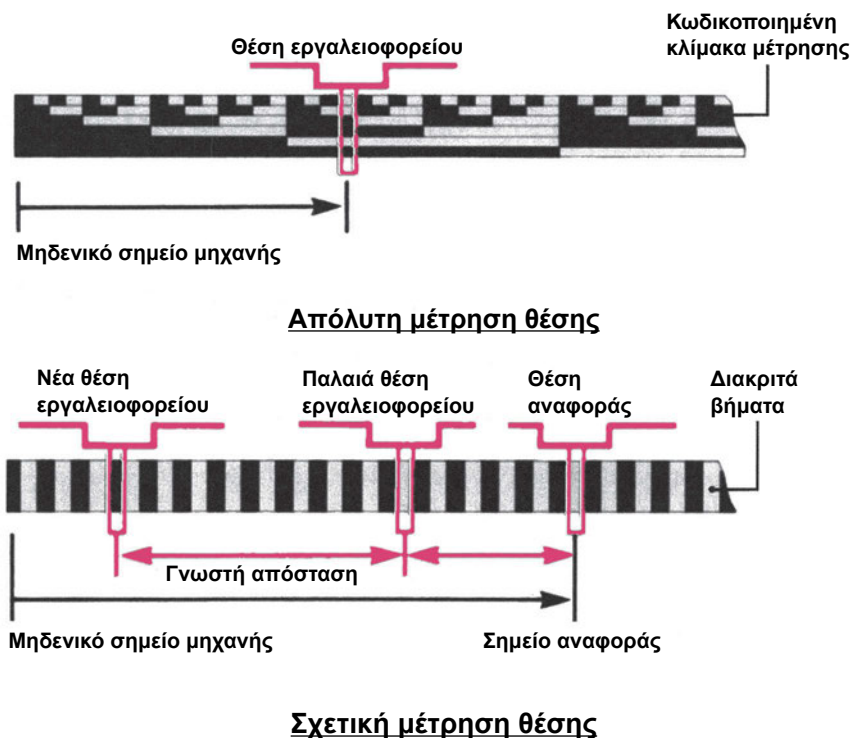
Το σύστημα άμεσης μέτρησης συνδέεται κατευθείαν στο τραπέζι της μηχανής και μετρά απευθείας τις θέσεις των διαφόρων σημείων.

Η έμμεση μέτρηση γίνεται με τη βοήθεια περιστρεφόμενων μετρητικών οργάνων. Το πλεονέκτημά της είναι ότι είναι φθηνότερη της προηγούμενης. Το μειονέκτημά της είναι ότι η ακρίβεια της μέτρησης επηρεάζεται από την επίδραση της θερμοκρασίας.

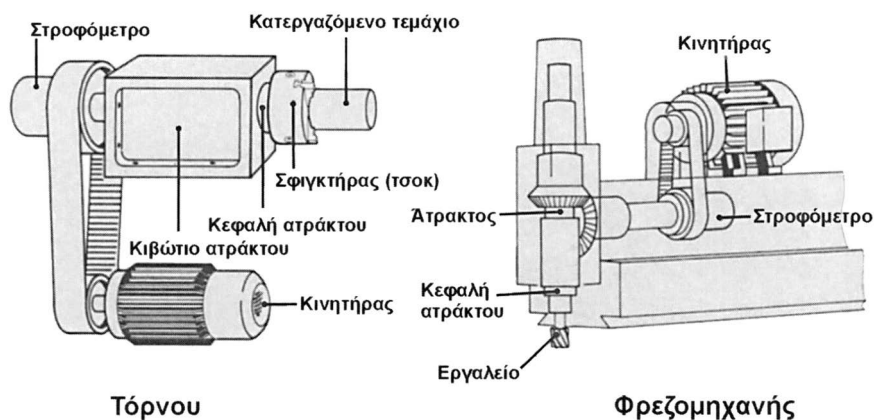
Η θέση κάθε άξονα αναγνωρίζεται από την καθοδήγηση της εργαλειομηχανής είτε ως **απόλυτη** θέση ως προς το σταθερό σημείο της εργαλειομηχανής, είτε **σχετικά** ως προς άλλη θέση, όπου ένας επεξεργαστής αναλαμβάνει να προσδιορίζει από τα ηλεκτρικά σήματα την ακριβή θέση (σχήμα 11.8).

### Κίνηση κύριας ατράκτου

Στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση, για την κίνηση της κύριας ατράκτου, χρησιμοποιούνται κινητήρες **τριφασικού συνεχούς ρεύματος** και **βηματικοί**. Στο σχήμα 11.9 παρουσιάζεται η μετάδοση κίνησης στις κύριες ατράκτους, στον τόρνο και στη φρέζα.



Σχήμα 11.8: Απόλυτη και σχετική θέση εργαλειοφορείου.



Σχήμα 11.9: Μετάδοση κίνησης στην κύρια άτρακτο.

Στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος οι στροφές ρυθμίζονται χωρίς διαβάθμιση και έτσι επιτυγχάνεται ένας μεγάλος αριθμός στροφών. Οι κινητήρες αυτοί μπορεί να έχουν ενσωματωμένο σύστημα πέδησης. Τα χαρακτηριστικά

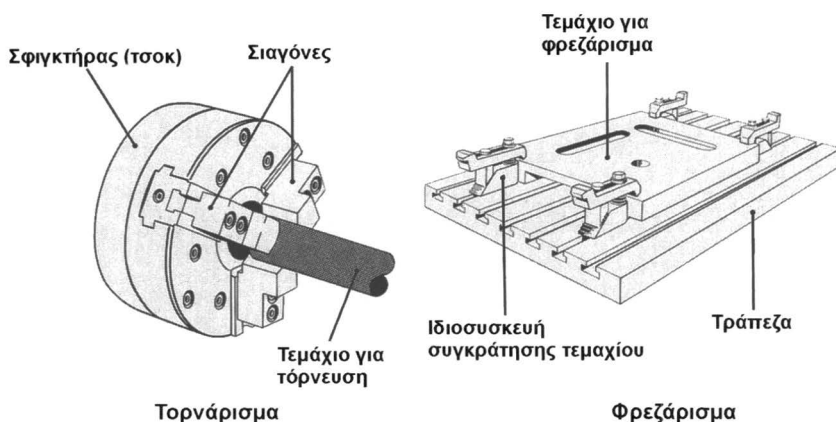
των κινητήρων συνεχούς ρεύματος είναι οι σταθερές στροφές και ο τρόπος ρύθμισής τους.

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται για μικρότερες ροπές και ταχύτητες. Τα χαρακτηριστικά τους είναι ότι δεν έχουν ρύθμιση θέσεως και ταχύτητας, γιατί η κίνησή τους γίνεται με ανοιχτό σύστημα ελέγχου χωρίς ανάδραση.

### Σύσφιξη τεμαχίων

Στους τόνους με ψηφιακή καθοδήγηση, η σύσφιξη του τεμαχίου στο τσοκ μπορεί να εκτελεστεί από μία εντολή του προγράμματος NC. Η πίεση που θα ασκούν οι σιαγόνες του τσοκ πάνω στο κομμάτι εξαρτάται από τον αριθμό στροφών, μεγάλος αριθμός στροφών απαιτεί μεγάλη πίεση λόγω της μεγάλης φυγόκεντρης δύναμης. Επειδή στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση χρησιμοποιούνται μεγάλες στροφές, η σύσφιξη του τεμαχίου στους νέους τόνους γίνεται με υδραυλικό σύστημα.

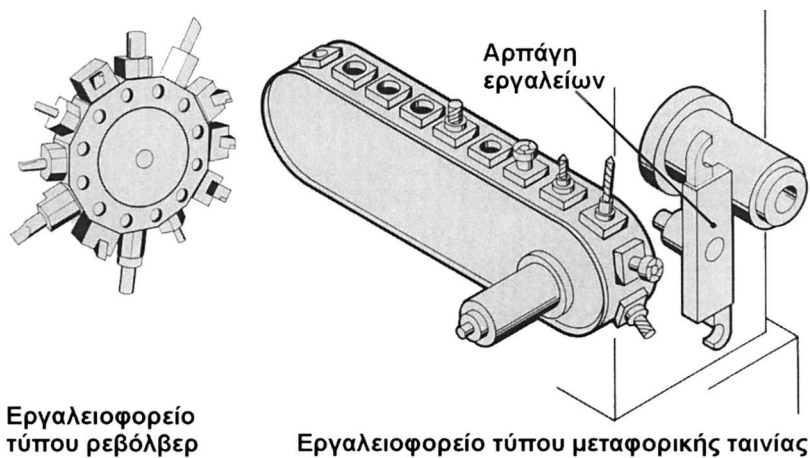
Στις φρέζες ο αριθμός και οι θέσεις των συγκρατήσεων του κομματιού εξαρτάται από τις δυνάμεις και τις συνθήκες κοπής. Το κομμάτι πρέπει να είναι σταθερά συγκρατημένο, ώστε να μη μετατοπίζεται κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, με αποτέλεσμα να αλλάξει το ορισμένο μηδενικό σημείο του κομματιού, που μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες διατάσεις κατεργασίας του κομματιού. Στο *σχήμα 11.10* φαίνονται δυο τυπικοί τρόποι συγκράτησης τεμαχίου στον τόννο και στη φρέζα αντίστοιχα.



**Σχήμα 11.10:** Συγκράτηση τεμαχίων

### Διάταξη αλλαγής εργαλείων

Στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση, η αλλαγή των εργαλείων είναι καθοδηγούμενη, τα εργαλεία αποθηκεύονται σε ένα εργαλειοφορείο. Το απαραίτητο κάθε φορά εργαλείο τοποθετείται στη θέση κοπής με αυτόματο τρόπο. Τα εργαλειοφορεία είναι δύο τύπων **ρεβόλβερ** και **μεταφορικής ταινίας** (σχήμα 11.11).

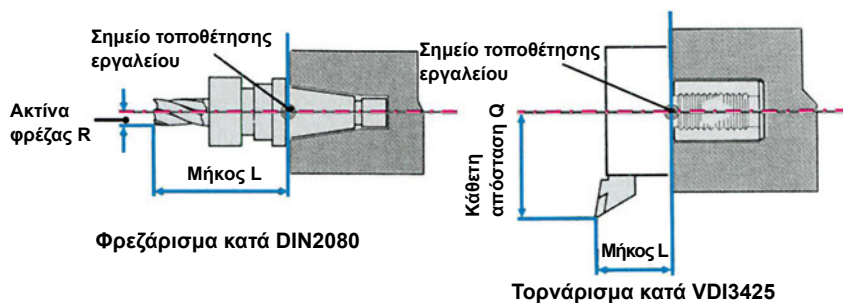


Σχήμα 11.11: Τύποι εργαλειοφορείων.

