



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

## ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ



### Πτυχιακή Εργασία

Επιβλέπων Καθηγητής

Κατερελος Γ. Διονύσιος

Σπουδαστής

Μπουμπούλης Νικόλαος

ΠΑΤΡΑ 2006

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

### ΛΕΙΑΝΣΗ

#### Γενικά.

Η λείανση είναι είδος επεξεργασίας που χρησιμοποιείται για την αφαίρεση υλικού από ένα κομμάτι με τη βοήθεια περιστρεφόμενου λειαντικού τροχού. Γενικά η λείανση είναι μια εργασία αποπερατώσεως. Με αυτήν επιτυγχάνεται πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια κοπής από ότι επιτυγχάνεται με μια συνηθισμένη εργαλειομηχανή, όπως ο τόρνος, η πλάνη, η φρεζομηχανή κλπ. Επίσης η λείανση αποδίδει πολύ καλύτερη ποιότητα επιφάνειας.

Όπως υπάρχουν διάφοροι τύποι τόρνων, δραπετών, φρεζομηχανών, έτσι υπάρχουν και διάφοροι τύποι λειαντικών μηχανών, ανάλογα με την ειδική επεξεργασία που πρόκειται να εκτελέσουν. Το κοπτικό εργαλείο στις λειαντικές μηχανές είναι ο λειαντικός τροχός που είναι συνήθως ένας δίσκος, ο οποίος περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα. Ο τροχός, όπως περιγράφεται λεπτομερέστερα παρακάτω, αποτελείται από ένα μεγάλο πλήθος μικρών κόκκων από πολύ σκληρό υλικό, φυσικό ή τεχνητό, που συγκρατούνται από ένα συνδετικό υλικό. Η λείανση, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους κοπής για αφαίρεση υλικού, παρουσιάζει τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

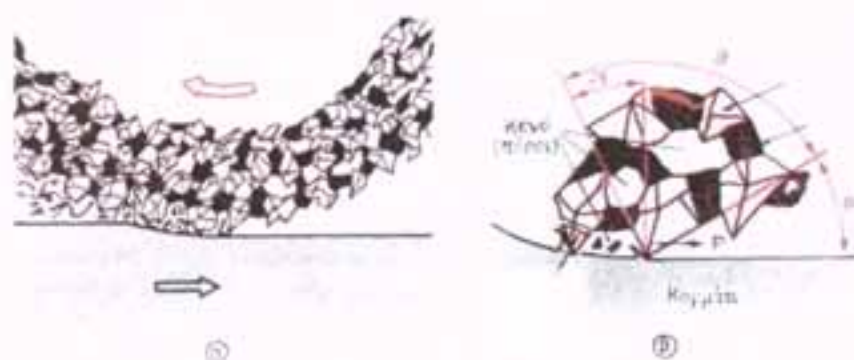
#### Χαρακτηριστικά στοιχεία λείανσης.

Ο κόκκος, σε αντίθεση με άλλα κοπτικά εργαλεία, π.χ. τόρνο, φρεζοπλάνη, δράπανο κλπ. είναι άμορφος και δεν έχει καθορισμένες γωνίες κοπής. Παρουσιάζει την κυριότερη από τις γωνίες κοπής, δηλαδή τη γωνία του αποβλήτου «γ» αρνητική. Ο λειαντικός τροχός ως κοπτικό εργαλείο διαθέτει άπειρα κοπτικά στοιχεία, όσα και οι κόκκοι που βρίσκονται στην επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με το κομμάτι. Στη λείανση το βάθος κοπής κυμαίνεται από 0,005 μέχρι 0,08 mm, ενώ στις άλλες κατεργασίες κυμαίνεται από 0,025 mm μέχρι και πάνω από 10 mm.

Η ταχύτητα κοπής του τροχού κυμαίνεται από 25 - 30 m/sec, ενώ του εργαλείου από ταχυγάλυβα κυμαίνεται από 20 - 25 m/min, είναι δηλαδή περίπου 60 φορές μεγαλύτερη.

Στη λείανση υπάρχουν τρεις κύριες κινήσεις: περιστροφή του τροχού, περιστροφή του κομματιού και παλινδρόμηση του τροχού ή του κομματιού, ενώ στις εργαλειομηχανές έχουμε συνήθως δύο κύριες κινήσεις, δηλαδή περιστροφή του κομματιού (ή του εργαλείου) και μετατόπιση του κοπτικού εργαλείου (ή αντίστοιχα του κομματιού).

Η λείανση παραμένει πρακτικά με ελάχιστες εξαιρέσεις η κύρια μέθοδος κατεργασίας κομματιών που έχουν υποστεί τη θερμική κατεργασία της βαφής, ακόμα δε και κομματιών από σκληρομέταλλο.



Σχ. 1 Τμήμα λειαντικού τροχού σε μικρή και μεγάλη μεγέθυνση.

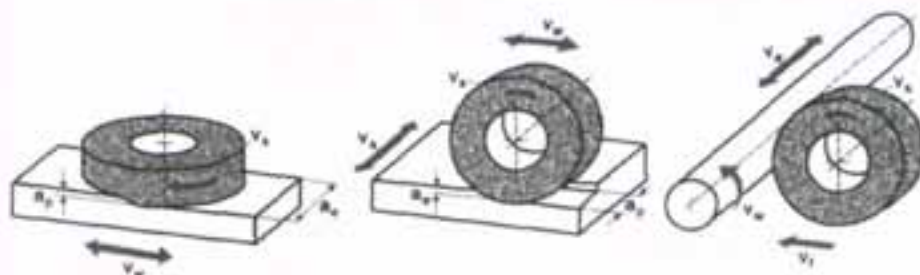
*Είδη λειάνσεων.*

- Λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών
- Λείανση εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών
- Λείανση επιπέδων επιφανειών
- Άκεντρη λείανση
- Με το λειαντικό τροχό γίνεται και κοπή υλικού, όπως είναι π.χ. σε άξονες, σωλήνες κλπ., με ειδικό τροχό λεπτού πάχους περίπου 3 mm, που από την κατασκευή του είναι αρκετά ελαστικός και δε σπάει.
- Τέλος, η λείανση μορφής, η οποία όμως είναι μια μερική περίπτωση της λειάνσεως εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών, όπου ο τροχός έχει την ανάλογη μορφή με αυτήν που θέλομε να δώσομε στο κομμάτι.

Στα επόμενα σχήματα φαίνονται οι κινηματικές μέθοδοι λείανσης (Σχ.2) ,οι διαδρομές κατεργασίας (Σχ.3), και οι βασικότερες μέθοδοι (Σχ.4) .

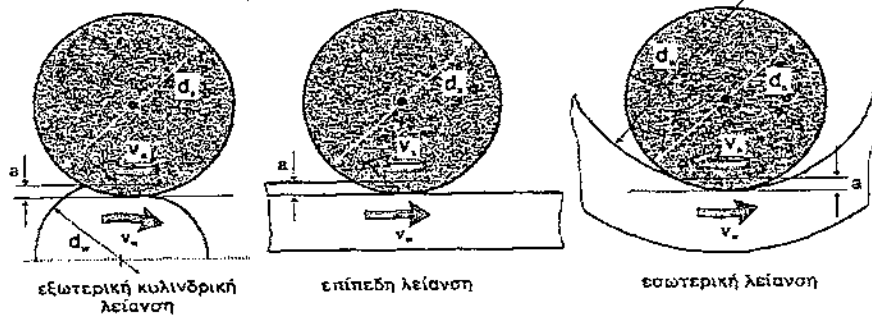
**ΕΠΙΠΕΔΗ ΛΕΙΑΝΣΗ**  
 Με την επίπεδη επιφάνεια του λειαντικού τροχού

**ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΛΕΙΑΝΣΗ**  
 Με την κυλινδρική επιφάνεια του λειαντικού τροχού



Σχ.2 Κινηματική μεθόδων λείανσης

$a$  : βάθος κοπής  
 $n$  : αριθμός στροφών τροχού  
 $d_s$  : διάμετρος λειαντικού τροχού  
 $d_w$  : διάμετρος τεμαχίου  
 $V_s$  : περιφερική ταχύτητα λειαντικού τροχού (=  $n \cdot \pi \cdot d_s$ )  
 $v_w$  : ταχύτητα τεμαχίου  
 $D$  : ισοδύναμη διάμετρος λειαντικού τροχού  $D = d_s \cdot d_w / (d_s + d_w)$   
 $Z$  : ρυθμός αφαιρέσεως υλικού (=  $a \cdot v_s$ , (mm<sup>3</sup>/mm sec))  
 $h$  : αναπροσφωτο πάχος αποβλήτου  $h = f((v_s/v_w), (a/D))$   
 $l_c$  : μήκος επαφής =  $\sqrt{a \cdot D}$   
 $q$  : λόγος ταχυτήτων =  $v_s / v_w$



Σχ.3 Σχηματική παράσταση διαδρομών κατεργασιών λείανσης

	Εξωτερική κυλινδρική	Εσωτερική κυλινδρική	Επίπεδη	Περιστροφική
Κάθετη στον άξονα περιστροφής				
Κατά μήκος του άξονα περιστροφής				
Πλευρική ακτινική				
Πλευρική διαμήκης				

Σχ. 4 Παράσταση συνθηκών κατεργασίας για τις βασικότερες μεθόδους λείανσης (DIN 8589)

**Λειαντικός τροχός. Η σύσταση του και ο μηχανισμός κοπής.**

Σε κάθε λειαντικό τροχό διακρίνονται τα εξής τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά :

- Ο κόκκος.
- Το συνδετικό υλικό ή δεσμός.
- Η σκληρότητα.
- Η υφή, δηλαδή το πορώδες του τροχού.

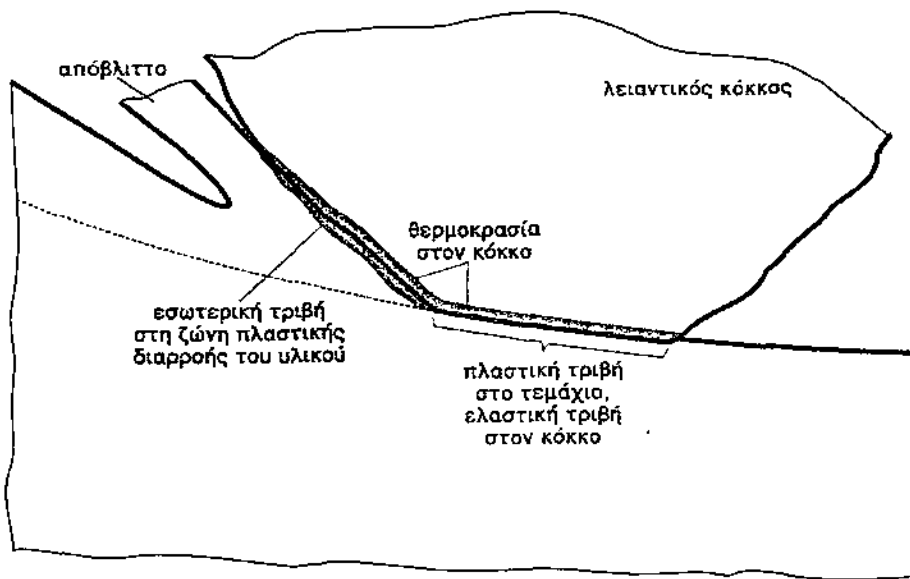
Ο κόκκος αποτελεί το κοπτικό στοιχείο και είναι από πολύ σκληρό υλικό. Το συνδετικό υλικό συγκρατεί τους κόκκους μεταξύ τους και δίνει τη γεωμετρική μορφή στον τροχό. Οι πόροι, όπως φαίνεται στο σχ. 1, χρειάζονται κυρίως για να διευκολύνεται η απομάκρυνση των αποβλήτων.

Ο τρόπος κοπής και αφαιρέσεως υλικού φαίνεται στα υπό μεγέθυνση σχήματα 1α και 1β. Το σημείο του κόκκου που κόβει, στην αρχή είναι αιχμηρό. Έπειτα όμως από λίγο στο σημείο εκείνο ο κόκκος, είτε γιατί φθείρεται είτε γιατί σπάει, αρχίζει να γίνεται επίπεδος και στομώνει. Τότε αυτός δέχεται μεγαλύτερες δυνάμεις κοπής  $P$  και σε κάποια στιγμή το συνδετικό υλικό δε μπορεί πλέον να τον συγκρατήσει στη θέση του και ξεριζώνεται από αυτό για να αρχίσει την κοπή ο αμέσως γειτονικός κόκκος. Στο σχ. 5 φαίνονται οι μορφές φθοράς του κόκκου.

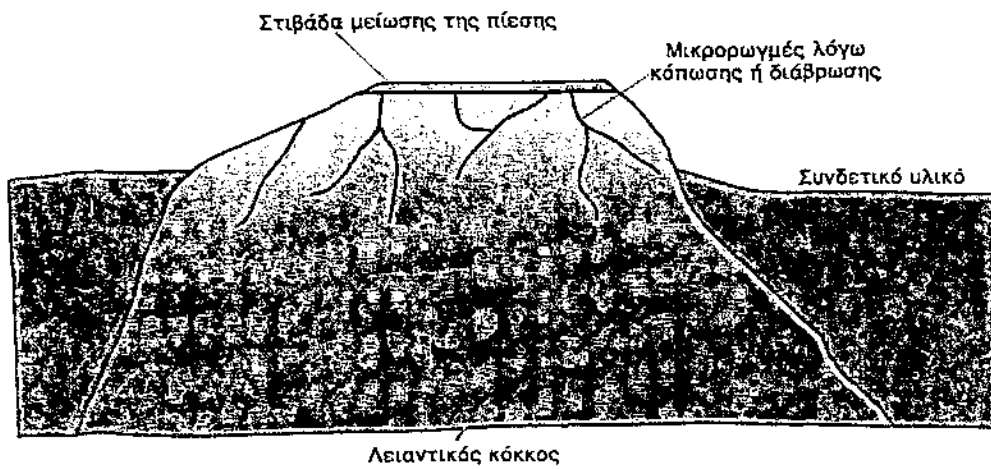
			
Δημιουργία επιφανειών φθοράς	Μικροθραύσεις του κόκκου	Θράυση του κόκκου	Εκρίζωση κόκκου
Μικροσκοπικές φθορές		Μακροσκοπικές φθορές	

Σχ. 5 Μορφές Φθοράς

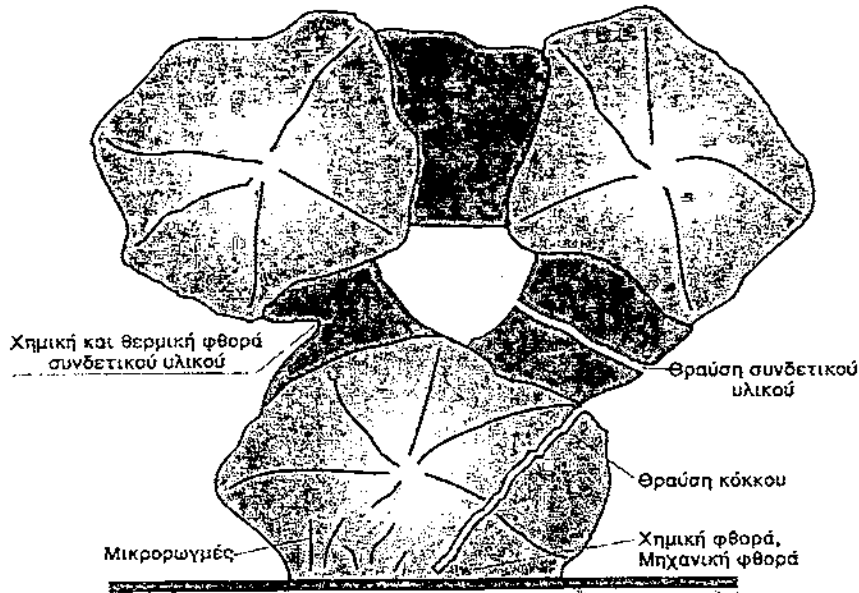
Στα επόμενα σχήματα και διαγράμματα φαίνονται οι αιτίες, οι μηχανισμοί φθοράς για το κόκκο του λειαντικού τροχού .