Το εργαλειοφορείο τύπου ρεβόλβερ χρησιμοποιείται στους τόνους και μπορεί να συγκρατεί από 6 μέχρι 16 εργαλεία. Το εργαλειοφορείο τύπου μεταφορικής ταινίας χρησιμοποιείται συνήθως στα κέντρα κατεργασίας. Ο αριθμός των εργαλείων, που μπορούν να αποθηκευτούν, είναι συνήθως από 30 έως 120, εξαρτώμενος από τον τύπο και το μέγεθος της αποθήκης. Για την ελάττωση του χρόνου αλλαγής εργαλείου στην εργαλειοθήκη, πολλά σύγχρονα κέντρα κατεργασίας διαθέτουν ένα μηχανισμό με διπλό συγκρατητή, με τον οποίο γίνεται ταυτόχρονα η τοποθέτηση του παλιού στη θέση του στην εργαλειοθήκη και η τοποθέτηση του νέου στην άτρακτο.

#### 11.2.1 Εργαλεία

Πριν τοποθετηθούν τα κοπτικά εργαλεία στην εργαλειοθήκη, χρησιμοποιείται μια ειδική συσκευή για τη μέτρηση των διαστάσεών τους. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εισάγονται στην ειδική μνήμη για τα κοπτικά εργαλεία της καθοδήγησης της εργαλειομηχανής. Μαζί με τις διαστάσεις εισάγεται ο αριθμός θέσης τοποθέτησης του εργαλείου στην εργαλειοθήκη, ώστε να μπορεί να παραλαμβάνεται το σωστό εργαλείο.

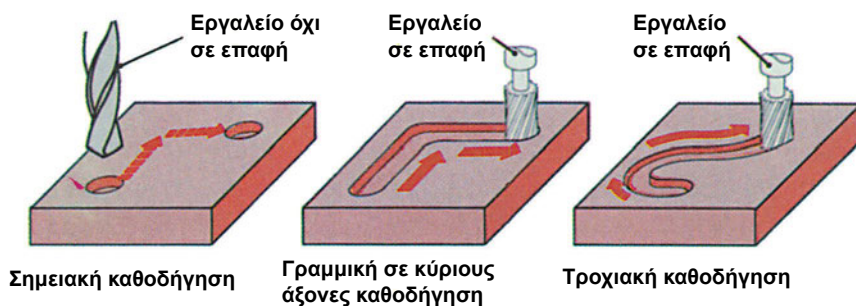


Σχήμα 11.12: Διαστάσεις κοπτικών εργαλείων.

Οι διαστάσεις των εργαλείων μετρούνται σχετικά με το σημείο τοποθέτησης του εργαλείου (σχήμα 11.12). Οι διαστάσεις που εισάγονται στη μνήμη της καθοδήγησης της εργαλειομηχανής, των κοπτικών εργαλείων τόνου είναι το μήκος  $L$  και η κάθετη απόσταση  $Q$ . Ενώ οι αντίστοιχες διαστάσεις της φρέζας είναι το μήκος  $L$  και η ακτίνα της φρέζας  $R$ .

### 11.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Ανάλογα με το σύστημα ελέγχου, τα συστήματα ψηφιακής καθοδήγησης χωρίζονται σε τρεις βαθμίδες (σχήμα 11.13):



Σχήμα 11.13: Βαθμίδες ψηφιακής καθοδήγησης.

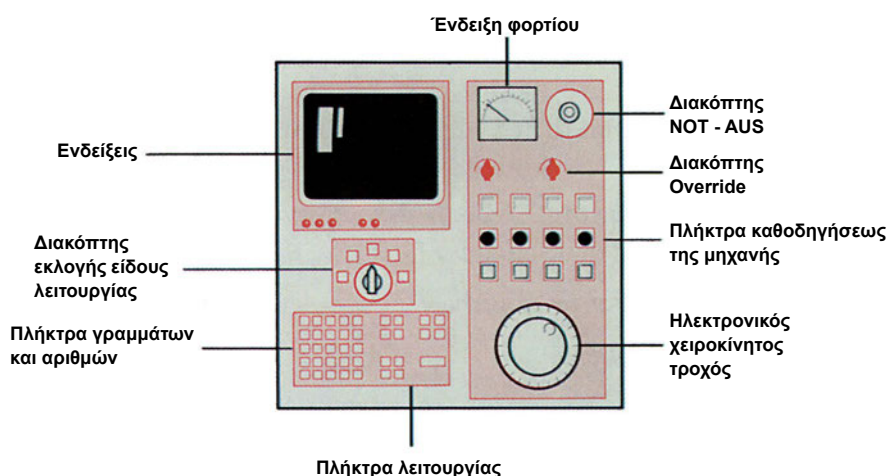
- ♦ **Σημειακή καθοδήγηση.** Είναι η καθοδήγηση κατά την οποία γίνεται σημειακή κατεργασία. Το εργαλείο προσεγγίζει το σημείο, όπου θα γίνει η κατεργασία σε γρήγορη κίνηση και χωρίς να έρχεται σε επαφή με το κομμάτι κατά τη μεταφορά του από σημείο σε σημείο. Η σημειακή καθοδήγηση εφαρμόζεται γενικά στη διάτρηση και στη συγκόλληση με ηλεκτροπόντα.

- ♦ **Γραμμική καθοδήγηση.** Η προσέγγιση του εργαλείου γίνεται σε γρήγορη κίνηση χωρίς να έρθει σε επαφή με το κομμάτι. Στη συνέχεια, η κατεργασία γίνεται μόνο σε ευθεία παράλληλη προς τους άξονες και σύμφωνα με την καθορισμένη πρόωση. Η γραμμική καθοδήγηση εφαρμόζεται σε απλές φρέζες και απλούς τόρνους.
- ♦ **Τροχιακή καθοδήγηση.** Επιτρέπει γρήγορη προσέγγιση του εργαλείου. Η κατεργασία γίνεται ταυτόχρονα και στις τρεις άξονες.
- ♦ **Καθοδήγηση σε περίγραμμα 2-διαστάσεων.** Επιτρέπει κατεργασία ταυτόχρονα σε 2 άξονες.
- ♦ **Καθοδήγηση 21/2-διαστάσεων.** Επιτρέπει κατεργασία σε δύο άξονες σε διάφορα επίπεδα και γρήγορη κίνηση σε τρεις άξονες.

### 11.3.1 Πίνακας χειρισμού

Ο πίνακας χειρισμού είναι το μέσον επικοινωνίας του χειριστή με το σύστημα ελέγχου. Οι πίνακες χειρισμού γενικά περιέχουν τα ακόλουθα στοιχεία (σχήμα 11.14):

- ♦ **Οθόνη.** Δείχνει τη λίστα του προγράμματος, σε ποια θέση λειτουργίας βρίσκεται η μηχανή και τη γραφική προσομοίωση της κατεργασίας. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα στο χειριστή να παρακολουθεί την εξέλιξη του προγράμματος κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής του.



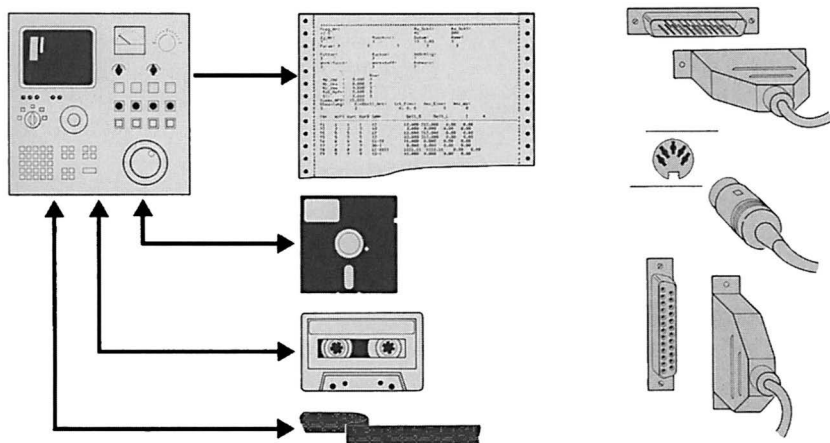
Σχήμα 11.14: Πίνακας χειρισμού.

- ♦ **Διακόπτης κινδύνου.** Χρησιμοποιείται για τις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης για να αποφεύγονται μεγάλες ζημιές. Με το πάτημα του διακόπτη κινδύνου, σταματά η λειτουργία της μηχανής. Η εργαλειομηχανή δεν μπορεί να ξαναμπεί σε λειτουργία, όσο είναι ενεργοποιημένος ο διακόπτης κινδύνου, ο οποίος πρέπει να απενεργοποιηθεί για να μπορέσει η εργαλειομηχανή να λειτουργήσει ξανά.
- ♦ **Διακόπτης Override.** Επιτρέπει στο χειριστή την αλλαγή της πρόωσης ή των στροφών κατά τη διάρκεια της κατεργασίας χωρίς να γίνει αλλαγή στο πρόγραμμα.
- ♦ **Πλήκτρα καθοδήγησης της μηχανής.** Επιτρέπουν το χειροκίνητο χειρισμό της μηχανής. Όλες οι κινήσεις που κάνει η εργαλειομηχανή μπορούν να γίνουν χειροκίνητα.
- ♦ **Ηλεκτρονικός χειροκίνητος τροχός.** Χρησιμοποιείται στην προετοιμασία και προσέγγιση σημείων αναφοράς. Ανάλογα με την ακρίβεια της μηχανής, οι άξονες μπορούν να κινηθούν από 0.1mm έως 0.001mm.
- ♦ **Πλήκτρα γραμμών και αριθμών.** Με αυτά εισάγονται τα προγράμματα, τα στοιχεία των εργαλείων και οι ειδικές ψηφιακές παράμετροι της μηχανής.
- ♦ **Διακόπτης επιλογής είδους λειτουργίας.** Χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του συστήματος ελέγχου στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας (λειτουργία χειροκίνητη, εισαγωγή δεδομένων, εκτέλεση προγράμματος, τρόπος εκτέλεσης προγράμματος κ.α.).

#### 11.4 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ CNC-ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

Η εισαγωγή δεδομένων στις CNC-εργαλειομηχανές γίνεται με τους παρακάτω διαφορετικούς τρόπους (σχήμα 11.15):

1. Με χρήση διατρητικών ταινιών.
2. Με χρήση κασετών.
3. Με χρήση δισκετών.
4. Με μεταφορά δεδομένων μέσω σειριακού καναλιού RS232.



**Σχήμα 11.15:** Δυνατότητες εισαγωγής δεδομένων στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.

Για εισαγωγή δεδομένων, με χρήση διατρητικών ταινιών, χρησιμοποιούνται 50 σύμβολα, τα οποία δίδονται στην εργαλειομηχανή κωδικοποιημένα. Αυτά είναι:

- ♦ Τα μικρά γράμματα του λατινικού αλφάβητου: **a - z** (26)
- ♦ Τα μεγάλα γράμματα του λατινικού αλφάβητου: **A - Z** (26)
- ♦ Οι αριθμοί: **0 - 9** (10)
- ♦ Τα σύμβολα γραμματικής: **? ! , ; κ.λπ.** (περίπου 10)
- ♦ Τα σύμβολα αριθμητικών πράξεων: **+ = - : κ.λπ.** (περίπου 10)

Τελευταία, γνωρίζουν μεγάλη εφαρμογή οι κασέτες και οι δισκέτες ενώ οι διατρητικές ταινίες καταργούνται. Τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί στο φορέα πληροφοριών εισάγονται στη μονάδα προγραμματισμού, που είναι εφοδιασμένη με μία αρκετά ευρύχωρη μνήμη. Εκεί συνήθως μπορούν να αποθηκευτούν αρκετά προγράμματα. Κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, μέσω του πληκτρολογίου της εργαλειομηχανής, μπορούν να γίνουν αλλαγές και διορθώσεις των ήδη εισαχθέντων προγραμμάτων. Σε περίπτωση υψηλής ειδικεύσης του χειριστή, υπάρχει η δυνατότητα του επί τόπου προγραμματισμού μιας μονάδας CNC.

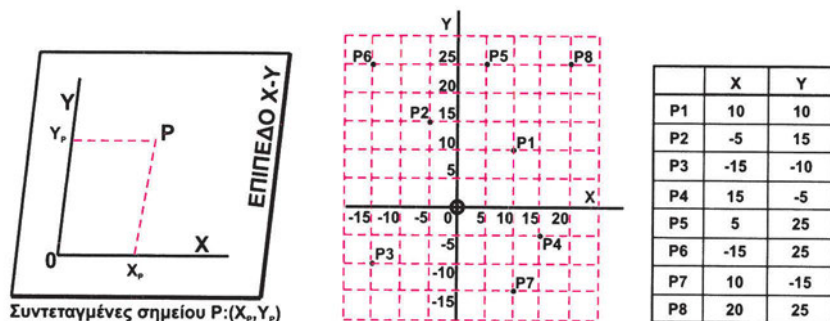


## 11.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Για τον έλεγχο των κινήσεων των ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών, απαιτείται η είσοδος των συντεταγμένων των διαδοχικών θέσεων του κοπτικού εργαλείου ως προς κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Ο εύκολος και γρήγορος προσδιορισμός των συντεταγμένων αυτών είναι απαραίτητος για τον προγραμματιστή τέτοιων εργαλειομηχανών. Οι συντεταγμένες, στις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, παρουσιάζονται ως **καρτεσιανές** ή ως **πολικές** συντεταγμένες.

**Καρτεσιανές συντεταγμένες**

Οι καρτεσιανές συντεταγμένες ενός σημείου P στο επίπεδο, ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων X-Y, είναι η τετμημένη  $X_p$  και η τεταγμένη  $Y_p$ , όπως φαίνονται στο σχήμα 11.16α. Οι καρτεσιανές συντεταγμένες οποιουδήποτε σημείου χαρακτηρίζουν μονοσήμαντα το σημείο αυτό. Αυτό σημαίνει πως δεν υπάρχουν στο επίπεδο ή στο χώρο σημεία με τις ίδιες ακριβώς συντεταγμένες.

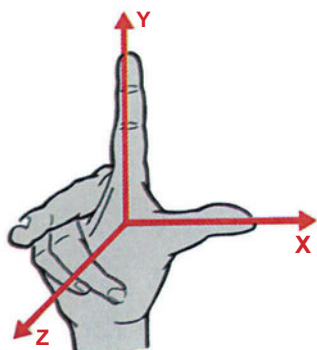


**Σχήμα 11.16:** Προσδιορισμός καρτεσιανών συντεταγμένων.

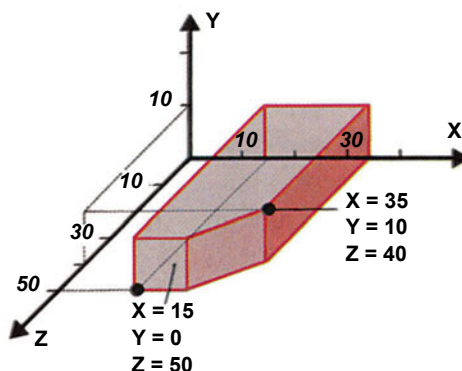
Στο παράδειγμα του σχήματος 11.16β δίδονται οι συντεταγμένες εννέα σημείων ως προς το σύστημα X-Y. Όλες αυτές οι συντεταγμένες δίνονται σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς, σταθερό στο χώρο. Αυτός ο τρόπος καθορισμού λέγεται απόλυτος, ενώ οι συντεταγμένες που προκύπτουν λέγονται **απόλυτες συντεταγμένες**. Οι απόλυτες συντεταγμένες, αλλά και οι σχετικές συντεταγμένες, θα αναλυθούν παρακάτω.

Αντίστοιχα, για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων, αλλά σε τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων X-Y-Z, οι συντεταγμένες ενός σημείου ορίζονται και από τη θέση του εξεταζόμενου σημείου ως προς τη διάσταση Z. Ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων ορίζεται ως **δεξιόστροφο** με τον

"κανόνα του δεξιού χεριού". Στο σχήμα 11.17 δίδεται ένας τρόπος προσδιορισμού συστημάτων συντεταγμένων για κατεργασία φρεζαρίσματος και για κατεργασία τριαντρίσματος.



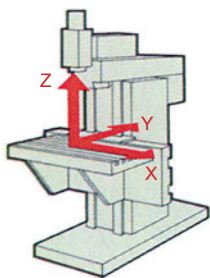
Κανόνας δεξιού χεριού



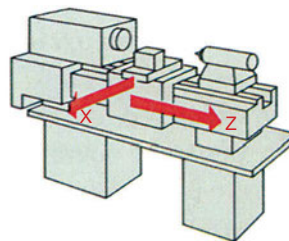
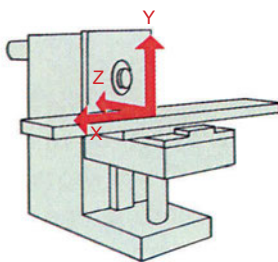
Συντεταγμένες σε τρεις άξονες

Σχήμα 11.17: Προσδιορισμός συστημάτων συντεταγμένων.

Το σύστημα συντεταγμένων αναφέρεται στο κομμάτι. Έτσι, ο προγραμματισμός είναι ανεξάρτητος από το αν κινείται το κομμάτι ή το εργαλείο. Κατά την κατάστρωση του προγράμματος, όμως, θεωρείται ότι κινείται μόνο το εργαλείο, χωρίς αυτό να επηρεάζει τις μετέπειτα κινήσεις (κομματιού ή εργαλείου). Στα παραδείγματα του σχήματος 11.18 φαίνονται συστήματα συντεταγμένων διαφόρων μηχανών.



Τριάξονικες φρέζες



Διαξονικός τórνος

Σχήμα 11.18: Παραδείγματα συστημάτων συντεταγμένων.

### Πολικές συντεταγμένες

Οι πολικές συντεταγμένες ενός σημείου P ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων X-Y ορίζονται με μία απόσταση και μία γωνία, όπου είναι: "η **απόσταση** του σημείου από το κέντρο του συστήματος συντεταγμένων και η **γωνία** που

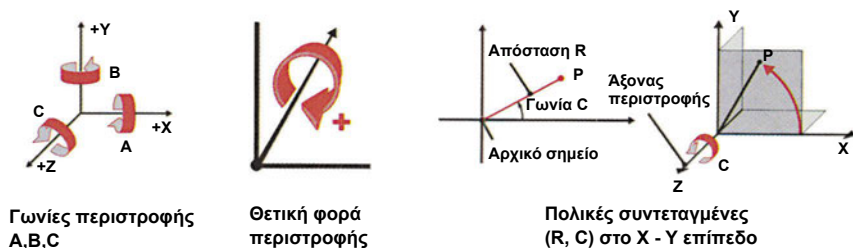
σχηματίζεται από τον άξονα  $X$  και την ευθεία, που ενώνει το σημείο με το κέντρο του συστήματος". Η προαναφερόμενη γωνία μετρείται θετικά από τον άξονα  $X$  με αντιωρολογιακή φορά.

Η θετική κατεύθυνση γωνιών περιστροφής αξόνων **A**, **B** και **C** προσδιορίζεται βάσει των πολικών συντεταγμένων και του κανόνα του δεξιού χεριού (σχήμα 11.19), ως εξής:

Αν το προγραμματισμένο σημείο **P** βρίσκεται στο επίπεδο **X-Y** του συστήματος συντεταγμένων, η γωνία πολικής συντεταγμένης ισούται με τη γωνία περιστροφής του άξονα  $Z$  (**C**).

Αν το προγραμματισμένο σημείο βρίσκεται στο επίπεδο **Y-Z** του συστήματος συντεταγμένων, η γωνία πολικής συντεταγμένης ισούται με τη γωνία περιστροφής του άξονα  $X$  (**A**).

Αν το προγραμματισμένο σημείο βρίσκεται στο επίπεδο **X-Z** του συστήματος συντεταγμένων, η γωνία πολικής συντεταγμένης ισούται με τη γωνία περιστροφής του άξονα  $Y$  (**B**).

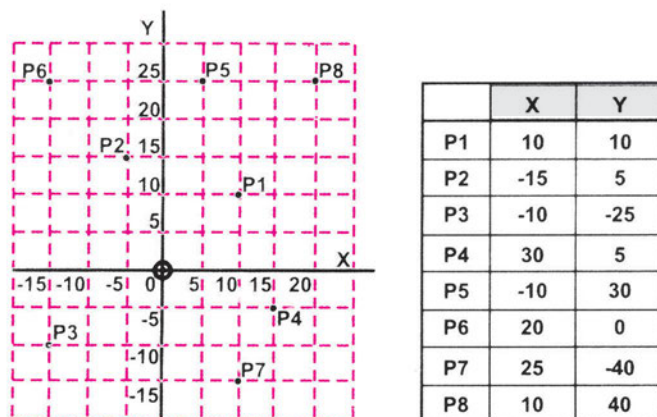


Σχήμα 11.19: Γωνίες περιστροφής αξόνων.

### 11.5.1 Απόλυτες και σχετικές συντεταγμένες

Οι συντεταγμένες, ως προς συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων, καλούνται απόλυτες συντεταγμένες, είτε είναι καρτεσιανές είτε πολικές. Όταν όμως η θέση ενός σημείου  $P_1$  εξαρτάται από τη σχετική του θέση ως προς ένα άλλο σημείο  $P_2$ , τότε οι συντεταγμένες ονομάζονται **σχετικές ή αυξητικές συντεταγμένες** του σημείου  $P_1$  ως προς το σημείο  $P_2$ . Για τον εύκολο προσδιορισμό των σχετικών συντεταγμένων ενός σημείου  $P_1$  ως προς σημείο  $P_2$ , θεωρείται ένα νοητό σύστημα συντεταγμένων  $X'-Y'$  με κέντρο το σημείο  $P_2$ . Οι σχετικές συντεταγμένες τότε του σημείου  $P_1$  ως προς το σημείο  $P_2$ , είναι οι απόλυτες συντεταγμένες του σημείου  $P_1$  ως προς το σύστημα  $X'-Y'$ .