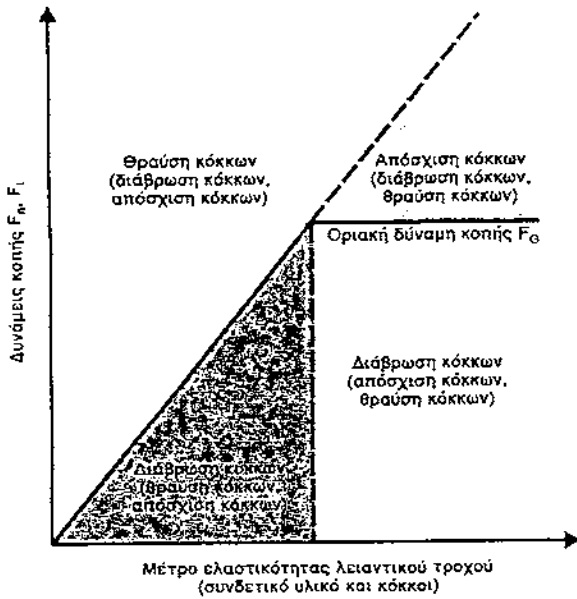
Σχ. 6 Μηχανική - θερμική επίδραση στον λειαντικό κόκκο



Σχ. 7 Μηχανισμοί φθοράς στον λειαντικό τροχό

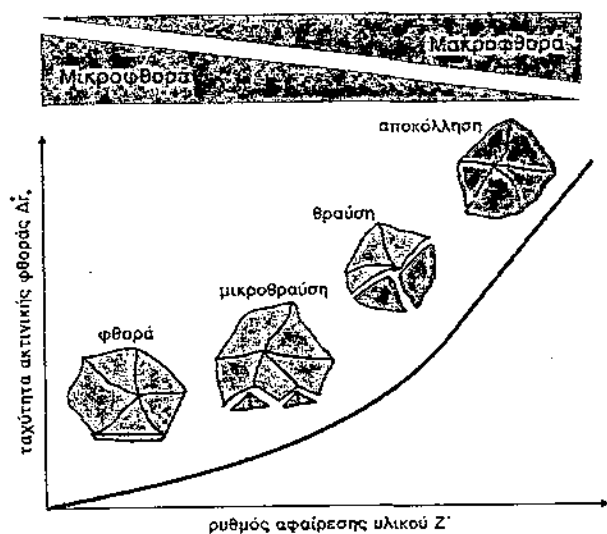


Σχ. 8 Είδη φθοράς στον κόκκο και στο συνδετικό υλικό



Σχ. 9 Τύποι φθοράς κόκκων λειαντικού τροχού σύμφωνα με τις δυνάμεις λείανσης και τη στιβαρότητα του τροχού





Σχ. 10 Επίδραση του είδους φθοράς στην ταχύτητα της ακτινικής φθοράς

Φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα ότι η φθορά του λειαντικού κόκκου επέρχεται λόγω της πίεσης που δημιουργείται μεταξύ του κατεργαζόμενου κομματιού και αποτέλεσμα αυτής της πίεσης είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στον κόκκο και στο συνδετικό υλικό. Συγκρίνοντας το Σχ.10 και το Σχ. 5 βλέπουμε τη διαδικασία από το αρχικό στάδιο των μικρορωγμών του κόκκου μέχρι και την αποκόλληση του από το συνδετικό υλικό, έτσι ώστε να εμφανιστεί νέος κόκκος με καινούργιες κοπτικές ακμές.

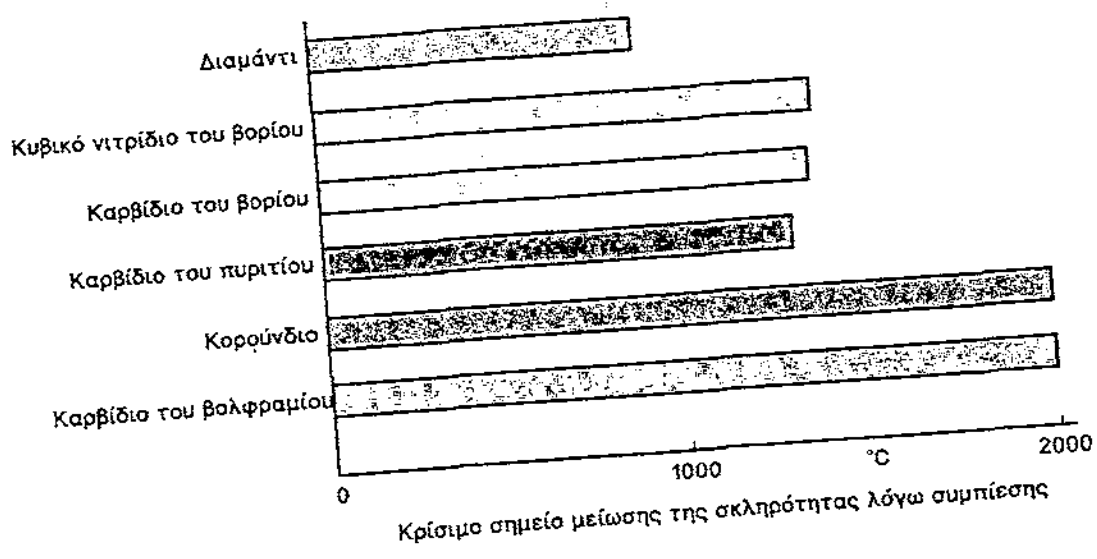
Οι χημικές και θερμικές ιδιότητες των λειαντικών υλικών προκαλούν συχνά επιφανειακή φθορά στους κόκκους τους (πίνακας 11). Στις περισσότερες περιπτώσεις γίνονται χημικές αντιδράσεις με το κατεργαζόμενο υλικό, μπορεί όμως, να γίνουν αντιδράσεις και με το ψυκτικό υγρό, ή τον αέρα, οι οποίες δημιουργούν τη φθορά των κόκκων. Η φθορά λόγω διαχύσεως εξαρτάται από τη θερμοκρασία λειάνσεως. Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 800 °C διαχέονται, π.χ. άτομα άνθρακα από τον κόκκο του διαμαντιού προς το κρυσταλλικό πλέγμα του χάλυβα και σχηματίζουν καρβίδια, προπάντων με το σίδηρο, το βανάδιο και το βολφράμιο.

Πίνακας 11 : Θερμικές και χημικές ιδιότητες των λειαντικών υλικών			
Λειαντικό υλικό	Χημική αντίδραση	Αντοχή στην θερμότητα	θερμική αγωγιμότητα
Κορούνδιο	Καμία	Ανθεκτικό στην θερμοκρασία λειάνσεως	Χαμηλή
Ανθρακοπυρίτιο			Υψηλή
Κυβικό αζωτούχο βόριο	Με ψύξη ύδατος άνω των 1050°C	Διασπάται πέραν των 1200°C	Υψηλή
Διαμάντι	Από τους 800°C δημιουργία καρβιδίου, από 1000°C δημιουργία CO <sub>2</sub>	Πέραν των 800°C μαλακότερο από το κυβικό αζωτούχο βόριο (CBN) και μετατροπή του σε γραφίτη	Πολύ υψηλή



Οι μηχανικές αιτίες φθοράς είναι καθοριστικές ως προς τη μορφή της φθοράς που θα επικρατήσει. Αν η φόρτιση στους κόκκους είναι υψηλή λόγω της μεγάλης δύναμης κοπής, τότε επικρατεί η μακροσκοπική φθορά. Αν η δύναμη κοπής είναι μικρή τότε, με αυξανόμενη φθορά λόγω τριβής, η φόρτιση του κόκκου γίνεται τόσο μεγάλη, ώστε ο κόκκος διασπάζεται ή εκκρίζονται (αυτοαναγέννηση).

Η δημιουργία επιφανειών φθοράς προκαλείται από την τριβή και τις χημικές αντιδράσεις στις υψηλές θερμοκρασίες. Η εμφάνιση μικρών τεμαχιδίων εμφανίζεται έντονα στους πολυκρυσταλλικούς κόκκους με μικρή φόρτιση. Η διάσπαση του κόκκου προϋποθέτει μονοκρυσταλλικό κόκκο και μέση ή υψηλή φόρτιση. Η εκκρίωση του κόκκου, μπορεί να εμφανιστεί σε συνεκτικό κόκκο, υψηλή φόρτιση ή μικρή δύναμη συγκρατήσεως.



Σχ.12 Θερμική ευστάθεια μερικών υλικών λείανσης σε σύγκριση με το καρβίδιο του βολφραμίου.

### **Υλικό κόκκου**

Η άμμος και η αμμόλιθος χρησιμοποιούνταν ευρέως για τη διαμόρφωση και το ακόνισμα το κοπτικών ακμών των όπλων και των εργαλείων. Αργότερα ανακαλύφτηκε ότι κάποια είδη από αλλά πετρώματα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για το ακόνισμα ,παρόλο που χρειάζονταν πολλές ώρες και πιθανότατα μέρες για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι ανακαλύφτηκε ότι συγκεκριμένα φυσικά στοιχεία είναι πιο αποτελεσματικά από κάποια αλλά. Σήμερα είναι απίθανο να συναντήσουμε άμμο και αμμόλιθο στη βιομηχανία.

*Διακρίνονται σε φυσικά και τεχνητά λειαντικά.*

### **Φυσικά λειαντικά**

Τα φυσικά λειαντικά γενικά είναι εκείνα που έχουν παραχθεί από τις ανεξέλεγκτες της φύσης. Τα πιο κοινά φυσικά λειαντικά είναι το σμύριδι, το κορούνδιο, ο ψαμμίτης, ο χαλαζίας και το διαμάντι. Δεδομένου ότι παρήχθησαν από τις ανεξέλεγκτες δυνάμεις της φύσης περιέχουν πολλές ακαθαρσίες με αποτέλεσμα η χρήση των φυσικών λειαντικών να έχει μικρύνει πολύ. Τα υλικά που βρίσκουν ακόμη περιορισμένη χρήση στις μεταλλικές εργασίες είναι το κορούνδιο , το σμύριδι και το διαμάντι.

**Κορούνδιο** (φυσικό οξείδιο του αργιλίου) :

Ένα πολύ σκληρό μέταλλευμα που είναι γενικά μαύρο ή καφεκόκκινο στο χρώμα και εμφανίζεται συχνά στη φύση με ποικίλα ποσά ακαθαρσιών. Το κορούνδιο χρησιμοποιήθηκε στην αρχική κατασκευή των τροχών λειάνσεως. Δεδομένου ότι το κορούνδιο περιείχε τις ακαθαρσίες και ποικίλει στη σύνθεση του τα τεχνητά λειαντικά το αντικατέστησαν .

**Σμύριδι :**

Ένα σκληρό λειαντικό του οποίου οι κόκκοι είναι μεταβλητοί στη σύνθεση τους αλλά γενικά αποτελείται από κρυστάλλους κορουνδίου που συναρμόζονται σε μια μήτρα οξειδίων σιδήρου. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή λειαντικών τροχών και ντυμένα λειαντικά. Έχουν αντικατασταθεί για τη κατασκευή των τροχών αλλά τα σμυριδόπανα για στίλβωμα και γυάλισμα κατασκευάζονται ακόμη.

**Διαμάντι :**

Το σκληρότερο φυσικό λειαντικό που χρησιμοποιείται για τη κατασκευή λειαντικών τροχών και για εργαλεία αναγέννησης τροχών (ακονιστήρι). Αυτά τα ακάθαρτα διαμάντια που είναι ακατάλληλα για πολύτιμοι λίθοι , είναι κατάλληλα για τη κοπή πολύ σκληρών υλικών και χρησιμοποιούνται εκτενώς στη λείανση.

### **Τεχνητά λειαντικά**

Τα τεχνητά λειαντικά αναπτύχθηκαν στο τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα . Αυτά τα λειαντικά ξεπέρασαν τα προβλήματα των ακαθαρσιών που επικρατούσαν στα φυσικά λειαντικά επειδή η παραγωγή τους μπορούσε να ελεγχθεί καλύτερα και πιο προσεκτικά .Τα πιο κοινά τεχνητά λειαντικά που χρησιμοποιούνται είναι το καρβίδιο του πυριτίου(Ανθρακοπυρίτιο ,SiC), οξείδιο του

αργιλίου(κορούνδιο, $Al_2O_3$ ), αζωτούχο βόριο (BN) και τα κατασκευασμένα διαμάντια.

Δύο είναι τα κυριότερα υλικά από τα οποία κατασκευάζεται ο κόκκος:

Το φυσικό ή τεχνητό κορούνδιο (οξείδιο το αλουμινίου) που συμβολίζεται με A και το ανθρακοπυρίτιο (καρβίδιο του πυριτίου) που συμβολίζεται με C ή S SiC.

Οι τροχοί κορουνδίου συναντώνται στο εμπόριο σε διάφορα χρώματα, ανάλογα με το ποσοστό κορουνδίου και άλλων ξένων ουσιών που περιέχουν.

Οι τροχοί κορουνδίου που συνήθως υπάρχουν είναι:

- Μαύρου χρώματος
- Καφέ
- Κόκκινου
- Λευκού

Οι τροχοί της πρώτης κατηγορίας είναι οι φθηνότεροι, ενώ οι λευκοί είναι οι καθαρότεροι στη σύνθεσή τους και ακριβότεροι.

Γενικά οι τροχοί κορουνδίου χρησιμοποιούνται για λείανση σκληρών (κυρίως χαλύβων βαμμένων ή όχι) και συνεκτικών υλικών.