Στο παράδειγμα του σχήματος 11.20 δίδονται οι σχετικές συντεταγμένες των σημείων  $P_1, \dots, P_8$ .



**Σχήμα 11.20:** Παράδειγμα προσδιορισμού σχετικών καρτεσιανών συντεταγμένων στο επίπεδο X-Y.

## 11.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Τα χαρακτηριστικά σημεία, βάσει των οποίων ορίζονται τα συστήματα συντεταγμένων, που χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό σε εργαλειομηχανή με ψηφιακή καθοδήγηση, είναι τα εξής:

- ♦ **Μηδενικά σημεία.** Αυτά είναι:
  - Μηδενικό σημείο της μηχανής **M**
  - Μηδενικό σημείο του τεμαχίου **W**
- ♦ **Σημεία αναφοράς.** Αυτά είναι:
  - Σημείο αναφοράς της μηχανής **R**
  - Σημείο αναφοράς του εργαλείου **E**

### Μηδενικό σημείο της μηχανής **M**

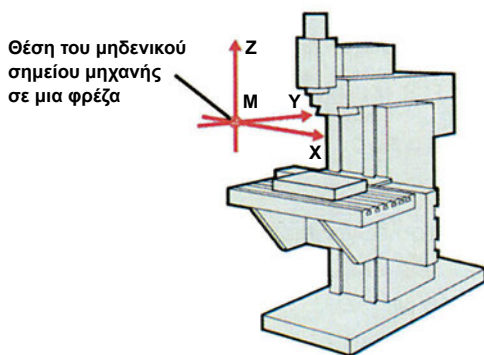
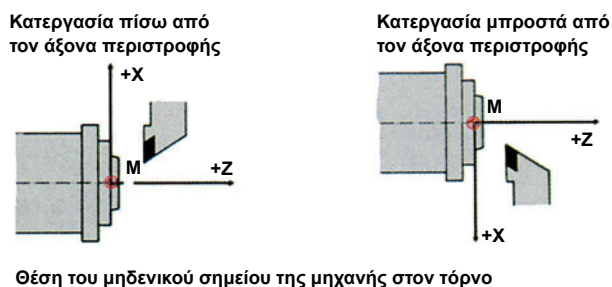
Καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Είναι το μηδενικό σημείο του σταθερού συστήματος συντεταγμένων της μηχανής και το αρχικό σημείο όλων των άλλων συστημάτων συντεταγμένων και σημείων αναφοράς στη μηχανή.

Στους τόνους το μηδενικό σημείο της μηχανής **M** βρίσκεται στο κέντρο της αξονικής γραμμής της κύριας ατράκτου (σχήμα 11.21). Είναι το μηδενικό σημείο του συστήματος X-Z, του οποίου ο άξονας Z συμπίπτει με την αξονική γραμμή της κύριας ατράκτου. Η θετική κατεύθυνση των αξόνων εξαρτάται από τη θέση του εργαλειοφορέου σε σχέση με το κομμάτι.

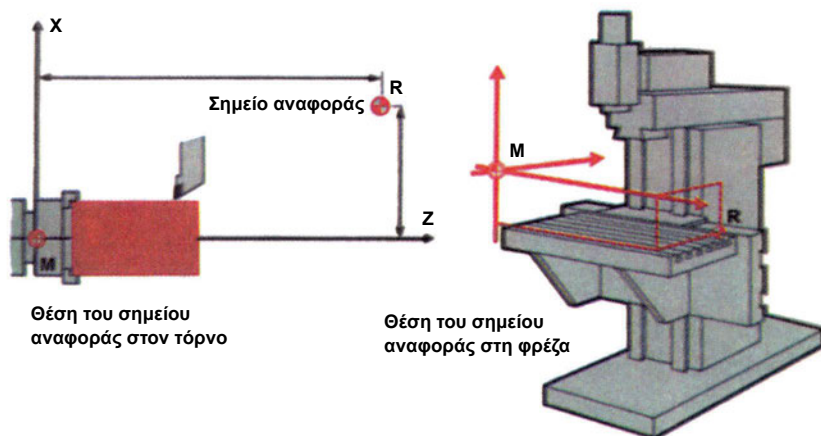
Στις φρεζομηχανές, το μηδενικό σημείο της μηχανής  $M$ , διαφέρει από μηχανή σε μηχανή.

### Σημείο αναφοράς της μηχανής $R$

Καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Έχει σταθερές συντεταγμένες σε σχέση με το μηδενικό σημείο της μηχανής  $M$  (σχήμα 11.22). Οι συντεταγμένες αυτές ορίζουν τη μέγιστη διαδρομή των αξόνων της μηχανής. Μόλις μπει σε λειτουργία η μηχανή, το κοπτικό εργαλείο πρέπει να προσεγγίσει το σημείο αναφοράς, ώστε να ρυθμισθεί το σύστημα μέτρησης μετατοπίσεων των αξόνων.



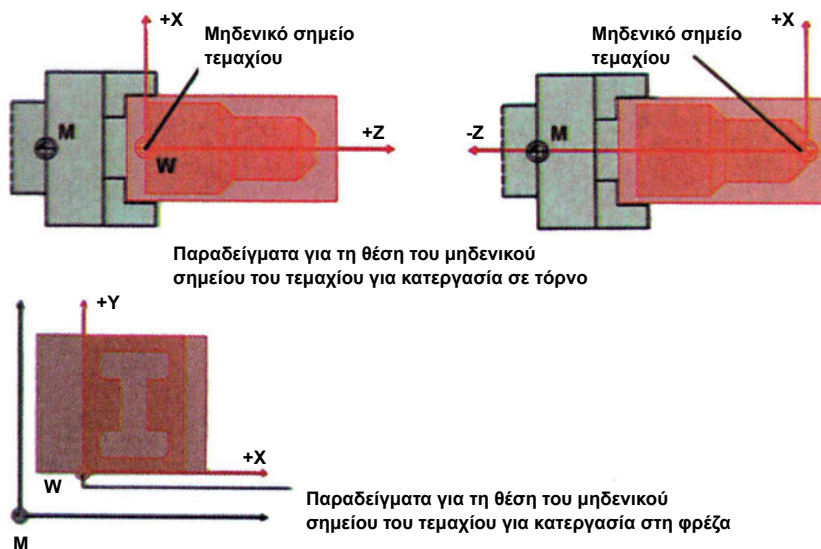
Σχήμα 11.21: Μηδενικό σημείο της μηχανής  $M$ .



Σχήμα 11.22: Σημείο αναφοράς της μηχανής R.

### Μηδενικό σημείο του κομματιού W

Είναι το αρχικό σημείο του συστήματος συντεταγμένων του κομματιού, το οποίο καθορίζεται βάσει του μηδενικού σημείου της μηχανής (σχήμα 11.23). Επιλέγεται από τον προγραμματιστή, και εισάγεται στο σύστημα ελέγχου της μηχανής. Πριν την εκτέλεση του προγράμματος, πρέπει να γίνει μετατόπιση του συστήματος συντεταγμένων της μηχανής στο σύστημα συντεταγμένων του τεμαχίου (Set up). Έτσι, όλες οι προγραμματισμένες συντεταγμένες δίδονται βάσει του μηδενικού σημείου του τεμαχίου.



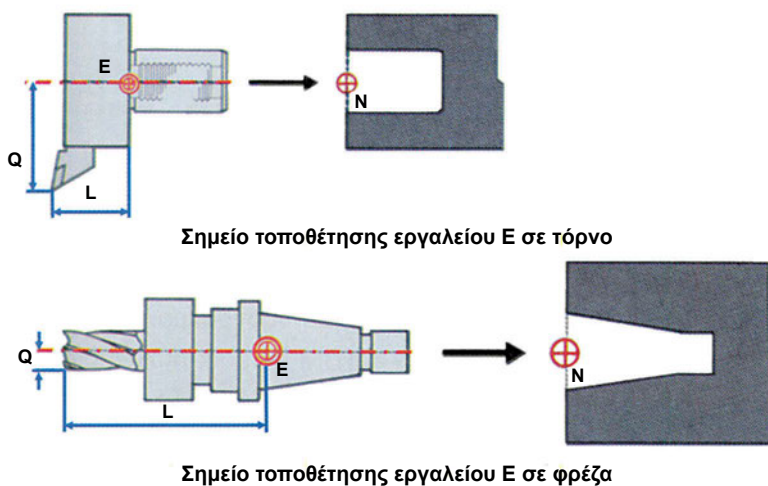
Σχήμα 11.23: Μηδενικό σημείο του κομματιού W.

Κατά την τόννευση, το μηδενικό σημείο του κομματιού **W** ορίζεται επί την αξονική γραμμή της κύριας ατράκτου στο δεξί ή στο αριστερό μέτωπο του κομματιού.

Κατά την εργασία στη φρέζα, το μηδενικό σημείο του κομματιού **W** ορίζεται στο κέντρο του κομματιού ή σε κάποια ακραία γωνία του.

### Σημείο αναφοράς του εργαλείου **E**

Είναι το σημείο τοποθέτησης του εργαλείου στη θήκη του εργαλειοφορείου (σχήμα 11.24). Επίσης, είναι το σημείο αναφοράς των διαστάσεων των κοπτικών εργαλείων (παρ. 11.2.1).



Σχήμα 11.24: Σημείο τοποθέτησης του εργαλείου.

## 11.7 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΚΩΔΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΣ

Ο προγραμματισμός για την κατεργασία ενός τεμαχίου σε εργαλειομηχανή, με ψηφιακή καθοδήγηση, γίνεται με τον κώδικα μηχανής. Πρόκειται για μια σειρά τυποποιημένων εντολών, που προσδιορίζουν λειτουργίες της εργαλειομηχανής, όπως κινήσεις, αλλαγές εργαλείων, ρυθμίσεις στροφών και προώσεων κ.λπ. Οι εντολές αυτές εκτελούνται κατά σειρά προτεραιότητας με την σειρά εγγραφής τους. Οι συνηθισμένες εντολές- κώδικες είναι οι εντολές **G** (εντολές κίνησης) και **M** (εντολές λειτουργίας). Οι εντολές αυτές συντάσσονται με συγκεκριμένο τρόπο και εντάσσονται σε ένα συνολικό πρόγραμμα καθοδήγησης.