Το ανθρακοπυρίτιο είναι τεχνητό υλικό, παράγεται σε ηλεκτρικές καμίνους και έχει σαν πρώτες ύλες τη χαλαζιακή άμμο και τον άνθρακα. Οι τροχοί με ανθρακοπυρίτιο χρησιμοποιούνται για όλα τα ψαθυρά υλικά, μαλακά ή σκληρά, όπως είναι ο χυτοσίδηρος, ο ορείχαλκος κλπ. καθώς και για τα πολύ μαλακά υλικά.

Η σκληρότητα των κόκκων του κορουνδίου και του ανθρακοπυριτίου είναι μεγάλη αλλά δεν φθάνει τη σκληρότητα του διαμαντιού.

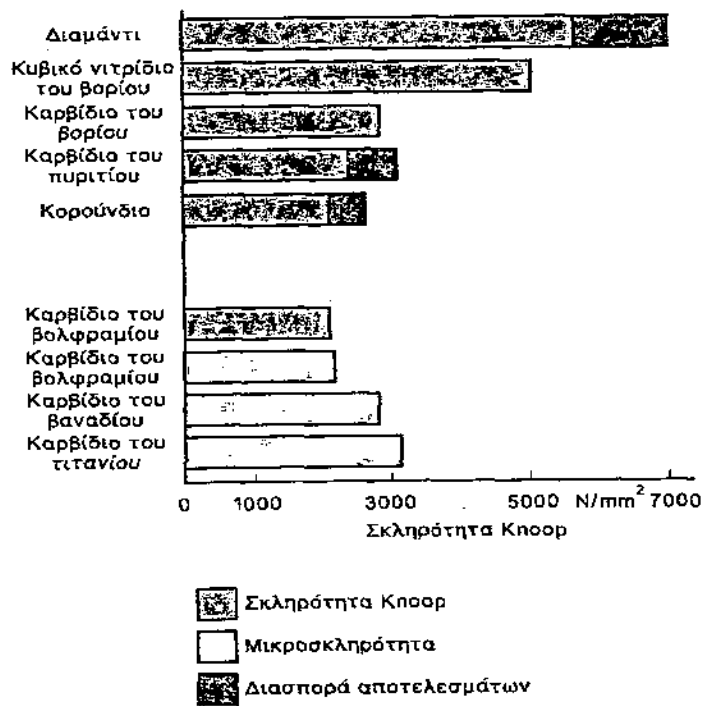
Η σκληρότητα του ανθρακοπυριτίου είναι μεγαλύτερη από αυτή του κορουνδίου.

Εκτός από τα παραπάνω δύο βασικά υλικά χρησιμοποιούνται ως υλικό κόκκων: το διαμάντι (συμβολισμός D) και τελευταία χρησιμοποιείται, με αυξανόμενο μάλλον ρυθμό, ο κυβικός βοριονιτρίτης (CBN ή BN).

Πίνακας 13 : Είδη λειαντικών υλικών				
Σήμα	Λειαντικό υλικό	Σκληρότητα		Περιοχές χρήσεως
		Mohs	Κnoop* H K	
A	Κανονικό κορούνδιο (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) Μέσης ποιότητας	~ 9	1635..2080	Ημισυνεκτικά έως σκληρά υλικά κάτω από 60 HRC (R <sub>m</sub> 00 N/mm <sup>2</sup> ), όπως χάλυβας, ελατός χυτοσίδηρος
	Καλής ποιότητας κορούνδιο (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	9.0...9.2	2080	
C ή S	Ανθρακοπυρίτιο (SiC)	9,5...9,7	2480	Επίπεδη λείανση σκληρομετάλλων, χυτοσιδήρου, κεραμικών, μη σιδηρούχων μετάλλων, βαθιά λείανση χάλυβα, καθάρισμα τροχών.
B	Αζωτούχο βόριο (BN)		4700	Λείανση ακριβείας σκληρών και συνεκτικών χαλύβων, όπως ταχυχάλυβες (HSS), χάλυβες κατεργασίας εν θερμώ ή εν ψυχρώ.
D	Διαμάντι (D)	10	7000	Λείανση ακριβείας σκληρών και συνεκτικών ή ψαθυρών υλικών, όπως σκληρομετάλλων, χυτοσιδήρου, ύαλου κεραμικών, Nitronic.

Κατά Κnoop το βάθος διεισδύσεως μετράται με μία πυραμίδα από διαμάντι με γωνίες ανοιγμάτων 172.5° και 130°.

Κατά Mohs είναι η αντίσταση του υλικού στο γδάρισμα του.



Σχ.14 Σύγκριση σκληρότητας διαφόρων υλικών λείανσης με διάφορα καρβίδια

### Κόκκωση.

Η κόκκωση ενός υλικού λειάνσεως δίνει πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος ενός κόκκου. Για να αντιμετωπισθούν όλες οι ανάγκες της λειάνσεως κατασκευάζονται τροχοί με διάφορα μεγέθη κόκκων.

Τα μεγέθη των κόκκων χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς των κόσκινων από τα οποία περνούν. π.χ. κόκκος μεγέθους 24, σημαίνει κόκκος που περνά από κόσκινο Νο 24. Δηλαδή κόσκινο που σε μήκος μιας ίντσας έχει 24 συρματίδια. Τα πολύ μικρά μεγέθη διαχωρίζονται με ειδική μέθοδο (μέθοδος λάσπης). Τα μεγέθη των λειαντικών διαμάντι και αζωτούχο βόριο δίνονται σε μμ. Η κόκκωση με το χαρακτηρισμό D 150 (διαμάντι) ή B 150 (κόκκος CBN) έχει μέγεθος κόκκου μεταξύ 125 μμ και 150 μμ. Τα μεγέθη των κόκκων είναι τυποποιημένα και ταξινομούνται ως εξής:

Βαμμένος χάλυβας εργαλείων				
Θέσεις συγκολλησεων μηρούτζος, ορύχαλκος				
Χάλυβας εργαλείων				
GS, GTW GTS, GG				
Δομικός χάλυβας				
Κόκκωση	8...36	46...80	90...180	220...1200
Μέγεθος κόκκου σε mm.	2,83...0,42	0,3...0,15	0,18...0,05	0,075... ...0,0003
Χαρακτηρισμός	Χονδρός	μέσος	Λεπτός	Πολύ λεπτός

Η περιοχή που καλύπτει οι δύο κλίμακες (8...36 και 46...80) ονομάζεται "Ξεχόνδρισμα". Η περιοχή που καλύπτει οι κλίμακες (90...180 και 220...1200) ονομάζεται "Αιτιοποίηση". Η περιοχή που καλύπτει οι κλίμακες (90...180 και 220...1200) ονομάζεται "Λείανση ακριβείας με διαμάντι και CBN". Η περιοχή που καλύπτει οι κλίμακες (90...180 και 220...1200) ονομάζεται "Hopping, Lapping και στίλβωση".

Πίνακας 15 Χρησιμοποίηση κοκκώσεων

Η κόκκωση πρέπει να είναι τόσο μικρότερη όσο μικρότερο είναι το επιθυμητό βάθος τραχύτητας και όσο περισσότερες οξείες γωνίες έχει το προς λείανση προφίλ (Πίνακας 17). Ο χονδρός κόκκος είναι κατάλληλος για ξεχόνδρισμα, ενώ ο λεπτός κόκκος για τη λείανση ακριβείας.

Πίνακας 16: Μεγέθη κόκκων λειαντικών τροχών

Πολύ χονδροί:	No	8	10	12		
Χονδροί:	No	14	16	20	24	30
Μεσαίοι:	No	36	40	46	50	60
Λεπτοί:	No	70	80	90	100	120
Πολύ λεπτοί:	No	150	180	200	220	240
Άχνη:	No	260	300	400	500	600

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε μηχανουργικές κατεργασίες για ξεχόνδρισμα χρησιμοποιείται τροχός με μέγεθος κόκκου 46 ή 60, ενώ για τελική λείανση χρησιμοποιείται τροχός με μέγεθος κόκκου 80 ως 120.

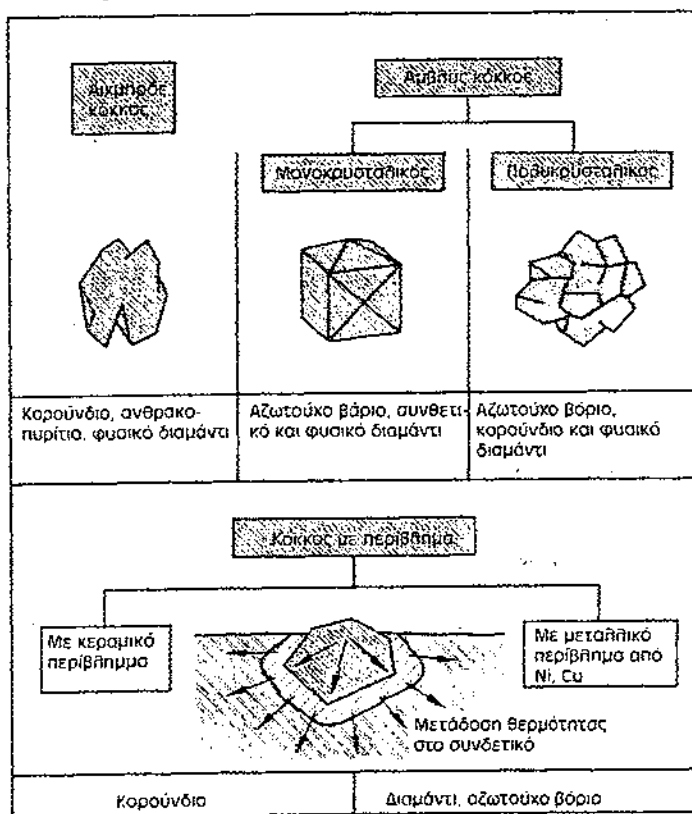
#### *Είδη κόκκων.*

Ανάλογα με τη μορφή των κόκκων διακρίνουμε αιχμηρούς και αμβλείς κόκκους (σχ. 17). Οι αιχμηροί κόκκοι είναι κατάλληλοι για υλικά με μεγάλα απόβλητα. Οι αμβλείς κόκκοι είναι κατάλληλοι για σκληρά και συνεκτικά υλικά ή ψαθυρά, διότι είναι ανθεκτικότεροι στη φθορά.

Οι μονοκρυσταλλικοί κόκκοι έχουν συμπαγή μορφή και έχουν μεγάλη αντοχή κόκκου. Συνεπώς είναι ιδεώδεις για λείανση ύαλου και κεραμικών υλικών.

Οι πολυκρυσταλλικοί κόκκοι έχουν μία ακανόνιστη μορφή και ανώμαλη επιφάνεια. Κατά τη λείανση δημιουργούνται πολύ περισσότερα τεμαχίδια από ό,τι στους μονοκρυσταλλικούς κόκκους. Σε σκληρά μέταλλα με μεγάλη φθορά τριβής δημιουργείται έτσι μεγαλύτερη εκμετάλλευση των κόκκων. Η τραχεία επιφάνεια εξασφαλίζει, εκτός αυτού, κατά το θρυμματισμό του κόκκου μία καλή συγκράτηση στο συνδετικό υλικό.

Το περίβλημα των κόκκων αυξάνει επίσης τη δύναμη συγκρατήσεως του κόκκου. Οι κόκκοι με περίβλημα νικελίου ή χαλκού έχουν ομαλότερη μεταφορά θερμότητας στο συνδετικό.



Σχ.17 Είδη κοκκώσεων

**Συνδετικό υλικό.**

Το συνδετικό υλικό έχει ως προορισμό να συγκρατεί τους κόκκους μεταξύ τους και τόσο, ώστε, όταν ο κόκκος που κόβει στομάσει, οπότε θα μεγαλώσει η δύναμη P που δέχεται από το κομμάτι, με συνέπεια να αποσπασθεί από τους άλλους και να πέσει, για να λάβουν μέρος στην κοπή άλλοι γειτονικοί άφθαρτοι κόκκοι. Συνεπώς, ένα ισχυρό συνδετικό υλικό δεν αφήνει τους κόκκους να πέσουν με συνέπεια να στομάσουν όλοι, ο τροχός να «γυαλίζει» και έτσι να φαίνεται «σκληρός».

Τα χρησιμοποιούμενα συνδετικά υλικά στους λειαντικούς τροχούς συμβολίζονται με τα γράμματα V, G, R ή RF και B ή BF και είναι, σύμφωνα με τους αγγλικούς κανονισμούς, τα παρακάτω:



Παράκτα 18 : Συνδετικά υλικά των λειαντικών υλικών				
μα	Είδος συνδετικού υλικού	Συνδετικό υλικό	Ιδιότητες	Περιοχές χρησιμοποιήσεως
	Κεραμικό συνδετικό	Αλκαλικές γαίες -Πυριτιούχα αργιλοχώματα - χαλαζιακή άμμος	Πορώδες, ψαθυρό, σταθερό έναντι θερμότητας, νερού, λαδιού, εύκολη μορφοποίηση	Ξεχόνδρισμα και αποπεράτωση χαλύβων με κορούνδιο και ανθρακοπυρίτιο
	Συνδετικό από τεχνητές ρητίνες ενισχυμένες με ίνες	Ρητινή φαινόλης με υλικά πληρώσεως καλούς αγωγούς θερμότητας ή σταθεροποιητές	Πυκνό ή πορώδες, συνεκτικό, ελαστικό, σταθερό έναντι λαδιού, υψηλή περιφερειακή ταχύτητα, κρύα λείανση	Ξεχόνδρισμα ή κοπή με τροχό, λείανση υψηλής πίεσεως με Ζιρκόνιο -κορούνδιο
	Μεταλλικό συνδετικό	Υλικά κνιομεταλλο- λουργίας: Μπρούντζος, σκληρομέταλλο, βολφράμιο	Πυκνό ή πορώδες, συνεκτικό ανθεκτικό έναντι πίεσεως και θερμότητας, υψηλή δύναμη συγκρατήσεως των κόκκων	Λείανση μορφής με διαμάντι ή αζωτούχο βόριο (με ψυκτικό υγρό)
	Ηλεκτρολυτική σύνδεση	Ηλεκτρολυτική επιμετάλλω- ση	Τραχεία επιφάνεια λόγω προεξεχόντων κόκκων	Εσωτερική λείανση σκληρο- μετάλλων, ταχυχαλίων HSS, λείανση με το χέρι
<b>RF</b>	Σύνδεση από ελα- στικό με ενίσχυση ινών	Ελαστικό (φυσική ρητίνη)	Ελαστικό, κρύα λείανση, ευπαθές έναντι λαδιού και θερμότητας	Κοπή με τροχό, ρυθμιστικοί τροχοί

**V:** Κεραμικό υλικό (ψαθυρό).

Δηλαδή ναλάδες αργιλικό υλικό. Οι τροχοί με συνδετικό υλικό (V) δεν επηρεάζονται από το νερό και το λάδι και αντέχουν σε ελαφριά θέρμανση. Είναι εύθραυστοι. Το 75% των τροχών στο εμπόριο είναι κεραμικοί.

**G:** Ηλεκτρολυτική σύνδεση.

**B** και **BF:** Ρητινικό υλικό και ρητινικό ενισχυμένο με ίνες.

Δηλαδή υλικό από συνθετικές ρητίνες. Οι τροχοί με το υλικό αυτό αντέχουν αρκετά σε κρούσεις, αλλά δεν αντέχουν σε θέρμανση.

**R** και **RF:** Ελαστικό υλικό και ελαστικό ενισχυμένο με ίνες.

Οι τροχοί με το υλικό αυτό έχουν ελαστικότητα και αντέχουν σε κρούσεις, γι' αυτό κατασκευάζονται με πάχος μέχρι 3mm. Εργάζονται με ταχύτητα μέχρι 80 m/sec και χρησιμοποιούνται για κοπή υλικών όπως χάλυβες, μάρμαρα κλπ. Δε δέχονται ψύξη με νερό ή άλλα υγρά και δεν αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες.

**M:** Μεταλλικό υλικό.

Συνήθως από αλουμίνιο ή κράματα χαλκού. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε διαμαντοτροχούς. Οι κόκκοι στους διαμαντοτροχούς είναι από σκόνη διαμαντιού. Υπάρχουν και μερικά ακόμη είδη συνδετικού, όπως **S:** σιλίκονη ή **E:** ειδικές οργανικές ουσίες ή **Mg:** μαγνήσιο, με περιορισμένη όμως και ειδική χρήση.

### Σκληρότητα τροχού.

Με τον όρο αυτό εννοούμε την *αντίσταση* που παρουσιάζει το συνδετικό υλικό στη χαλάρωση του κόκκου και όχι τη σκληρότητα του ίδιου του κόκκου.

Στο εμπόριο υπάρχουν τροχοί με διάφορο βαθμό σκληρότητας που χαρακτηρίζονται με γράμματα σύμφωνα με την κλίμακα Norton.

Πίνακας 19 : Σκληρότητα λειαντικών τροχών

A,B,C,D	E,F,G	H,I,J,K	L,M,N,O	P,Q,R,S	T,U,V,W	X,Y,Z
εξαιρετικά μαλακοί	πολύ μαλακοί	μαλακοί	μέσοι	σκληροί	πολύ σκληροί	εξαιρετικά σκληροί

Επομένως, η σκληρότητα ενός τροχού, δεν εκφράζει τη σκληρότητα του κόκκου αλλά την δύναμη συγκρατήσεως του μέσα στο σύνολο του.

Στη λείανση σκληρών ή ψαθυρών υλικών, λόγω της μεγάλης φθοράς από την τριβή, οι κόκκοι αμβλύνονται πολύ γρήγορα. Μόνον ένας μαλακός τροχός μπορεί να εξασφαλίσει την "αυτοαναγέννησή" του στη σχετικά μικρή φόρτιση των κόκκων. Όμως, αν ο τροχός είναι πολύ μαλακός, τότε η χρήση του είναι αντιοικονομική λόγω της μεγάλης φθοράς του.

Σε μαλακά και συνεκτικά η φθορά είναι μικρότερη, αλλά η φόρτιση των κόκκων μεγαλύτερη. Ο κόκκος έχει την τάση να θρυμματιστεί και να εκριζωθεί. Για να περιοριστεί η φθορά, πρέπει σ' αυτά τα υλικά να χρησιμοποιούνται σκληρότεροι τροχοί με συνεκτικότερο κόκκο. Ένας πολύ σκληρός τροχός, όμως, κρατά τον κόκκο πολύ χρόνο. Ο κόκκος τότε δεν κόβει, απλώς ολισθαίνει και γυαλίζει. Ταυτόχρονα αυξάνονται η πίεση για τη λείανση και η θερμοκρασία στην περιοχή επαφής.

Η δυναμική σκληρότητα (σκληρότητα στην κατεργασία) ενός λειαντικού τροχού, εκφράζει την αντίσταση, την οποία εμφανίζει ο κόκκος έναντι εκριζώσεώς του, κατά τη διάρκεια της λείανσεως. Εξαρτάται από τη στατική σκληρότητα, από την κόκκωση και από τις συνθήκες κατεργασίας.

Για σκληρά υλικά εκλέγονται μαλακοί τροχοί, για μαλακά υλικά σκληροί τροχοί. Όσο μικρότερος είναι ο κόκκος και η ταχύτητα προώσεως και όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος επαφής, τόσο μαλακότερος πρέπει να είναι ο τροχός.

### Υφή τροχού.

Με τον όρο αυτό εννοείται το πορώδες του τροχού. Η υφή ταξινομείται με βάση μια κλίμακα αριθμών από 0 - 14.

Πολύ πυκνή υφή: 0 και 3.

Πυκνή υφή: 4 και 6 σχ. 20 (α)].

Μέση υφή: 7 και 9 σχ. 20(β).

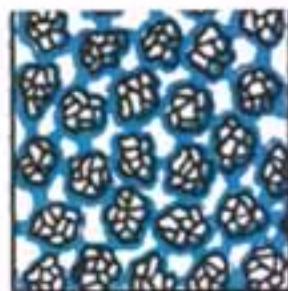
Ανοικτή υφή: 10 και 12 σχ. 20 (γ)

Πολύ ανοικτή υφή: 13 και 14.

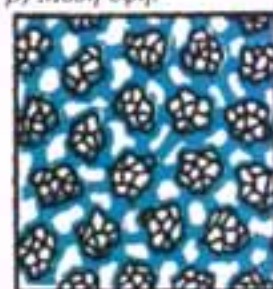
Η υφή του τροχού πρέπει να είναι τέτοια, ώστε τα απόβλητα να μη μένουν ανάμεσα στους κόκκους του τροχού **σχ. 21(β)**.



α) Πυκνή υφή.



β) Μέση υφή.



γ) Ανοικτή υφή.

**Σχ.20** Παραδείγματα πορώδεις τροχού



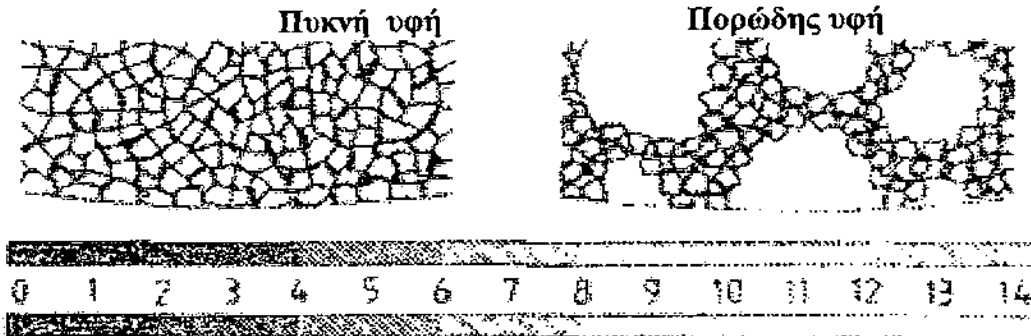
Σχ. 21 α) Τα απόβλητα απομακρύνονται από τους κόκκους, β) Τα απόβλητα μένουν στα κενά μεταξύ των κόκκων και ο τροχός «μπουκώνει».

Η υφή του τροχού προέρχεται από τον τρόπο κατανομής των λειαντικών κόκκων, του συνδετικού υλικού και από τους εγκλωβισμένους πόρους (σχ 22). Ο θάλαμος αποβλήτων (δηλ. ο πόρος) πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο μεγάλος, ώστε να μπορεί να δεχθεί την ποσότητα των αποβλήτων, η οποία παράγεται από έναν κόκκο στην περιοχή επαφής. Αν οι πόροι είναι μικροί, τότε τα απόβλητα συμπιέζονται μέσα σ' αυτούς και δεν μπορούν να εκτιναχθούν από τη φυγόκεντρο δύναμη ή το ψυκτικό. Οι συνέπειες είναι μεγάλη πίεση κατά τη λείανση, μεγάλη θερμοκρασία, παραμόρφωση, σημάδια καψίματος και ενδεχόμενα, ρωγμές.



Σχ.22 Υφή και μήκος επαφής του λειαντικού τροχού

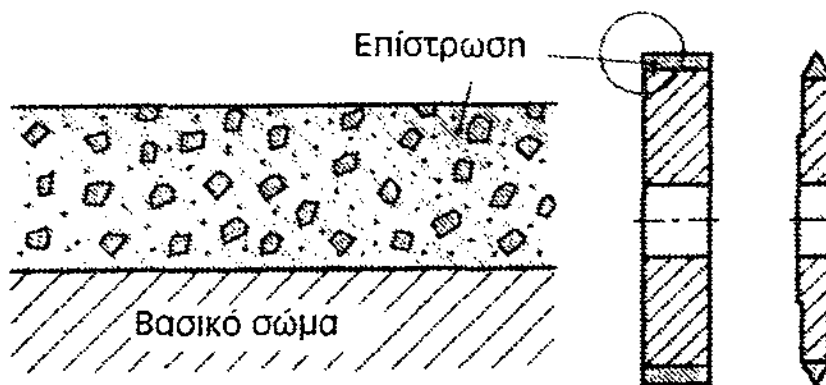
Ο τροχός πρέπει να έχει τόσο μεγαλύτερους πόρους όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος επαφής και ταχύτητα προώσεως. Η υφή χαρακτηρίζεται με τους ενδεικτικούς αριθμούς από 0 έως 14 (Σχ.23). Όσο μεγαλύτερος είναι ο ενδεικτικός αριθμός, τόσο περισσότερο πορώδης είναι ο τροχός.



Σχ.23 Ενδεικτικοί αριθμοί της υφής

#### Συγκέντρωση

Στους τροχούς από διαμάντι ή αζωτούχο βόριο, σημασία για την τιμή του τροχού και την ικανότητα του έχει το ποσοστό σε λειαντικό υλικό (σχ 24). Η συγκέντρωση σε καράτια ανά  $\text{cm}^3$  (1 καράτι ισούται προς 0,2 g) δίνει το ποσοστό των κόκκων στο αδαμαντοφόρο στρώμα του τροχού. Τροχοί με ποσότητα 4,4 καράτια χαρακτηρίζονται με C 100, αν πρόκειται για διαμάντια ή V 240 (24% κατ όγκο) για αζωτούχο βόριο.



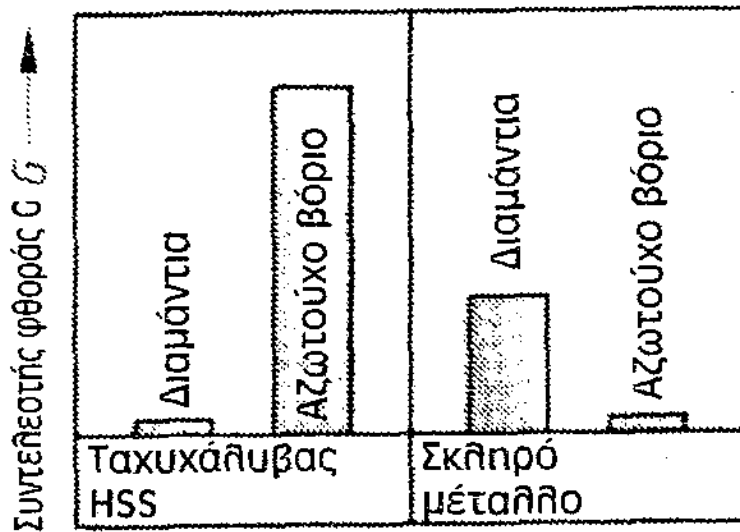
Σχ.24 Λειαντικός τροχός διαμαντιού

Η υψηλή συγκέντρωση εμποδίζει τη φθορά του τροχού και εξασφαλίζει την προϋπόθεση για μία λείανση με ακρίβεια στις διαστάσεις και στη μορφή.

Συντελεστής φθοράς G

Ο συντελεστής φθοράς G εκφράζει την σχέση μεταξύ του αφαιρούμενου όγκου υλικού προς τη φθορά του τροχού σε  $\text{cm}^3 / \text{cm}^3$ . Για λόγους ακρίβειας διαστάσεων και μορφής πρέπει η φθορά του τροχού να είναι μικρή. Η μέγιστη τιμή του συντελεστή φθοράς επιτυγχάνεται με κόκκους διαμαντιού, υπό τον όρο ότι το υλικό δεν έχει την

τάση να δέχεται άτομα άνθρακα (σχ 25). Αν λάβει κανείς υπόψη του τα έξοδα κατεργασίας καθώς και την αξία του τροχού και το κόστος αναγεννήσεως του, τότε θα προκύψουν περιοχές οικονομικής χρησιμοποίησεως των διαφόρων λειαντικών υλικών (πίνακας 26).



Σχ.25 Επιρροές στον συντελεστή φθοράς G

Ο συντελεστής φθοράς G επηρεάζεται κυρίως, από το υλικό του αντικείμενου, το λειαντικό υλικό καθώς και από την πρόωση και την ταχύτητα κοπής.

Πίνακας 26 : Οικονομική χρησιμοποίηση λειαντικών υλικών	
Λειαντικό υλικό	Κύριο πεδίο εφαρμογής
Κορουνδίο	Μεγάλες επιφάνειες και προφίλ - Τρόχισμα εργαλείων, τα οποία αλλάζουν συχνά μορφή
Κυβικό αζωτούχο βόριο	HSS: Λείανση ακριβείας - Τρόχισμα εργαλείων
Διαμάντι	Σκληρομέταλλο: Λείανση ακριβείας - Τρόχισμα εργαλείων

#### Γενικοί κανόνες για την εκλογή λειαντικού τροχού.

Για χυτοσίδηρο, σκληρό χυτοσίδηρο, σκληρομέταλλα, χαλκό, ορείχαλκο, μαλακό μπρούντζο, ελαφρά μέταλλα και πρεσσαριστά υλικά πρέπει να χρησιμοποιούνται λειαντικοί τροχοί με ανθρακοπιρίτιο.

Για συνήθειες χάλυβες, κράματα χαλύβων (κραματούχοι χάλυβες), ταχυχάλυβες, χυτοχάλυβες «Maleable» και συνεκτικό μπρούντζο, πρέπει να χρησιμοποιούνται λειαντικοί τροχοί με κορουνδίο.