Το πρόγραμμα καθοδήγησης αποτελείται από ξεχωριστά **block πληροφοριών**, που το κάθε ένα αρχίζει με έναν αύξοντα αριθμό αναγνώρισής του. Ο αύξων αριθμός αυτός συνοδεύεται μπροστά από τον κωδικό N. Ένα παράδειγμα σειράς blocks μπορεί να είναι:

**N001**      G00    X10.0    Z2.0

**N002**      G01    X10.0    Z22.0

Η αρχική αυτή αρίθμηση μπορεί να γίνεται ανά ένα ή και ανά 5 ή 10, και αυτό για το λόγο ότι τις περισσότερες φορές απαιτείται να τροποποιηθεί ένα πρόγραμμα, εισάγοντας ένα νέο block ανάμεσα σε δύο άλλα. Αυτό θα ήταν αδύνατον, στην περίπτωση που τα blocks θα είχαν συνεχή, ανά ένα, αρίθμηση. Εκτός από τον αριθμό αναγνώρισης του block, αυτό επίσης συνήθως περιλαμβάνει:

- ♦ κωδικό εντολής
- ♦ απαιτούμενα δεδομένα για κάθε κωδικό

Ο κωδικός εντολής μπορεί να περιλαμβάνει εντολές G και M. Οι πίνακες 11.1 και 11.2 δίνουν την τυποποιημένη κωδικοποίηση εντολών κίνησης **G** και εντολών λειτουργίας M κατά DIN 66025 αντίστοιχα.

Οι εντολές που προαναφέρθηκαν χρησιμοποιούν τους χαρακτήρες M και G. Αντίστοιχα, ορισμοί αυτών των εντολών χρησιμοποιούν διάφορους χαρακτήρες που συνολικά οι λειτουργίες τους φαίνονται στον πίνακα 11.3.



**Πίνακας 11.1: Κωδικοποίηση εντολών G (κίνησης)**

| <b>Κωδικοποίηση εντολών G (κίνησης) κατά DIN 66025 μέρος 2ο</b> |                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Κωδικός</b>                                                  | <b>Λειτουργία</b>                                                       |
| <b>G00</b>                                                      | Ευθύγραμμη κίνηση χωρίς κοπή με τη μέγιστη πρόωση της εργαλειομηχανής.  |
| <b>G01</b>                                                      | Γραμμική παρεμβολή - ευθύγραμμη κίνηση για κοπή με δοσμένη πρόωση.      |
| <b>G02</b>                                                      | Κυκλική παρεμβολή με ωρολογιακή φορά.                                   |
| <b>G03</b>                                                      | Κυκλική παρεμβολή με αντιωρολογιακή φορά.                               |
| <b>G04</b>                                                      | Προγραμματισμένη χρονική καθυστέρηση.                                   |
| <b>G06</b>                                                      | Παραβολική παρεμβολή με μεταβαλλόμενες ταχύτητες από τη μονάδα ελέγχου. |
| <b>G08</b>                                                      | Επιτάχυνση μέχρι δοσμένη ταχύτητα.                                      |
| <b>G09</b>                                                      | Επιβράδυνση μέχρι δοσμένη ταχύτητα.                                     |
| <b>G13-G16</b>                                                  | Επιλογή αξόνων.                                                         |
| <b>G17-G19</b>                                                  | Επιλογή επιπέδων κατεργασίας XY - ZX - YZ αντίστοιχα.                   |
| <b>G33</b>                                                      | Κοπή σπειρώματος με σταθερό βήμα.                                       |
| <b>G34</b>                                                      | Κοπή σπειρώματος.                                                       |
| <b>G35</b>                                                      | Κοπή σπειρώματος.                                                       |
| <b>G40</b>                                                      | Άρση της αντιστάθμισης εργαλείου.                                       |
| <b>G41</b>                                                      | Αριστερή αντιστάθμιση.                                                  |
| <b>G42</b>                                                      | Δεξιά αντιστάθμιση.                                                     |
| <b>G43</b>                                                      | Αντιστάθμιση θετικό.                                                    |
| <b>G44</b>                                                      | Αντιστάθμιση αρνητικό.                                                  |
| <b>G50-G59</b>                                                  | Μετατοπίσεις προσαρμογής.                                               |
| <b>G70</b>                                                      | Συντεταγμένες σε ίντσες (in).                                           |
| <b>G71</b>                                                      | Συντεταγμένες σε χιλιοστά του μέτρου (mm).                              |
| <b>G72</b>                                                      | Δεξιόστροφη κυκλική παρεμβολή τριών διαστάσεων.                         |
| <b>G73</b>                                                      | Αριστερόστροφη κυκλική παρεμβολή τριών διαστάσεων.                      |
| <b>G75</b>                                                      | Κυκλική παρεμβολή πολλών τεταρτημορίων.                                 |
| <b>G80</b>                                                      | Ακύρωση κύκλων εργασιών G81-G89.                                        |
| <b>G81-G89</b>                                                  | Κύκλοι εργασιών.                                                        |
| <b>G90</b>                                                      | Απόλυτες συντεταγμένες.                                                 |
| <b>G91</b>                                                      | Σχετικές συντεταγμένες.                                                 |
| <b>G92</b>                                                      | Μετατόπιση συστήματος συντεταγμένων.                                    |
| <b>G93</b>                                                      | Κωδικοποίηση πρόωσης.                                                   |
| <b>G94</b>                                                      | Ταχύτητα πρόωσης σε in ή mm/min.                                        |
| <b>G95</b>                                                      | Ταχύτητα πρόωσης σε in ή mm/rev.                                        |
| <b>G96</b>                                                      | Σταθερή ταχύτητα κοπής με έλεγχο των στροφών της ατράκτου.              |
| <b>G97</b>                                                      | Στροφές σε 1/λεπτό.                                                     |

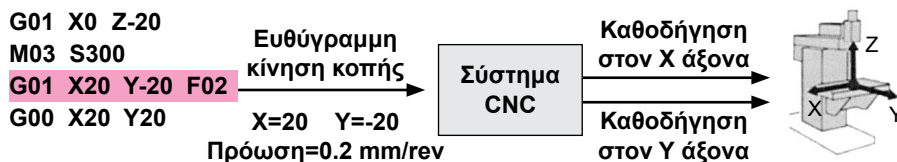
**Πίνακας 11.2: Κωδικοποίηση εντολών M (λειτουργίας).**

| <b>Κωδικοποίηση εντολών M (λειτουργίας) κατά DIN 66025 μέρος 2ο</b> |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>M00</b>                                                          | Προγραμματισμένη παύση.                                                |
| <b>M01</b>                                                          | Προαιρετική παύση, αν έχει ενεργοποιηθεί.                              |
| <b>M02</b>                                                          | Τέλος προγράμματος.                                                    |
| <b>M03</b>                                                          | Δεξιόστροφη - ωρολογιακή περιστροφή ατράκτου.                          |
| <b>M04</b>                                                          | Αριστερόστροφη - αντιωρολογιακή περιστροφή ατράκτου.                   |
| <b>M05</b>                                                          | Διακοπή περιστροφής ατράκτου.                                          |
| <b>M06</b>                                                          | Αλλαγή εργαλείου.                                                      |
| <b>M07-M09</b>                                                      | Έλεγχος ροής ψυκτικών υγρών.                                           |
| <b>M10</b>                                                          | Σύσφιξη (τσοκ)                                                         |
| <b>M11</b>                                                          | Χαλάρωση (τσοκ).                                                       |
| <b>M15-M16</b>                                                      | Επιλογή γρήγορης κίνησης ή κατεύθυνσης πρόωσης.                        |
| <b>M19</b>                                                          | Παύση περιστροφής ατράκτου με προκαθορισμένη τελική θέση παύσης.       |
| <b>M26</b>                                                          | Απόσυρση του εργαλείου στη θέση αλλαγής εργαλείου.                     |
| <b>M30</b>                                                          | Τέλος προγράμματος και επιστροφή στην αρχή.                            |
| <b>M31</b>                                                          | Άρση ασφάλισης.                                                        |
| <b>M47</b>                                                          | Επιστροφή στην αρχή του προγράμματος.                                  |
| <b>M49</b>                                                          | Παράκαμψη χειροκίνητων ρυθμίσεων και επιστροφή στις προγραμματισμένες. |
| <b>M59</b>                                                          | Σταθερός αριθμός στροφών.                                              |
| <b>M90-M99</b>                                                      | Εντολές προγραμματιζόμενες για το χρήστη.                              |

Η δομή μίας πρότασης προγραμματισμού σε γλώσσα μηχανής κατά DIN 66025, φαίνεται στο σχήμα 11.25.

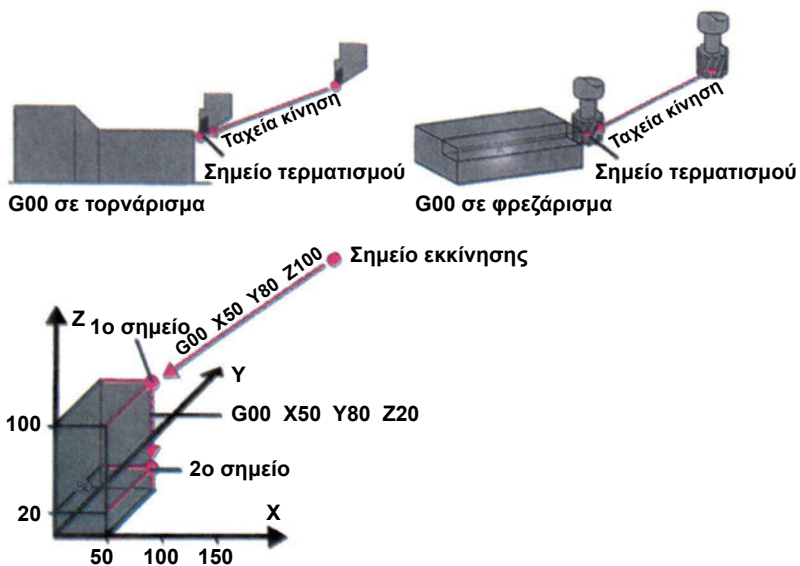
**Πίνακας 11.3: Χαρακτήρες που χρησιμοποιούνται σε εντολές NC-πρόγραμμα.**

| Χρησιμοποίηση χαρακτήρων σε εντολές ψηφιακής καθοδήγησης |                                                       |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Χαρακτήρας                                               | Λειτουργία                                            |
| <b>N</b>                                                 | Χαρακτηρίζει τον αύξοντα αριθμό του block             |
| <b>G</b>                                                 | Εντολή κίνησης.                                       |
| <b>X</b>                                                 | Μέγεθος κίνησης στον άξονα X.                         |
| <b>Y</b>                                                 | Μέγεθος κίνησης στον άξονα Y.                         |
| <b>Z</b>                                                 | Μέγεθος κίνησης στον άξονα Z.                         |
| <b>R</b>                                                 | Επίπεδο για σταθερούς κύκλους.                        |
| <b>I</b>                                                 | Συντεταγμένη κέντρου τόξου, παράλληλη με τον άξονα X. |
| <b>J</b>                                                 | Συντεταγμένη κέντρου τόξου, παράλληλη με τον άξονα Y. |
| <b>K</b>                                                 | Συντεταγμένη κέντρου τόξου, παράλληλη με τον άξονα Z. |
| <b>F</b>                                                 | Ταχύτητα πρόωσης.                                     |
| <b>S</b>                                                 | Ταχύτητα ατράκτου.                                    |
| <b>T</b>                                                 | Αριθμός εργαλείου.                                    |
| <b>H</b>                                                 | Αντιστάθμιση μήκους εργαλείου.                        |
| <b>D</b>                                                 | Αντιστάθμιση ακτίνας.                                 |
| <b>E</b>                                                 | Απόσταση βάσης στήριξης.                              |
| <b>L</b>                                                 | Χρόνος καθυστέρησης σε κύκλους εργασιών.              |
| <b>M</b>                                                 | Λειτουργία.                                           |
| <b>Q</b>                                                 | Υποπρόγραμμα.                                         |

**Σχήμα 11.25:** Δομή μίας πρότασης σε NC-πρόγραμμα κατά DIN 66025.

Όπως παρουσιάστηκε και από τον πίνακα 11.1 των εντολών G, οι πιο χρησιμοποιούμενες εντολές κίνησης είναι η **G00**, **G01**, **G02** και **G03**:

**Γρήγορη κίνηση G00.** Οι προγραμματισμένοι άξονες κινούνται με μεγάλη ταχύτητα προς τα προγραμματισμένα σημεία (σχήμα 11.26).