Για ακόνισμα εργαλείων από ταχυχάλυβα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση, λειαντικοί τροχοί με κόκκους κορουνδίου και κεραμικό δεσμό, λευκοί ή κόκκινοι. Στα σκληρά υλικά οι κόκκοι των λειαντικών τροχών φθείρονται γρηγορότερα και οι τροχοί στομώνουν πρόωρα. Γι' αυτό εκλέγονται μαλακοί τροχοί των οποίων ο δεσμός αφήνει τους κόκκους να ξεκολλήσουν και να πέσουν εύκολα πριν στομάσουν τελείως. Χάλυβες βαμμένοι και προπαντός σκληρομέταλλα απαιτούν μαλακούς τροχούς, ενώ χάλυβες πτωχοί σε άνθρακα απαιτούν τροχούς ημίσκληρους.

Ο γενικός κανόνας είναι: *Μαλακοί τροχοί για σκληρά υλικά και σκληροί τροχοί για μαλακά υλικά.*

Από τον κανόνα αυτό εξαιρούνται ο χαλκός και ο ορείχαλκος.

Για λείανση υλικού από χαλκό ή ορείχαλκο εκλέγουμε μαλακούς τροχούς με ρητινικό ή κεραμικό δεσμό, γιατί γειμίζουν γρήγορα οι πόροι μεταξύ των κόκκων και έτσι οι κόκκοι πέφτουν εύκολα και η κοπή συνεχίζεται ομαλά.

Για την εκλογή σκληρού ή μαλακού υλικού πρέπει να λαμβάναμε υπόψη και το μέγεθος της επιφάνειας επαφής μεταξύ κομματιού και τροχού.

Οι μεγάλες επιφάνειες επαφής απαιτούν μαλακό τροχό, ενώ οι μικρές απαιτούν σκληρό τροχό. Κατά τη λείανση σκληρών υλικών οι κόκκοι του τροχού δεν πρέπει να είναι μεγάλοι, γιατί ο μεγάλος κόκκος εισδύει βαθιά στο υλικό, με συνέπεια η πίεση του λειαντικού τροχού επάνω στο κομμάτι να είναι υπερβολικά μεγάλη και να αναπτύσσεται έτσι μεγάλη θερμότητα.

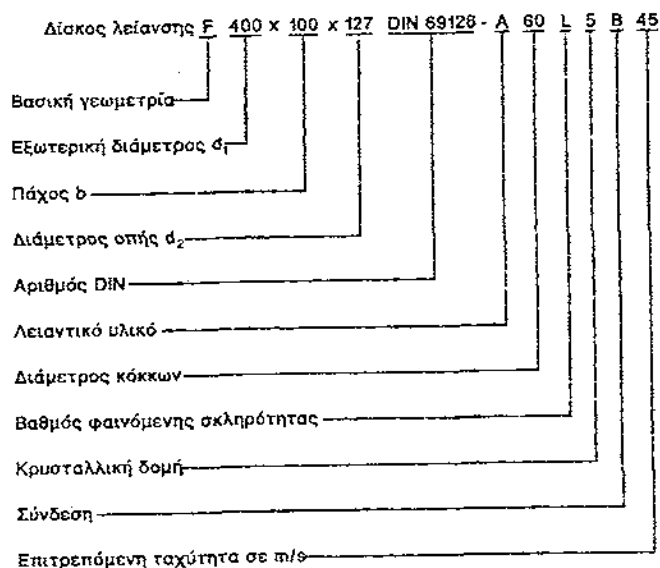
Κατά τη λείανση μαλακών και συνεκτικών υλικών είναι καλύτερο οι κόκκοι του τροχού να είναι μεγάλοι γιατί οι πόροι των λεπτών κόκκων «στομώνουν» εύκολα από τα γρέζια.

**Γενικά, για την εκλογή της υφής ενός τροχού ισχύει ο κανόνας:**

*Όσο πιο μαλακό είναι το υλικό τόσο πιο πορώδης πρέπει να είναι ο τροχός. Όσο πιο σκληρό είναι το υλικό, με συνέπεια να έχουμε λεπτότερο γρέζι, τόσο λιγότερο πορώδης πρέπει να είναι ο τροχός.*

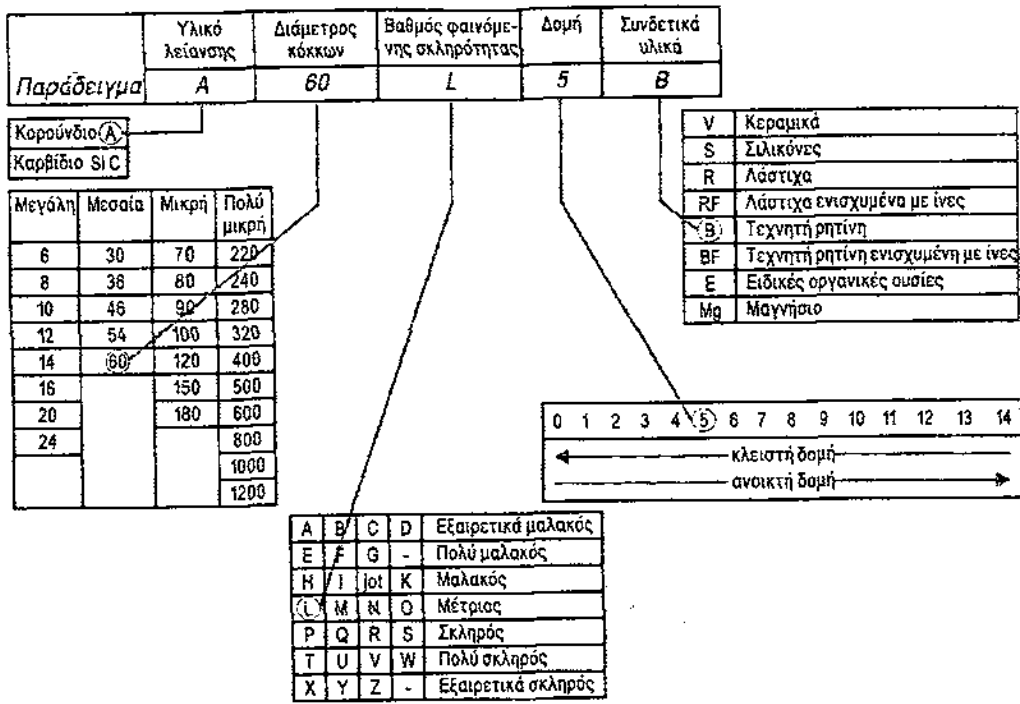
### Σήμανση των τροχών.

Σε πινακίδα κολλημένη πάνω στο λειαντικό τροχό υπάρχουν γραμμένα όλα τα χαρακτηριστικά του τροχού που αναφέραμε, όπως φαίνεται στα παραδείγματα του σχήμα 27 και πίνακα 28



Σχήμα 27. Σχηματική παράσταση της κωδικής ονομασίας ενός δίσκου λείανσης κατά DIN 69100.





Πίνακας .28 Τυποποίηση τεχνικών χαρακτηριστικών λειαντικών εργαλείων κατά DIN 69100

Πίνακας 29	Παράγοντες επιλογής				
	Τύπος λειαντικού	Μέγεθος κόκκου	Σκληρότητα τροχού	Δομή	Συνδυαστικό
Είδος του υλικού που πρόκειται να κατεργαστεί :Υψηλής ή χαμηλής εφελκυστικής αντοχής, μαλακό ή σκληρό υλικό.	X	X	X		X
Είδος της λειαντικής διαδικασίας: έκκεντρη, κυλινδρική, επίπεδη επιφάνεια, κοπή.	X	X	X		X
Χαρακτηριστικά μηχανής: φθορές, ασταθής, χαλαροί τριβείς			X		
Ταχύτητα τροχού: μικρή - μεγάλη			X		X
Ταχύτητα κοπής: μικρή - μεγάλη			X		
Ταχύτητα προώσεως: μικρή - μεγάλη		X	X		
Ποσό αφαίρεσης ή σημαντικότητα της κατεργασίας: βαριά κατεργασία - ελαφριά κατεργασία		X	X		X
Απαιτήσεις αποπεράτωσης: υψηλής ποιότητας - χαμηλής ποιότητας		X	X		X
Είδος κατεργασίας :στεγνή - υγρή			X		X

Ο πίνακας 29 αναφέρει μερικούς παράγοντες στους οποίους στηρίζεται γενικά η επιλογή ενός λειαντικού τροχού. Είναι ένας πιλοτικός πίνακας που αναφέρεται στις γενικότερες περιπτώσεις δεν αναφέρει ακριβώς το πώς πρέπει να γίνει η επιλογή.

### Μορφές, μεγέθη, τυποποίηση τροχών.

Οι λειαντικοί τροχοί, για να μπορούν να ανταποκριθούν στις διάφορες κατεργασίες κατασκευάζονται σε ορισμένες μορφές και μεγέθη.

Στο σχήμα 30 φαίνονται διάφοροι τύποι τροχών. Κάθε τύπος χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό.

Το τμήμα της επιφάνειας του τροχού που έρχεται σε επαφή με το αντικείμενο, ιδιαίτερα στους δισκοειδείς τροχούς (τύπος Νο 1), παίρνει διάφορες μορφές, ανάλογα με τις ανάγκες που κάθε φορά παρουσιάζονται.

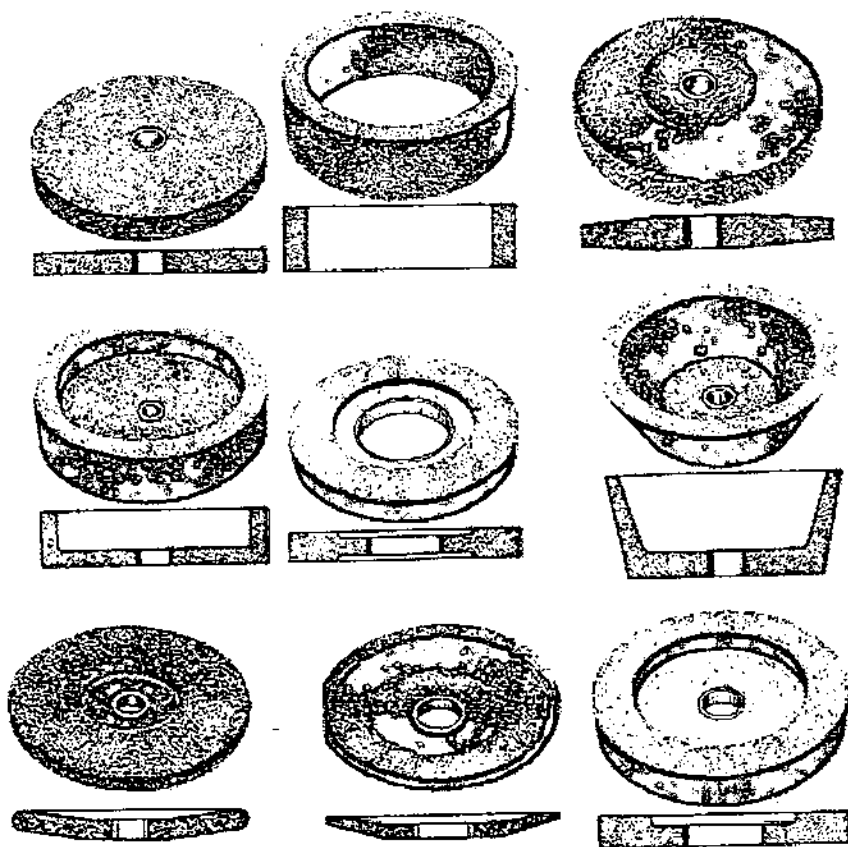
Στο σχήμα 31 φαίνονται σε τομή συνηθισμένες μορφές δισκοειδών τροχών.

Για τον καθορισμό του μεγέθους ενός τροχού απαιτούνται οι χαρακτηριστικές διαστάσεις, όπως είναι η *εξωτερική διάμετρος D*, η *διάμετρος της κεντρικής οπής* και το *πάχος*. Αν π.χ. χρειάζεται κάποιος ένα συνηθισμένο τροχό όπως αυτός του σχήματος 33, θα σημειώσει στην παραγγελία:

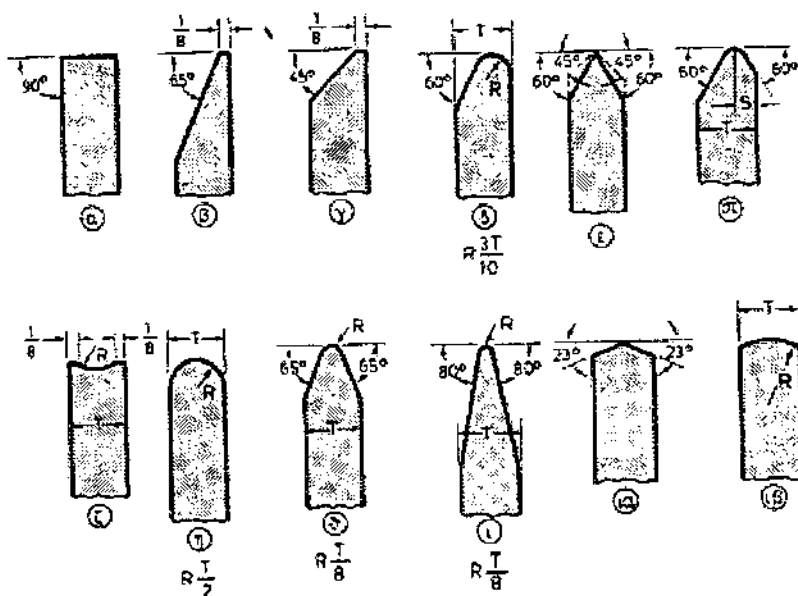
Τύπος 1, Μορφή α,  $D = 150 \text{ mm}$ ,  $d = 20 \text{ mm}$ ,  $b = 15 \text{ mm}$  και θα ακολουθήσουν τα ειδικά χαρακτηριστικά που μπαίνουν στη σήμανση του τροχού.

Οι δισκοειδείς τροχοί του τύπου 1 κατασκευάζονται σε διάμετρο από 12 μέχρι και πάνω από 1000 mm και σε πάχος από 6 μέχρι και πάνω από τα 100 mm.

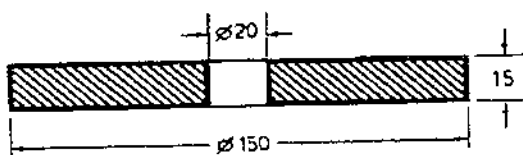
Επειδή οι διάφοροι τύποι τροχών δεν είναι διεθνώς τυποποιημένοι, καλό είναι κατά τη σύνταξη των παραγγελιών να δίνονται περισσότερες εξηγήσεις ή να συμβουλευέται κάποιος τους ειδικούς καταλόγους των κατασκευαστών.



Σχήμα 30 Τυποποιημένες μορφές τροχών.



Σχήμα 31 Συνήθεις μορφές συμριδότροχων σε τομή



Σχήμα 32 Τομή δισκοειδούς τροχού.