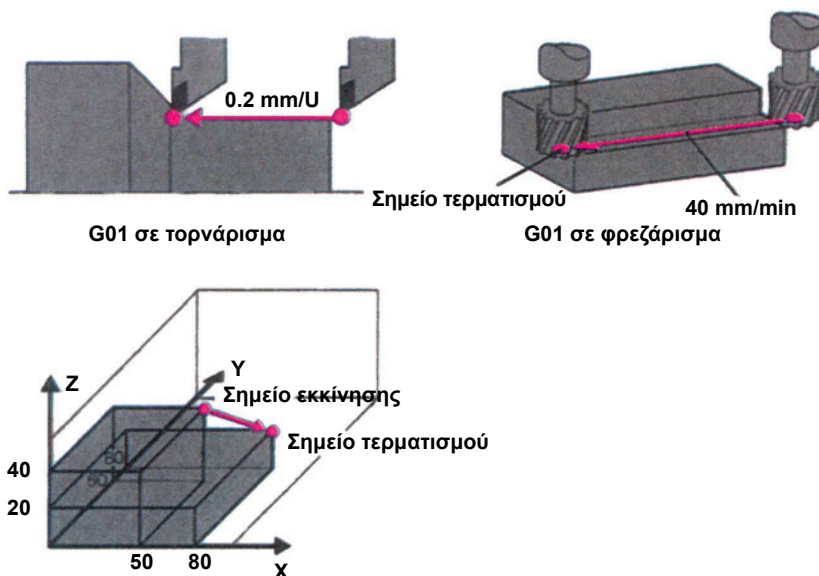
Σχήμα 11.26: Γρήγορη κίνηση G00.

#### □ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 11.1

G00 X50 Y80 Z100

“Γρήγορη κίνηση στο σημείο (50,80,100) χωρίς κοπή”

**Ευθύγραμμη κίνηση με πρόωση G01.** Οι προγραμματισμένοι άξονες κινούνται με την ίδια προγραμματισμένη ταχύτητα πρόωσης προς τα διάφορα σημεία (σχήμα 11.27).



Σχήμα 11.27: Ευθύγραμμη κίνηση G01.

**❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 11.2**

G01 X80 Y80 Z10 F40 S1000

“Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο (80,80,10) με κοπή και ταχύτητα πρόωσης 40mm/min και περιστροφική ταχύτητα 1000στρ/min”.

**Κυκλική κίνηση G02/G03:** Για την πραγματοποίηση κυκλικής πορείας, όπου G02 για ωρολογιακή φορά και G03 για αντιωρολογιακή φορά (σχήμα 11.28).

Η σύνταξη της εντολής, γίνεται με δύο τρόπους:

G02/G03 X.. Y.. R.. F..

G02/G03 X.. Y.. I.. J.. F..

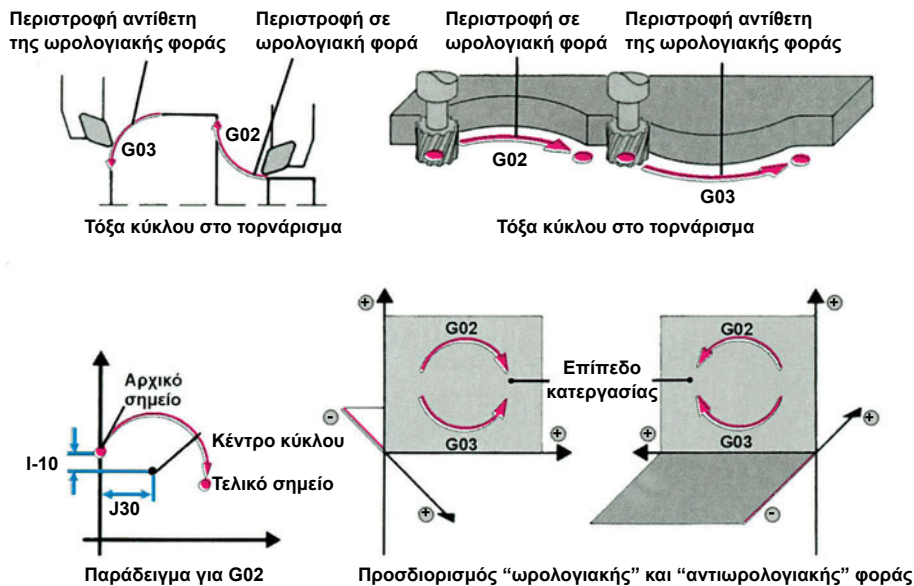
Όπου: **G02/G03** είναι κυκλική κίνηση με ωρολογιακή/αντιωρολογιακή φορά,

**X, Y** είναι οι συντεταγμένες του τελικού σημείου του τόξου,

**I, J** είναι οι σχετικές συντεταγμένες του κέντρου κύκλου σε σχέση με το αρχικό σημείο του τόξου,

**R** είναι η ακτίνα κυκλικού τόξου

**F** είναι η ταχύτητα πρόωσης



Σχήμα 11.28: Κυκλική κίνηση G02/G03

**□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 11.3**

G02 X60 Y30 F02 S300

“Κυκλική κίνηση με ωρολογιακή φορά. Συντεταγμένες τελικού σημείου του τόξου είναι (60,30), ταχύτητα πρόωσης = 0.2mm/στρ (κατεργασία στον τόρνο), στροφές = 300στρ/min”.

ή G02 I30 J-10 F02 S300

“Η σχετικές συντεταγμένες του κέντρου του τόξου, σε σχέση με το αρχικό σημείο του τόξου, είναι (30,-10)”.

Οι θέσεις **G81** έως **G89** του πίνακα 11.1 χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένους κύκλους κατεργασιών. Κάθε κύκλος κατεργασίας αντιπροσωπεύει μια ομάδα από κινήσεις, που είναι απαραίτητες για εκτέλεση μίας συγκεκριμένης κατεργασίας, και που όλες αυτές οι κινήσεις εκτελούνται αυτόματα με μία εντολή. Στον πίνακα 11.4 παρουσιάζονται οι εντολές αυτές με τη συνήθη χρησιμοποίησή τους.

**Πίνακας 11.4: Κύκλοι κατεργασιών**

| <b>Κύκλοι εργασιών</b> |                           |
|------------------------|---------------------------|
| <b>Κωδικός</b>         | <b>Συνήθης λειτουργία</b> |
| <b>G81</b>             | Διάτρηση - κεντράρισμα.   |
| <b>G82</b>             | Διάτρηση.                 |
| <b>G83</b>             | Βαθιά διάτρηση.           |
| <b>G84</b>             | Σπειροτόμηση.             |
| <b>G85</b>             | Εσωτερική τόννευση.       |
| <b>G86</b>             | Εσωτερική τόννευση.       |
| <b>G87</b>             | Εσωτερική τόννευση.       |
| <b>G88</b>             | Εσωτερική τόννευση.       |
| <b>G89</b>             | Εσωτερική τόννευση.       |

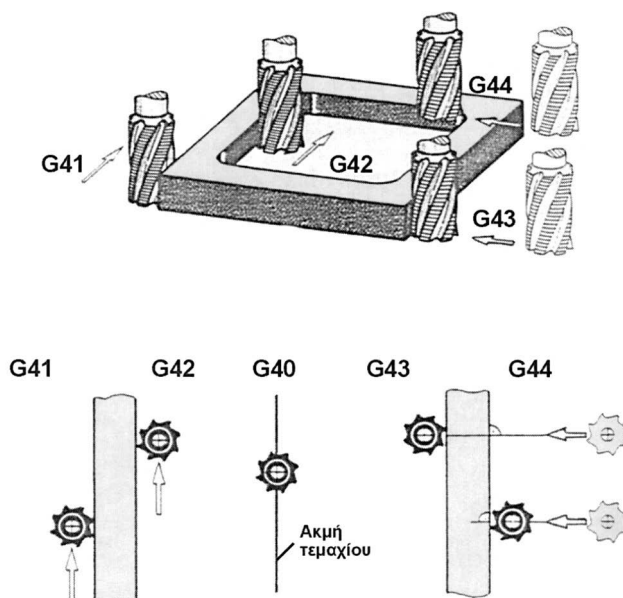
### 11.7.1 Αντιστάθμιση εργαλείων

Στην ψηφιακή καθοδήγηση, ανάλογα με το είδος της κατεργασίας, καθοδηγείται το κοπτικό εργαλείο ή το κατεργαζόμενο τεμάχιο, ώστε να συναντήσουν το ένα το άλλο με προκαθορισμένες συνθήκες. Ο έλεγχος των θέσεων του τεμαχίου και αντίστοιχα του κοπτικού εργαλείου γίνεται μέσω του μηδενισμού του εργαλείου στο τεμάχιο, λαμβάνοντας όμως υπόψη στο μηδενισμό την απόσταση του άξονα του εργαλείου από το τεμάχιο για περιστρεφόμενο εργαλείο ή την κυκλικότητα της αιχμής για μη περιστρεφόμενο εργαλείο. Αυτό γίνεται έτσι, ώστε το κοπτικό εργαλείο να καθοδηγείται ως προς τον άξονά του βάσει όμως του περιγράμματος του τεμαχίου, το οποίο είναι δοσμένο από το μηχανολογικό του σχέδιο. Σε περίπτωση που οι αποστάσεις αυτές, για παράδειγμα, η ακτίνα του εργαλείου φρεζαρίσματος και η ακτίνα της αιχμής του εργαλείου τόννευσης, δε λαμβάνονταν υπόψη, τότε ο προγραμματισμός των κινήσεων θα έπρεπε να γινόταν σε μια ισοαποστασιακή τροχιά από το περίγραμμα του τεμαχίου, πράγμα που θα απαιτούσε σύνθετους υπολογισμούς.

**Αντιστάθμιση**, λοιπόν, των κοπτικών εργαλείων είναι η δυνατότητα που δίδεται στις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές να λαμβάνουν υπόψη τους για τον προγραμματισμό των κινήσεων, κατόπιν συγκεκριμένης εντολής από το χειριστή τους (πχ. G41, G42 κ.λπ. [σχήμα 11.29](#)), τις διαστάσεις του κοπτικού εργαλείου, ώστε να προγραμματίζονται οι κινήσεις του σύμφωνα με το περίγραμμα του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Τα είδη αντιστάθμισης είναι τα εξής ([σχήμα 11.29](#)):

- ♦ **G41**, αριστερή αντιστάθμιση
- ♦ **G42**, δεξιά αντιστάθμιση
- ♦ **G43**, θετική αντιστάθμιση
- ♦ **G44**, αρνητική αντιστάθμιση.

Με την εισαγωγή μίας από τις τέσσερις αντισταθμίσεις, αυτή παραμένει σε ισχύ μέχρι να ακυρωθεί με την εντολή **G40** ή να αντικατασταθεί με άλλη.



**Σχήμα 11.29:** Είδη αντιστάθμισης.

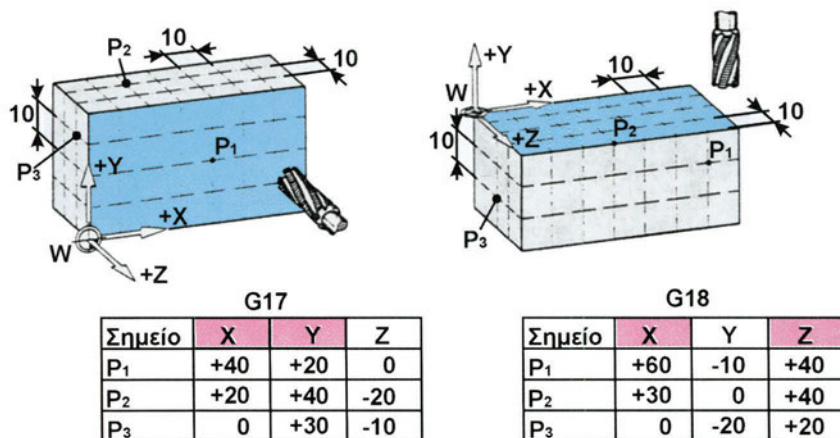
## 11.8 ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα κέντρα κατεργασίας αποτελούν τις πιο κοινές εργαλειομηχανές στην ψηφιακή καθοδήγηση (σχήμα 11.1). Τα τυπικά χαρακτηριστικά τους είναι:

Μπορούν να κατεργαστούν πολύπλευρα τεμάχια με ένα δέσιμο σε τέσσερις ή πέντε πλευρές, χρησιμοποιώντας ψηφιακά καθοδηγούμενους άξονες. Έχουν δυνατότητα προγραμματισμού σε τρία επίπεδα, **X-Y**, **X-Z** και **Y-Z**. Στο πρόγραμμα καθοδήγησης ορίζεται κάθε φορά το επίπεδο κατεργασίας (σχήμα 11.30):

- ♦ **G17** για κατεργασία στο επίπεδο **X-Y**,





Σχήμα 11.30: Επίπεδα κατεργασίας.

- ♦ Μπορούν να πραγματοποιηθούν όλοι οι τύποι κατεργασιών, όπως η κατεργασία προσώπου, η διάτρηση, η γλύφανση, η κοπή σπειρώματος, όπως ακόμα και η κατεργασία σύνθετων περιγραμμάτων.
- ♦ Το απαραίτητο κάθε φορά εργαλείο τοποθετείται στη θέση κοπής με αυτόματο τρόπο. Ο αριθμός των εργαλείων, που μπορούν να αποθηκευτούν, είναι συνήθως 30 έως 120 και εξαρτάται από τον τύπο και το μέγεθος της εργαλειοθήκης.
- ♦ Μπορεί να υποστηρίζεται από εξαρτήματα για φόρτωση και εκφόρτωση των προς κατεργασία τεμαχίων.

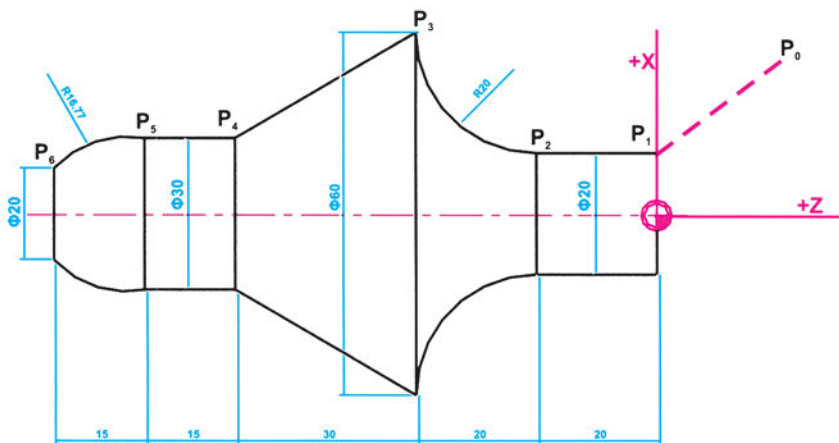


### ΑΣΚΗΣΗ 11.1

#### Εκπόνηση προγράμματος για κατεργασία σε τόρνο

Με βάση το σχέδιο του τεμαχίου του παρακάτω σχήματος, να εκπονηθεί πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής σύμφωνα με την τυποποίηση κατά DIN 66025 μέρες 2°.

Δίδονται: Συντεταγμένες του σημείου P<sub>0</sub> X=20, Y=20. Αριθμός εργαλείου 1.



**Λύση:**

|     |                       |                                                           |
|-----|-----------------------|-----------------------------------------------------------|
| N1  | G91                   | Σχετικές συντεταγμένες                                    |
| N5  | G95                   | Ταχύτητα πρόωση σε mm/rev                                 |
| N10 | M06 T1                | Αλλαγή εργαλείου                                          |
| N15 | G00 X-20 Z-20         | Γρήγορη κίνηση από το σημείο P0 στο σημείο P1             |
| N20 | M03 S300              | Δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου με 300στρ/μιν             |
| N25 | G01 X0 Z-20 F02       | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P2 με κοπή, πρόωση 0.2mm/rev |
| N30 | G02 X20 Z-20 R15      | Κυκλική κίνηση με ωρολογιακή φορά, ακτίνα 15mm            |
| N35 | G01 X-17.5 Z-30       | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P4 με κοπή, πρόωση 0.2mm/rev |
| N40 | G01 Z-15              | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P5 με κοπή, πρόωση 0.2mm/rev |
| N45 | G03 X-7.5 Z-15 R16.77 | Κυκλική κίνηση με αντιωρολογιακή φορά, ακτίνα 16.77mm     |
| N50 | M02                   | Τέλος προγράμματος                                        |

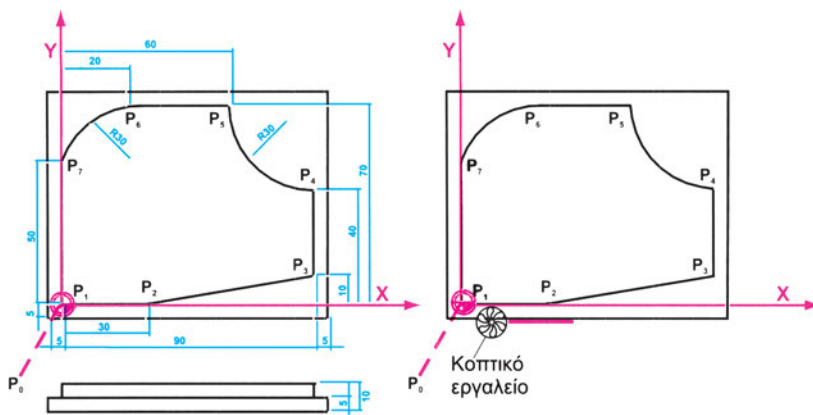


## ΑΣΚΗΣΗ 11.2

### Εκπόνηση προγράμματος για κατεργασία σε φρέζα

Με βάση το σχέδιο του τεμαχίου του παρακάτω σχήματος, να εκπονηθεί πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής σύμφωνα με την τυποποίηση κατά DIN 66025 μέρες 2°.

Δίδονται: Συντεταγμένες του σημείου P<sub>0</sub> X=20, Y=20. Αριθμός εργαλείου 2.

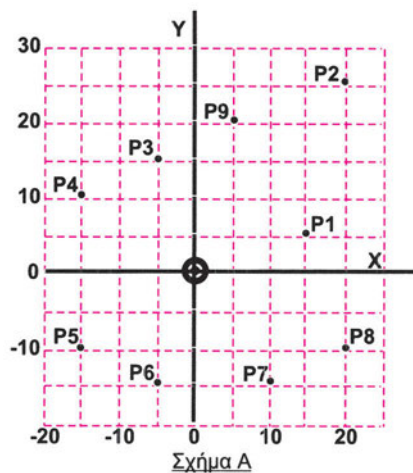
**Λύση:**

|     |                 |                                                                                |
|-----|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| N1  | G90             | Απόλυτες συντεταγμένες                                                         |
| N5  | G94             | Ταχύτητα πρόωση σε mm/min                                                      |
| N10 | M06 T2          | Αλλαγή εργαλείου                                                               |
| N15 | G42             | Δεξιά αντιστάθμιση                                                             |
| N20 | G00 X0 Y0       | Γρήγορη κίνηση στο σημείο P1                                                   |
| N25 | M03 S1000       | Δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου με 1000στρ/min                                 |
| N30 | G01 Z-5 F300    | Ευθύγραμμη κίνηση κατά τον άξονα Z σε βάθος κοπής 5mm και με πρόωση 300 mm/min |
| N35 | G01 X30         | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P2 με κοπή, πρόωση 300 mm/min                     |
| N40 | G01 X90 Y10     | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P3 με κοπή, πρόωση 300 mm/min                     |
| N45 | G01 Y40         | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P4 με κοπή, πρόωση 300 mm/min                     |
| N50 | G02 X60 Y70 R30 | Κυκλική κίνηση με ωρολογιακή φορά, ακτίνα 30mm                                 |
| N55 | G01 X20         | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P6 με κοπή, πρόωση 300 mm/min                     |
| N60 | G03 X0 Y50 R30  | Κυκλική κίνηση με ανπωρολογιακή φορά, ακτίνα 30mm                              |
| N65 | G01 Y0          | Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο P7 με κοπή, πρόωση 300 mm/min                     |
| N70 | G00 Z20         | Γρήγορη κίνηση σε ύψος κατά Z άξονα                                            |
| N75 | G00 X50 Y50     | Απομάκρυνση του εργαλείου από το κομμάτι                                       |
| N80 | M02             | Τέλος προγράμματος                                                             |



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε τι οφείλεται η γρήγορη ανάπτυξη των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση;
2. Αναφέρατε τις μορφές καθοδήγησης.
3. Ποιες είναι οι απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης;
4. Ποια στοιχεία καταχωρούνται σε ένα πρόγραμμα CNC;
5. Ονομάστε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση.
6. Αναφέρατε τα καθηγούμενα μέρη μίας εργαλειομηχανής με ψηφιακή καθοδήγηση.
7. Ποιοι είναι οι άξονες κίνησης σε μία εργαλειομηχανή CNC;
8. Εξηγήστε τον όρο “φρεζομηχανή 21/2 αξόνων”.
9. Πώς επιτυγχάνεται η μετατροπή της περιστροφικής ταχύτητας σε ευθύγραμμη σε ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές;
10. Εξηγήστε τα συστήματα μέτρησης της κίνησης στους άξονες.
11. Τι είδος κινητήρων χρησιμοποιείται στις εργαλειομηχανές CNC;
12. Αναφέρατε τους τύπους εργαλειοφορέων και πού χρησιμοποιείται κάθε είδος.
13. Ποιες είναι οι κύριες διαστάσεις των κοπτικών εργαλείων, που αποθηκεύονται στη μνήμη της καθοδήγησης της εργαλειομηχανής;
14. Εξηγήστε τις βαθμίδες συστημάτων ψηφιακής καθοδήγησης.
15. Ονομάστε τα στοιχεία που περιέχει ένας πίνακας χειρισμού.
16. Αναφέρατε τους τρόπους εισαγωγής δεδομένων στη μονάδα ελέγχου ψηφιακής καθοδήγησης.
17. Να προσδιορισθούν οι απόλυτες συντεταγμένες των σημείων του σχήματος Α.