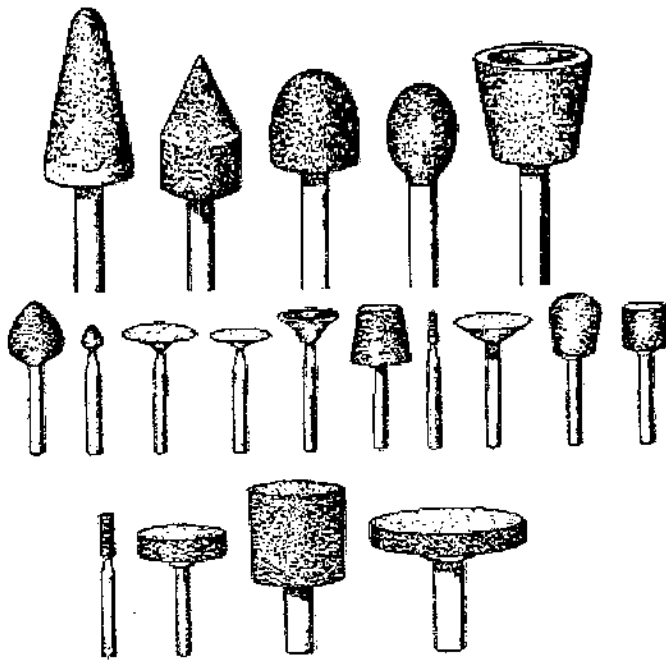
### Κονδύλια και λίμες από σμύριδι

Τα κονδύλια είναι πολύ μικροί λειαντικοί τροχοί κολλημένοι πάνω σε από λινούς πείρους. Οι τροχοί αυτοί τοποθετούνται σε φορητά λειαντικά μηχανήματα και χρησιμοποιούνται για λείανση των εσωτερικών τμημάτων των κομματιών που δεν μπορούν να λειανθούν με τα σταθερά μηχανήματα.

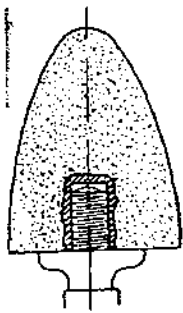
Τα κονδύλια έχουν διάφορες μορφές. Οι πιο συνηθισμένες παρουσιάζονται στο σχήμα 33

Στο σχήμα 34 απεικονίζεται ο τρόπος (με κοχλίωση) με τον οποίο στερεώνονται τα κονδύλια στον ατσάλινο άξονα τους.

Οι συμριδόλιμες είναι στενόμακρα ραβδιά σε διάφορες διατομές και χρησιμοποιούνται για τροχίσματα εργαλείων ή άλλων βαμμένων κομματιών, για το στρώσιμο των λειαντικών τροχών κλπ.



Σχ. 33 Μορφές κονδυλιών



Σχ. 34 Τρόπος στερέωσης μικρού λειαντικού τροχού στο στέλεχος

*Ετοιμασία του τροχού λειάνσεως.*

Κατά τη διάρκεια που χρησιμοποιείται ο τροχός λειάνσεως ακόμη και αν η επιλογή του έγινε σωστά, στη λειαντική του επιφάνεια παρατηρούνται τα εξής:

- Προοδευτική πλήρωση των πόρων του με γρέζια
- Αμβλυνση ορισμένων ακμών των κόκκων του χωρίς να πέφτουν.
- Μη ικανοποιητική ανανέωση των κόψεων των κόκκων και θραύση τους.
- Ανεπαρκής απομάκρυνση των άχρηστων κόκκων.

- Φυσιολογική φθορά του τροχού, με συνέπεια τη μεταβολή του σχήματος και των διαστάσεων του.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω ελαττωμάτων εφαρμόζονται δύο τρόποι:

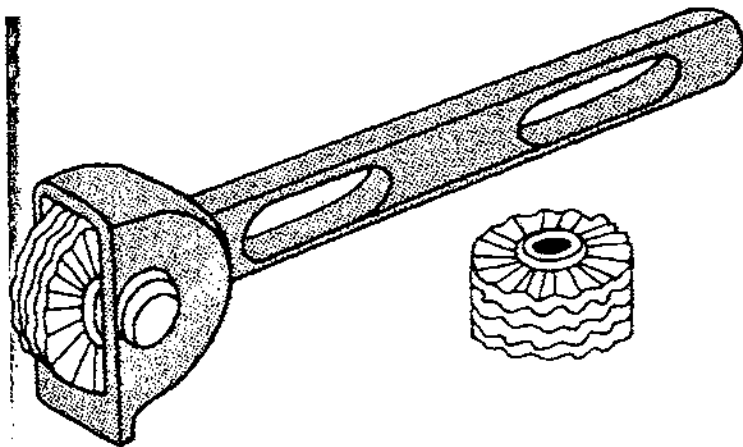
1. Η αναγέννηση της επιφάνειας του τροχού.
2. Η τόνρευση του τροχού.

Για την αναγέννηση της επιφάνειας του τροχού χρησιμοποιούνται:

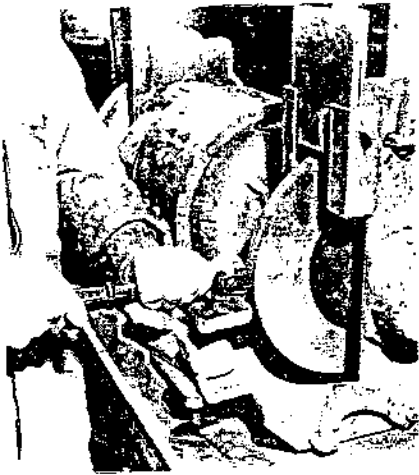
- Εργαλεία, όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 35 (με το χέρι ή μηχανικά).
- Ραβδάκια από υλικό λειαντικού τροχού σε διάφορες διατομές.
- Αδαμαντοφόρα εργαλεία (σχ. 38). Στα εργαλεία αυτά, για να μπορούν να αποδίδουν, πρέπει το μέγεθος των κόκκων του διαμαντιού να είναι περίπου διπλάσιο από το μέγεθος των κόκκων του λειαντικού τροχού. Η τόνρευση εφαρμόζεται όχι μόνο για την αποκατάσταση του κανονικού γεωμετρικού σχήματος του τροχού, αλλά και κάθε φορά που ο τροχός αφαιρείται από τον άξονα του ή για οποιοδήποτε λόγο, μετατοπίζεται επάνω σ' αυτόν.

Η τόνρευση γίνεται αποκλειστικά με διαμάντι σχ. 39-40. Ο τροχός περιστρέφεται με τις κανονικές στροφές που έχει πάνω στη λειαντική μηχανή και με την κανονική παροχή ψυκτικού υγρού για να μη ζεσταθεί και καταστραφεί το διαμάντι. Η πρόωση του διαμαντιού προς τον τροχό (βάθος κοπής) κάθε φορά είναι μικρομετρική, της τάξεως 0,02 - 0,03 mm.

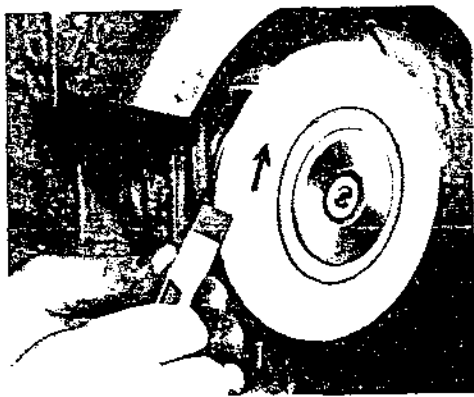
Χρειάζεται προσοχή στην κλίση που πρέπει να έχει το αδαμαντοφόρο εργαλείο, σχετικά με τους άξονες τροχού και εργαλείου.



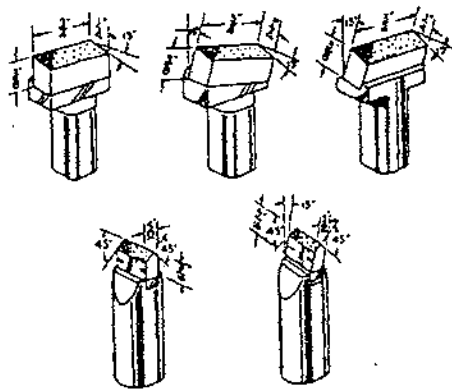
Σχήμα 35 Εργαλείο για την αναγέννηση της επιφάνειας του τροχού.



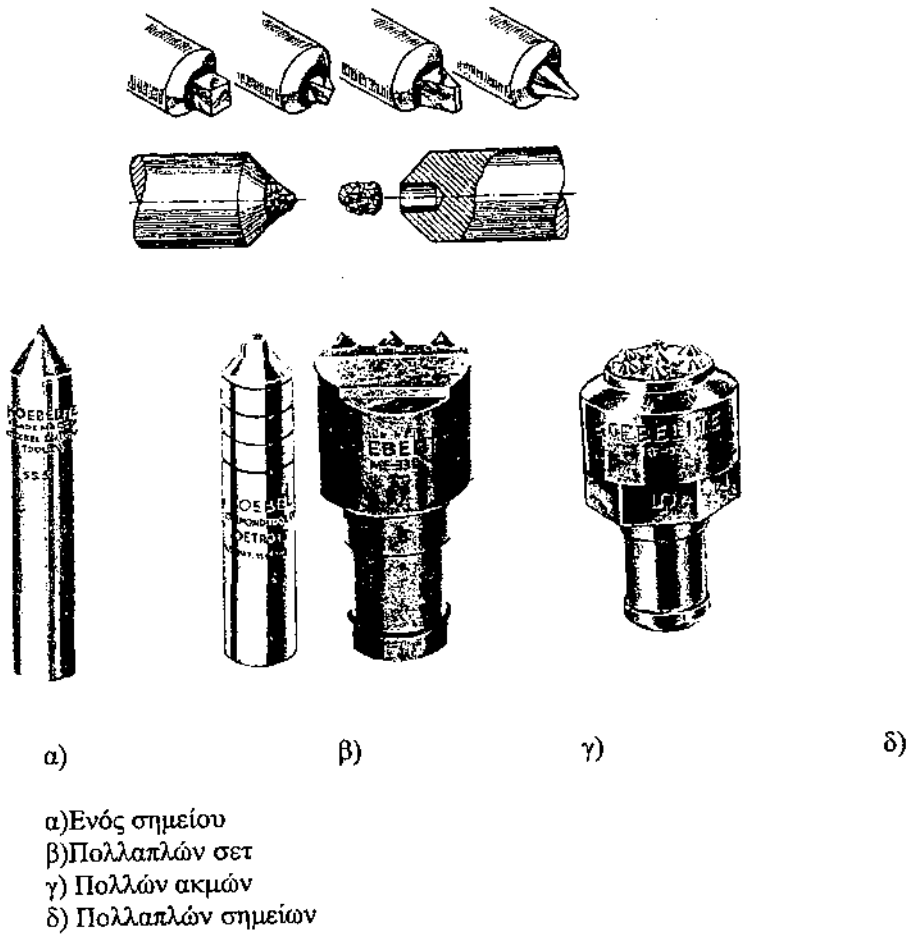
Σχ. 36. Ο σωστός τρόπος ανοίγματος με μηχανικό ακονιστήρι



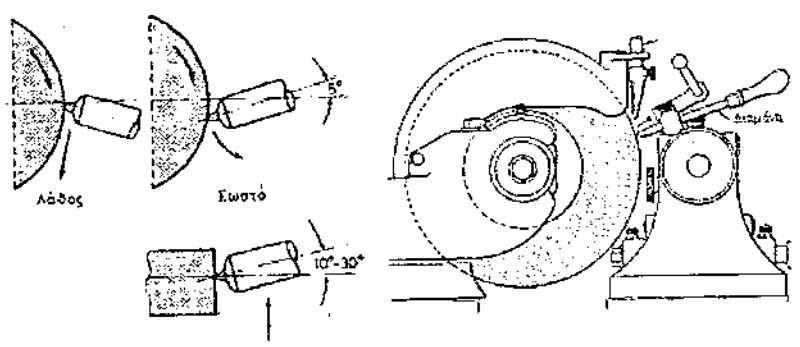
Σχ. 37 . Ραβδιά αναγέννησης



Σχ. 38 Αδαμαντοφόρα εργαλεία με περισσότερους αδαμαντόκοκκους για την αναγέννηση των λειαντικών τροχών.

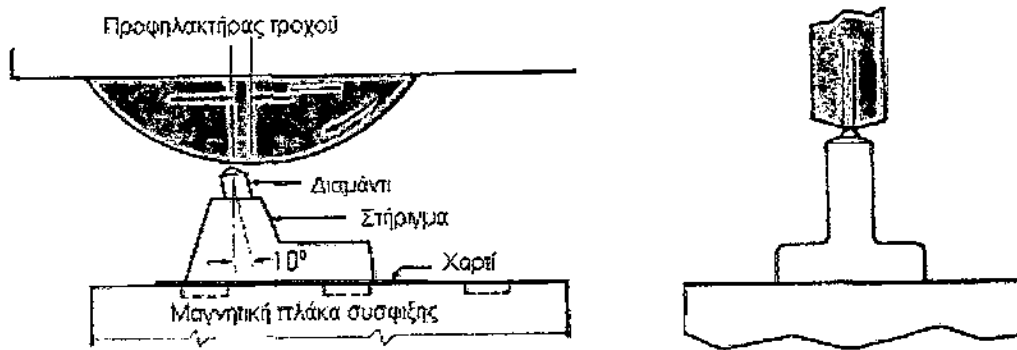


Σχ. 39 Αδαμαντοφόρα εργαλεία (διαμάντια)



Σχ. 40. Η σωστή θέση του διαμαντιού κατά την τόνρευση λειαντικού τροχού.





A) Το διαμάντι θα πρέπει να τοποθετηθεί σε σωστή θέση σε σχέση με το τροχό για την αποφυγή «μαγκώματος»

B) Το διαμάντι τοποθετείται στην αιχμηρότερη κορυφή του τροχού

Σχ. 41. Αναγέννηση τροχού με ακονιστήρι από διαμάντι

Το άνοιγμα διαφόρων τύπου λειαντικών τροχών γίνεται ως εξής :

- Επιλέγεται το σωστό διαμάντι για το τροχό.
- Ελέγχεται για τυχόν φθορές στη κοπτική ακμή του
- Επιβλέπεται για τυχόν ακαθαρσίες η μαγνητική πλάκα σύσφιξης και καθαρίζεται πολύ καλά
- Τοποθετείται ένα κομμάτι χαρτί (λίγο μεγαλύτερο από τη βάση ) μεταξύ της βάσης του στηρίγματος. Το χαρτί τοποθετείται ώστε να απομακρύνεται χωρίς να γρατσουνιστεί η μαγνητική πλάκα σύσφιξης.
- Ασφαλίζεται η μαγνητική πλάκα .Το διαμάντι θα πρέπει να έχει από 10° έως 15° κλίση θετικά της κίνησης του τροχού σχήμα 41α.
- Τοποθετείται ο τροχός πάνω από το διαμάντι στην αιχμηρότερη κορυφή που έχει δημιουργηθεί στο τροχό σχήμα 41β.
- Χαμηλώνεται ο τροχός μέχρι να ακουμπήσει πάνω στη κοπτική ακμή του διαμαντιού.
- Κατεργάζεται ο τροχός δίνοντας πρόωση στο διαμάντι από το μοχλό της εγκάρσιας πρόωσης.