18. Να προσδιορισθούν οι σχετικές συντεταγμένες των σημείων του σχήματος Α.

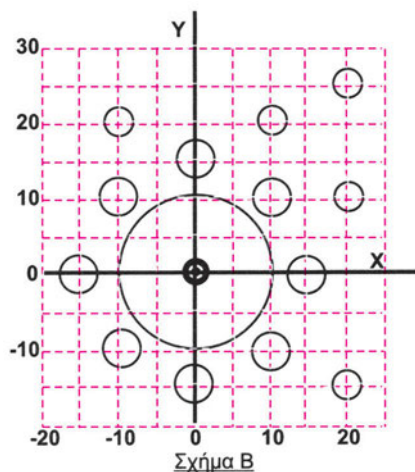
19. Δώστε ορισμό για τα εξής σημεία:

- ♦ Μηδενικό σημείο της μηχανής.
- ♦ Μηδενικό σημείο του τεμαχίου.
- ♦ Σημείο αναφοράς της μηχανής.
- ♦ Σημείο τοποθέτησης εργαλείου.

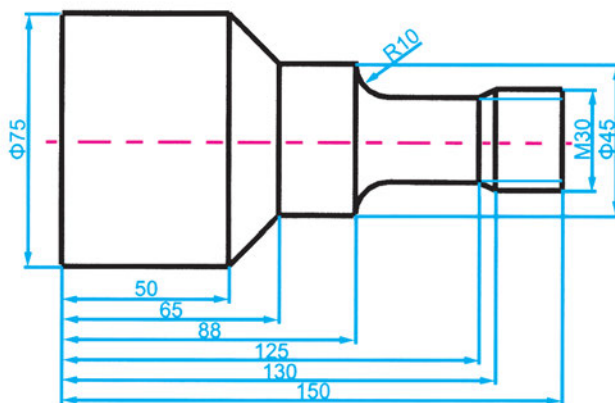
20. Τι εκφράζουν οι εντολές G;

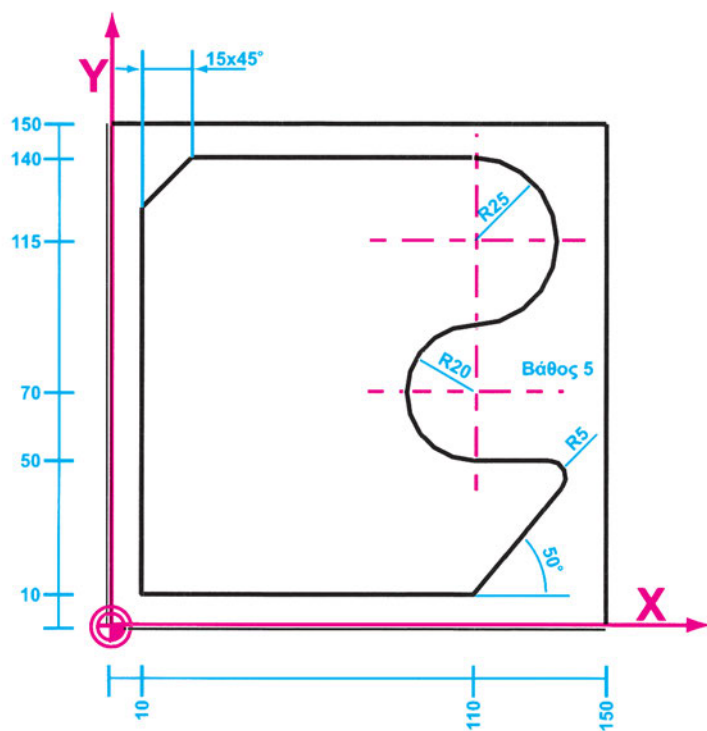
21. Τι εκφράζουν οι εντολές M;

22. Να προσδιορισθούν οι απόλυτες πολικές συντεταγμένες των σημείων του σχήματος Β.



23. Ποια στοιχεία πρέπει να περιέχονται σε μία πρόταση προγραμματισμού σε γλώσσα μηχανής;
24. Τι είναι αντιστάθμιση και τι χρησιμεύει στον προγραμματισμό;
25. Αναφέρατε τα είδη αντιστάθμισης.
26. Περιγράψτε ένα κέντρο κατεργασίας.
27. Να εκπονηθεί ένα πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής, για κατεργασία του κομματιού του σχήματος Γ σε ψηφιακό τόρνο.
28. Να εκπονηθεί ένα πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής, για κατεργασία του κομματιού του σχήματος Δ σε ψηφιακή φρέζα.





Σχήμα Δ



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *Αντωνιάδης Α.*, Εισαγωγή στις μηχανουργικές κατεργασίες-Εργαλειο-μηχανές ψηφιακή καθοδήγηση, έκδοση Τ.Ε.Ι. Σερρών, Σέρρες 1994.
2. *Αντωνιάδης Α.*, Θέματα ψηφιακής καθοδήγησης, έκδοση Τ.Ε.Ι. Σερρών.
3. *Διαμαντούδη Θ.*, Μηχανουργική τεχνολογία-Εργαλειομηχαναί, Δ' έκδοση, Θεσσαλονίκη 1980.
4. *Λαζαρίδης Λ.*, Μηχανουργική τεχνολογία-Εργαστήριο II, ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1990.



5. *Μανσούρ Γκ.*, Εισαγωγή στην ψηφιακή καθοδήγηση-Προγραμματισμός σε κώδικα μηχανής, τεύχος Ι, έκδοση Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος 1996.
6. *Μπουζάκης Κ.-Δ.*, Σημειώσεις στο μάθημα Μηχανουργικές κατεργασίες-Εργαλειομηχανές 1, Θεσσαλονίκη, έκδοση Α.Π.Θ., Νοέμβριος 1995.
7. *Μπουζάκης Κ.-Δ.*, Μορφοποιήσεις με αφαίρεση υλικού, πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών τεχνικών επαγγελματικών εκπαιδευτηρίων (ΤΕΕ), Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, μηχανουργική τεχνολογία, Θεσσαλονίκη 11/5-7/6/1999.
8. *Μπουζάκης Κ.-Δ.*, Εισαγωγή στην τεχνολογία μηχανουργικών κατεργασιών, εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1985.
9. *Παπαδανιήλ Ε., Σφαντζικόπουλος Μ.*, Μηχανουργική τεχνολογία- Εργαστήριο ΙΙ, ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1994.
10. *Πετρόπουλος Π.*, Μαθήματα μηχανουργικής τεχνολογίας, θεωρία και τεχνολογία μηχανουργικών κατεργασιών των μετάλλων, τεύχος Ι, έκδοση Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1986.
11. *Πετρόπουλος Π.*, Μηχανουργικές κατεργασίες – Εργαλειομηχανές ΙΙ-Ειδικές κατεργασίες κοπής, έκδοση Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1990.
12. *Πετρόπουλος Π.*, Μηχανουργική τεχνολογία-Εργαστήριο Ι, ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1985.
13. *Πετρόπουλος Π.*, Μηχανουργική τεχνολογία-Εργαστήριο ΙΙ, ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1988.
14. *Πετρόπουλος Π.*, Μαθήματα μηχανουργικής τεχνολογίας, θεωρία & τεχνολογία μηχανικών κατεργασιών των μετάλλων, τεύχος ΙΙΙ, εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη.
15. *Σαλονικίδου Α.*, Αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα (ηλεκτροδιάβρωση): Σύγχρονες απόψεις και τεχνικές εφαρμογές, διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανολόγων μηχανικών Α.Π.Θ., 1990.
16. *Amstead B., Ostwald P., Begeman M.*, Manufacturing processes, 7Th edition, John Wiley & sons, USA 1976.
17. *Chapman W. A. J.*, Workshop technology, part I, an introductory course, Arnold E. Publ. LTD, London 1959.

18. *Chapman W. A. J.*, Workshop technology, part III, Arnold E. Publ. LTD, London 1960.
19. *Davis J., et all*, Metals handbook, 9th edition, vol 16, Machining, ASM, USA 1989.
20. *Drozda T., Wick C.*, Tool and manufacturing engineers handbook, 4th edition, vol 1, Machining, SME, USA 1983.
21. *Franz J., Hauck M., Leonhard G., Paul G., Witte H.*, Practical CNC-Training for planning and shop, part 1: Fundamentals, IFAO, Hanser Publ., Germany 1985.
22. *Gerling H.*, All about machine tools, Wiley eastern LTD, 1974.
23. *Moltrecht K.*, Machine shop practice, second edition, Vol I., Industrial press inc. N.Y.
24. *Moltrecht K.*, Machine shop practice, second edition, Vol II., Industrial press inc. N.Y.
25. *Pritchard R. T.*, Workshop processes for mechanical engineering technicians vol I, E.U.P. LTd, London 1964.
26. *Reid D.*, Fundamentals of tool design, 3nd edition, society of manufacturing engineers, 1991.
27. *Week M.*, Werkzeugmaschinen fertigungssysteme, band1, Maschinennarten, Bauformen und Anwendungsbereiche, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1991.
28. *White W., Neely J., Kibbe R., Meyer R.*, Machine tools and machining practices, vol I, J. Wiley&sons, Canada 1977.
29. *White W., Neely J., Kibbe R., Meyer R.*, Machine tools and machining practices, vol I, J. Wiley&sons, Canada 1977.

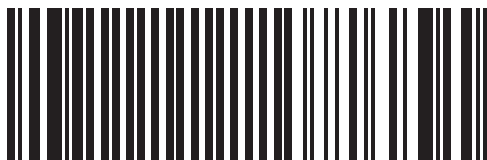




Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0046  
ISBN Set 978-960-06-3171-5  
Τ.Α΄ 978-960-06-3172-2



(01) 000000 0 24 0046 4