Ο ρυθμός της μετατόπισης του τραπεζιού καθορίζει τη κοπτική ενέργεια του τροχού και την ποιότητα της παραγόμενης επιφάνειας:

Αργή μετατόπιση έχει αποτέλεσμα μικρό ρυθμό αφαίρεσης υλικού αλλά παράγει καλή επιφάνεια

Γρήγορη μετατόπιση αυξάνει το ρυθμό αφαίρεσης του υλικού αλλά δεν έχουμε καλή τελική επιφάνεια

Μεσαία μετατόπιση προτείνεται για γενικές διαδικασίες.

Υπερφορτωμένος  
τροχός (γεμάτοι πόροι)



Σχήμα 42. Τροχός με γεμάτους πόρους (α) ,και ανοιγμένος (β) (καθαροί πόροι)

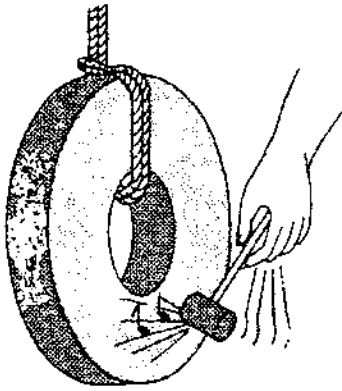
#### *Έλεγχος ποιότητας του τροχού και συγκράτηση στον άξονα του.*

Οι τροχοί λειάνσεως με κεραμικό συνδετικό υλικό, που έχουν και την περισσότερη χρήση στη βιομηχανία, είναι ψαθυρά αντικείμενα και συνεπώς επικίνδυνα να σπασούν σε χτυπήματα και ισχυρές πιέσεις. Σχετικά ισχύουν τα παρακάτω μέτρα ασφαλείας:

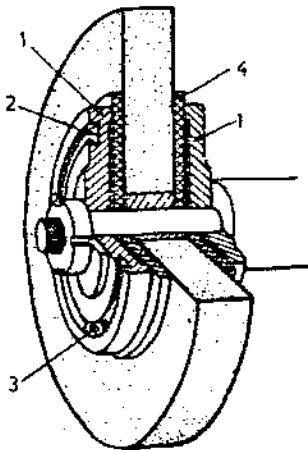
Πριν ακόμη τοποθετηθεί ο τροχός στον άξονα του πάνω στο μηχάνημα πρέπει να ελεγχθεί μήπως έχει ρωγμές ή σπασίματα. Για τον έλεγχο αυτό κρεμιέται ο τροχός σε μια ράβδο και κτυπάται γύρω - γύρω ελαφριά μ' ένα ξυλόσφυρο (ματσόλα) (σχ. 43). Αν ο ήχος που ακούγεται είναι οξύς και μεγάλης διάρκειας τότε ο τροχός είναι γερός, αν όμως ο ήχος είναι κούφιος και σταματά άμεσα, τότε αυτό σημαίνει ότι ο τροχός κάπου έχει ρωγμή και πρέπει να αχρηστευθεί. Λόγω των πολλών στροφών με τις οποίες περιστρέφονται οι τροχοί, αναπτύσσονται μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις που, σε περίπτωση σπασίματος του τροχού, εκτινάσσουν τα κομμάτια του με ταχύτητα περίπου 100 km/h και αποτελούν μεγάλο κίνδυνο για ατυχήματα στους εργαζόμενους. Για το λόγο αυτό πρέπει οι λειαντικοί τροχοί να έχουν πάντοτε κατάλληλο προφυλακτικό κάλυμμα.

Σε τροχούς μικρούς, με διάμετρο μέχρι 50 mm, δεν είναι υποχρεωτικό το κάλυμμα. Κάθε τροχός στην κεντρική του οπή φέρει χτυπημένο ένα μολύβδινο ή από άλλο υλικό δακτυλίδι, για ν' αποφεύγεται η απευθείας επαφή του σμυριδοτροχού πάνω στον άξονα στερεώσεώς του.

Ο τροχός πρέπει να τοποθετείται στον άξονα του εφαρμοστά δίχως να έχει χάρη. Στο σχήμα 44 φαίνεται στερέωση απλού σμυριδοτροχού στον άξονα του.



Σχήμα 43. Έλεγχος τροχού για ραγίσματα.



Σχήμα 44. Στερέωση σμυριδοτροχού στον άξονα του. 1) Φλάντζα. 2) Κυκλικό αυλάκι. 3) Αντίβαρα. 4) Παράκυκλοι από χαρτόνι.

Οι φλάντζες συγκρατήσεως του τροχού (I) πρέπει να έχουν διάμετρο τουλάχιστον  $\frac{2}{3}$  της διαμέτρου του τροχού. Η μορφή που πρέπει να έχουν οι φλάντζες είναι αυτή που φαίνεται στα σχήματα 45 και 46.

Οι φλάντζες δεν πρέπει να εφάπτονται με όλη τους την εσωτερική επιφάνεια, γιατί έτσι ο τροχός δε σφίγγει καλά σχ. 45.

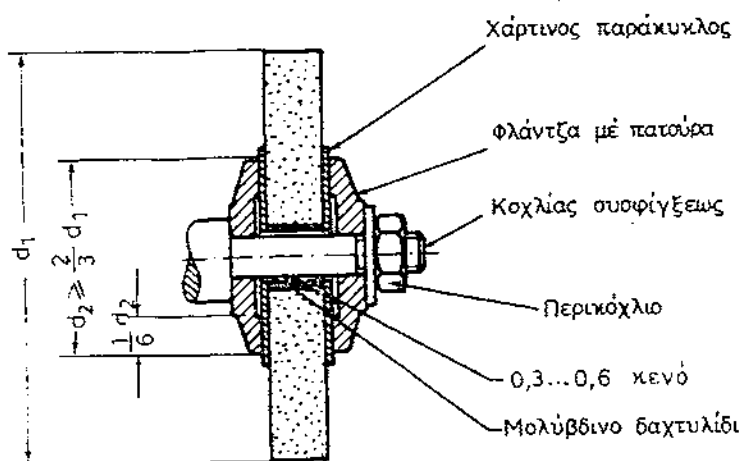
Οι δύο φλάντζες να έχουν το ίδιο μέγεθος και οι επιφάνειες τους που εφάπτονται με τον τροχό να έχουν ακριβώς την ίδια διαμόρφωση.

Ανάμεσα στις φλάντζες και στον τροχό τοποθετούνται παράκυκλοι από χαρτόνι. Για την καλή πρόσφυση του χαρτονιού πρέπει οι προς τον τροχό επιφάνειες των φλάντζων να είναι τραχιές (τόρνευση με μεγάλη πρόωση). Η εσωτερική φλάντζα καλό είναι να κρατιέται ακίνητη στον άξονα με σφήνα.

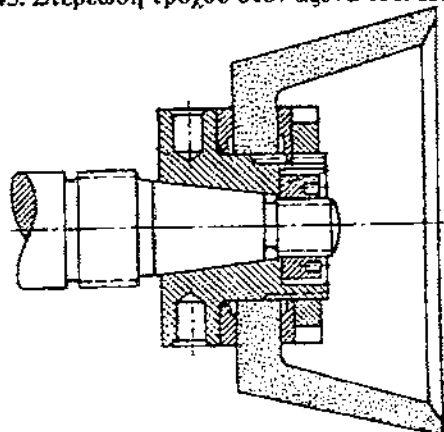
Κάθε καινούργιος τροχός, όταν μονταριστεί στον άξονα του πρέπει να αφαιρεθεί να περιστρέφεται δοκιμαστικά με τις κανονικές του στροφές επί πέντε τουλάχιστον λεπτά ελεύθερος και κατόπιν να αρχίσει η χρησιμοποίησή του.

Όταν γίνεται «στεγνό τρόχισμα», χωρίς ψυκτικό υγρό, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται γυαλιά προφύλαξης.

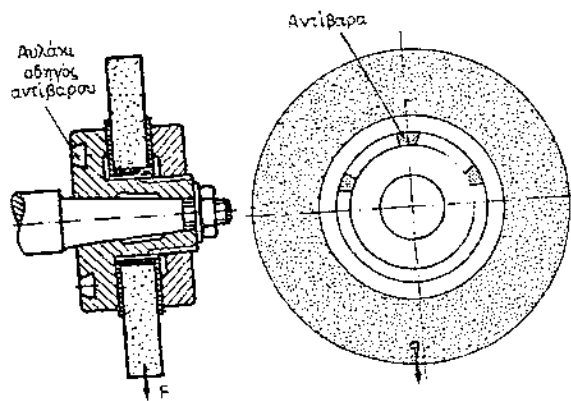
Κατά το μοντάρισμα οι τροχοί πρέπει να περνούν σωστά με μικρή μόνο ελευθερία στον άξονα τους και χωρίς βία. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 44 οι φλάντζες, σε σχετικά μεγάλη διάμετρο του τροχού, φέρουν κυκλικό αυλάκι με διατομή χελιδονοουράς, μέσα στο οποίο μετατοπίζονται και σταθεροποιούνται μικρά αντίβαρα με σκοπό τη ζυγοστάθμιση.



Σχήμα 45. Στερέωση τροχού στον άξονα του. Κοινός τροχός



Σχήμα 46. β) Τροχός «κωνικό ποτήρι».



Σχήμα 47. Φλάντζα τροχού με αυλάκι και αντίβαρο για ζυγοστάθμιση

### Ζυγοστάθμιση του τροχού.

Πριν τη χρήση ενός λειαντικού τροχού θα πρέπει να έχει ζυγοσταθμιστεί με ακρίβεια ώστε να παραχθούν πολύ καλής ποιότητας επιφάνειες, κοντά στις ανοχές και να αποφευχθούν οι υπερβολικές φθορές στο τροχό. Οι μη ζυγοσταθμισμένοι τροχοί προκαλούν δονήσεις όπου καταστρέφουν το πλεονέκτημα της καλής επιλογής του τροχού λειάνσεως και της καλής διατήρησης της λειαντικής μηχανής. Παρόλο που οι τροχοί είναι ζυγοσταθμισμένοι από το εργοστάσιο παραγωγής τους, είναι συνήθως απαραίτητο να ζυγοσταθμίζονται για τη μηχανή που θα χρησιμοποιηθούν. Οι μικροί λειαντικοί τροχοί κάτω από 12" συνήθως χρειάζονται πολύ λιγότερη ζυγοστάθμιση σε σχέση με τους μεγάλους λειαντικούς τροχούς που πρέπει να ζυγοσταθμίζονται συχνά.

Ένας τροχός που δεν είναι ζυγοσταθμισμένος, όταν τεθεί σε περιστροφική κίνηση, προκαλεί ταλαντώσεις και δονήσεις (τρέμουλο).

Αυτό έχει ως συνέπεια:

1. Κακή ποιότητα της επιφάνειας του κομματιού που λειαινείται.
2. Μεγαλύτερη και ανομοιόμορφη φθορά στον τροχό.
3. Φθορά στη λειαντική μηχανή.

Δυνατές αιτίες, που δημιουργούν αντίβαρο στον τροχό και συντελούν στο να μην υπάρχει ζυγοστάθμιση είναι:

- Ανομοιομορφία στην κατανομή των κόκκων και των πόρων στη μάζα του τροχού.
- Ανομοιομορφία στην είσοδο ψυκτικού υγρού στον τροχό.
- Ανομοιομορφία πάχους και εκκεντρική (έστω και μικρή) τοποθέτηση του τροχού στον άξονα.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι ζυγοστάθμισης :

- α) Στατική μέθοδος
- β) Δυναμική μέθοδος

### α) Στατική ζυγοστάθμιση.

Η στατική μέθοδος είναι μια χειροκίνητη μέθοδος που είναι το αποτέλεσμα της μετακίνησης βαρών γύρω από το δακτύλιο του τροχού ή την πατούρα μέχρι ο τροχός να ισορροπήσει.

Η ζυγοστάθμιση γίνεται ως εξής:

Μοντάρουμε τον τροχό με τις φλάντζες του. Τοποθετείται ο τροχός στην άτρακτο της μηχανής. Γίνεται ένα πρόχειρο άνοιγμα του τροχού. Εάν χρησιμοποιείται κοπτικό υγρό θα πρέπει να περιστραφεί για λίγη ώρα ο τροχός μετά το τέλος του ανοίγματος ώστε να απομακρυνθούν τα τυχόν εναπομένοντα υγρά.

Υστερα τοποθετείται ο τροχός επάνω ένα βοηθητικό άξονα (σχήμα 48) που έχει την ίδια διάμετρο με εκείνον που έχει το λειαντικό μηχάνημα

Στη συνέχεια τοποθετείται ο συναρμολογημένος τροχός σε μια απλή συσκευή που λέγεται ζυγός (σχήμα 46). Υπάρχουν ζυγοί με κυλινδρικές αιχμηρές ακμές και ζυγοί με παράλληλες πλευρές.

Αφήνεται ο τροχός να γυρίσει μέχρι να φτάσει σε θέση ισορροπίας όπου το πιο βαρύ σημείο θα είναι το κάτω μέρος του τροχού.

Χρησιμοποιούνται δύο αντίβαρα στο μέσω της οριζόντιας αξονικής

Μετακινούνται τα αντίβαρα προς το πάνω μέρος (όπως φαίνεται στο σχήμα 47) και σφίγγονται αρκετά ώστε να διατηρήσουν τη θέση τους .

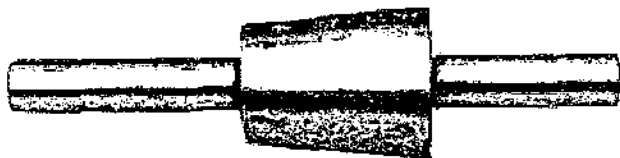
Περιστρέφεται ο τροχός κατά  $90^\circ$  ώστε το βαρύτερο σημείο να μετατοπιστεί όπως φαίνεται στο σχέδιο. Ρυθμίζονται τα αντίβαρα έως ότου ο τροχός παραμείνει σταθερός σε αυτή τη θέση .Γίνεται η ίδια διαδικασία σε όλα τα τεταρτημόρια του τροχού. Εάν ο τροχός είναι τέλεια ζυγοσταθμισμένος τότε δεν θα περιστρέφεται αδιάφορα σε οποιαδήποτε θέση .

Αφαιρείται ο τροχός από το βοηθητικό άξονα και τοποθετείται στην άτρακτο της μηχανής.

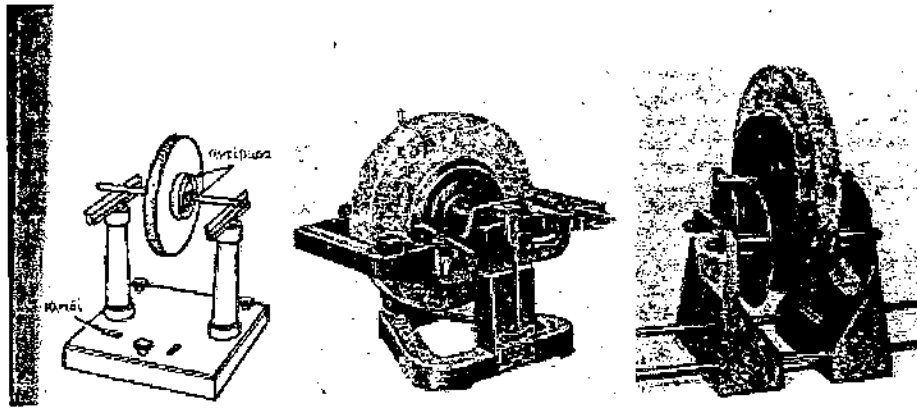
Γίνεται αναγέννηση του τροχού.

Στη συνέχεια παρατηρούμε προς τα πού βαραίνει ο τροχός και διορθώνεται το ελάττωμα, που τυχόν υπάρχει, με τοποθέτηση αντίβαρου στην κατάλληλη θέση, σύμφωνα με τις ενδείξεις της συσκευής.

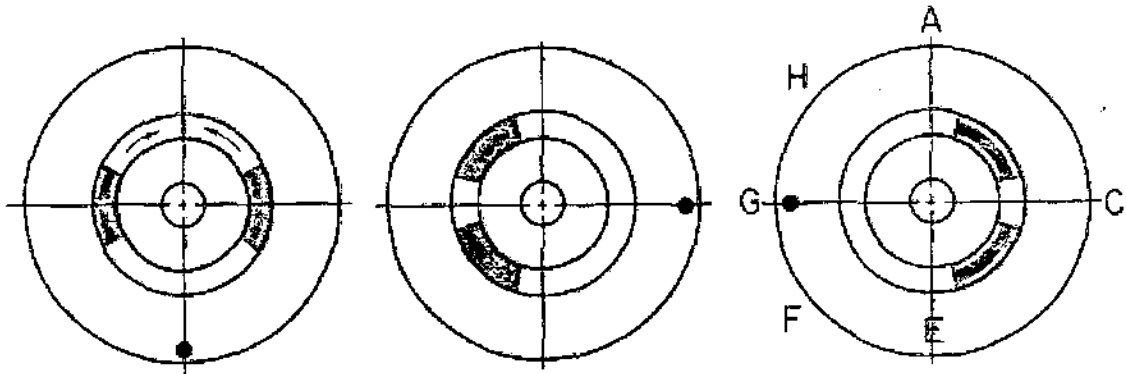
Τα περικόχλια, που κρατούν τον τροχό στον άξονα περιστροφής, πρέπει να σφίγγονται καλά και να επιθεωρούνται από καιρό σε καιρό.



Σχήμα 48. Βοηθητικός άξονας ζυγοστάθμισης τροχού .



Σχήμα 49. Απλές συσκευές ζυγοστάθμισης.



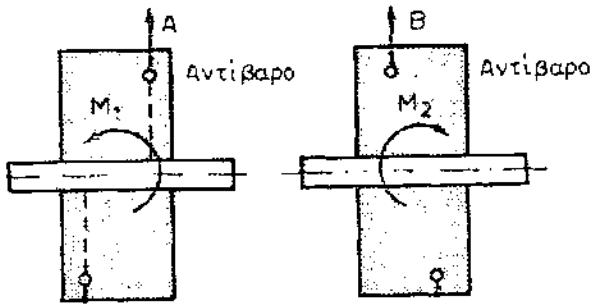
Σχήμα 50. Μέθοδος ζυγοστάθμισης τροχού

### β) Δυναμική ζυγοστάθμιση τροχού και η έννοια της.

Η στατική ζυγοστάθμιση εφαρμόζεται κατά κανόνα σε τροχούς λεπτού πάχους και αποδίδει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αν όμως ο τροχός έχει μεγάλος πάχος (σχ. 51) τότε, λόγω της ανομοιομορφίας στην κατανομή της μάζας του, μπορεί να παρουσιάζει ίσα ή και άνισα αντίβαρα Α και Β σε διαφορετικά επίπεδα και σε τέτοιες αποστάσεις από τον άξονα περιστροφής, ώστε στη συσκευή στατικής ζυγοσταθμίσεως να ισορροπεί σε όλες τις θέσεις. Εν τούτοις ο τροχός αυτός δεν είναι ζυγοσταθμισμένος.

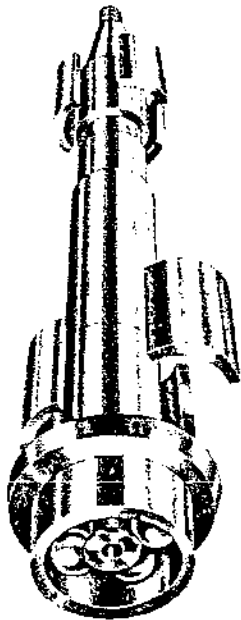
Στις περιπτώσεις αυτές χρειάζεται δυναμική ζυγοστάθμιση του τροχού. Γίνεται σε ειδικές μηχανές, όπου ο τροχός περιστρέφεται με τις κανονικές στροφές, και καθορίζεται τόσο η θέση όσο και το βάρος του υλικού που πρέπει να προστεθεί ή να αφαιρεθεί, ώστε να μην παρουσιάζονται ταλαντώσεις.

Παρόμοια ζυγοστάθμιση γίνεται σήμερα σε I ευρεία κλίμακα κυρίως στους τροχούς των Ι.Χ Ι αυτοκινήτων.



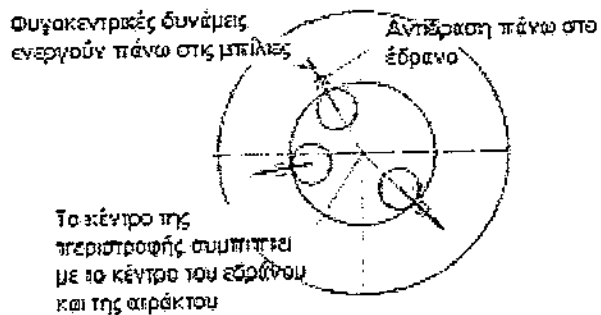
Σχήμα 51. Δημιουργία εναλλασσομένων και αντίθετων ροπών από ανομοιομορφία μάζας σε τροχούς μεγάλου πλάτους. Διαδοχικές θέσεις του τροχού με διαφορά 180°.

Μια άλλη γρήγορη και ακριβής μέθοδος ζυγοσταθμίσεως επιτυγχάνεται με ένα ενσωματωμένο ζυγοσταθμιστή πάνω στη λειαντική μηχανή. Αυτή η συσκευή συνήθως αποτελείται από τρεις ενσωματωμένες μπίλιες από σκληρό χάλυβα μέσα σε μια στεφάνη ενός εδράνου, πάνω στην άτρακτο (σχήμα 52<sup>α</sup>). Όταν ο τροχός εμφανίσει σημάδια αστάθειας ο χειριστής σηκώνει ένα μοχλό, ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω από την άτρακτο, για μερικά δευτερόλεπτα και μετά το χαμηλώνει στην αρχική του θέση καθώς η άτρακτος περιστρέφεται. Όταν σηκώνεται ο μοχλός, ο μηχανισμός απελευθερώνεται και οι τρεις μπίλιες (σχήμα 52<sup>β</sup>) είναι ελεύθερες να μετακινηθούν από τις δυνάμεις που δημιουργούνται λόγω της αστάθειας (ανισορροπίας). Όταν οι μπίλιες τοποθετηθούν σε θέσεις όπου το σύστημα θα αποκτήσει τέλεια ισορροπία (σχήμα 52<sup>γ</sup>) η βελόνα του μετρητή δόνησης θα σταθεροποιηθεί. Τότε ο μοχλός κατεβαίνει και οι ρυθμιστικές μπίλιες σταθεροποιούνται.

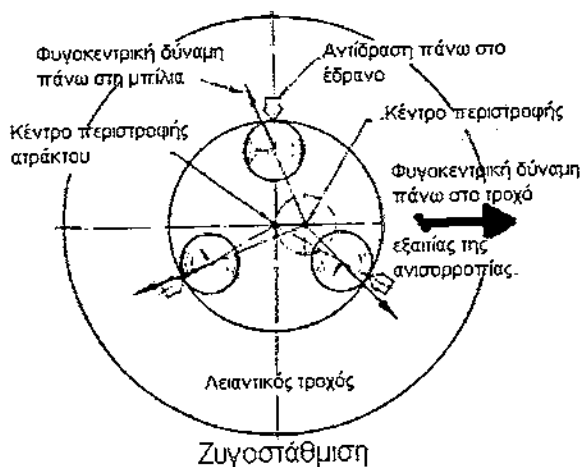


α) Άξονας ρυθμιστικός





### β) Αζυγοστάθμιστος



### γ) Ζυγοσταθμισμένος

Σχήμα 52. Η αρχή ενός αυτόματου ζυγοσταθμιστή.

Αυτή η μέθοδος έχει τα εξής πλεονεκτήματα :

- Ακριβή ζυγοστάθμιση του τροχού μέσα σε λίγο χρονικό διάστημα
- Οι δονήσεις και τα χτυπήματα μειώνονται γρήγορα με αποτέλεσμα αυτού η καλύτερη και πιο αποτελεσματική αφαίρεση υλικού
- Αύξηση παραγωγικότητας, μεγαλύτερη ακρίβεια κομματιών και καλύτερης ποιότητας επιφάνειες
- Η ζωή του τροχού, της μηχανής και των διαμαντιών αναγέννησης αυξάνεται

### Χαρακτηριστικά στοιχεία κατεργασίας λειάνσεως.

Στη λείανση, σε σύγκριση με τις γνωστές περιπτώσεις κοπής σε τόρνο, φρεζομηχανή, πλάνη κλπ. αντί για δύο κινήσεις έχουμε τρεις, συνεπώς έχουμε και τρεις συνθήκες κοπής.

Οι τρεις αυτές κινήσεις  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  μαζί με την κίνηση  $K_4$  για το βάθος κοπής φαίνονται στο σχήμα 53.

#### α) Περιφερειακή ταχύτητα του σφυριδοτροχού (ταχύτητα κοπής).

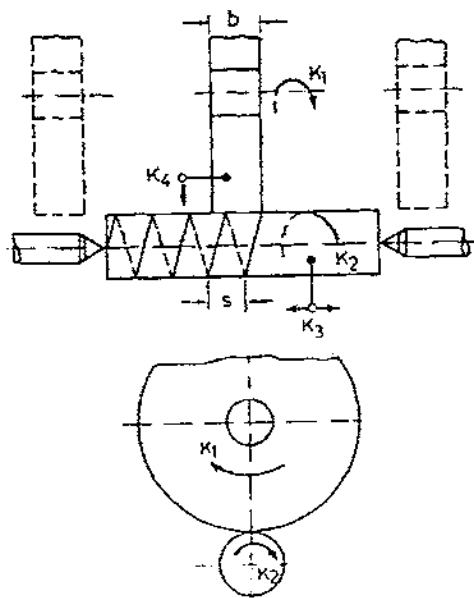
Η περιφερειακή ταχύτητα του τροχού δίδεται από τον τύπο:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 60 \cdot 1000 \text{ m/sec}$$

όπου  $d$  η διάμετρος του τροχού σε mm και  $n$  οι στροφές του τροχού ανά λεπτό.

Δηλαδή στους τροχούς λειάνσεως μετράται πάντα σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο.

Για λόγους ασφαλείας η περιφερειακή ταχύτητα δεν πρέπει να ξεπερνά τις τιμές που ορίζει ο κατασκευαστής του τροχού. Οι ταχύτητες που δίδονται συνήθως στους τροχούς ανάλογα με το είδος εργασίας που εκτελούν και με το υλικό του κομματιού φαίνονται στον πίνακα 54



- $K_1$  = Κύρια κίνηση τροχού
- $K_2$  = Περιστροφική κίνηση κομματιού
- $K_3$  = Κίνηση για πλευρική κίνηση
- $K_4$  = Κίνηση για βάθος λείανσης

Σχήμα 53. Πλευρική πρόωση του κομματιού ανά στροφή τεμαχίου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 54**

Ταχύτητες εργασίας των λειαντικών τροχών ανάλογα με το είδος της λειάνσεως.

Κατεργασία	Υλικό	m/sec
Εξωτερική κυλινδρική λείανση	Χάλυβας	25 ... 35
	Φαιός	25
	Ταχυχάλυβας	8-15
	Κοάματα	35
	Ελαφριά Σκληρομέταλλα	8
Εσωτερική λείανση	Χάλυβας	25
	Φαιός	25
	Ταχυχάλυβας	8-15
	Κράματα Ελαφριά	20 20
Λείανση επιπέδων επιφανειών	Χάλυβας	25
	Φαιός	20
	χυτοσίδηρος Ταχυχάλυβας	8-15
	Κράματα ψευδαργύρου	25
	Ελαφριά	25
Τρόχιση	Χάλυβας	25
	Ταχυχάλυβας	12 (στο χέρι) 12(στο υποστήριγμα)
Κοπή	Μέταλλα και υλικά μη μεταλλικά	45-80
Επιφανειακό	Φαιός	30
Καθάρισμα	χυτοσίδηρος Χυτοχάλυβας	45

**Παράδειγμα.**

Πρόκειται να λειανθεί εξωτερικά χαλύβδινος άξονας με τροχό διαμέτρου 250 mm. Με ποιες στροφές πρέπει να εργασθεί ο λειαντικός τροχός για να αναπτύξει περιφερειακή ταχύτητα 30 m/sec;

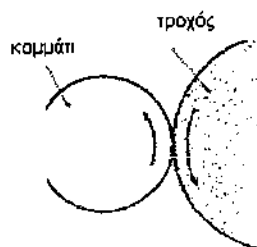
Λύση:

Από τη σχέση  $V = \pi \cdot d \cdot n / 60 \cdot 1000$  έχουμε ότι

$$n = 60 \cdot V \cdot 1000 / \pi \cdot d = 60 \cdot 30 \cdot 1000 / 3,14 \cdot 250 = 2.300 \text{ στρ/min}$$

**β) Περιφερειακή ταχύτητα κατεργαζόμενου κομματιού.**

Η περιστροφή του κομματιού γίνεται κατά την ίδια φορά που γυρίζει ο σμυριδοτροχός σχήμα 55 ώστε στο σημείο επαφής τροχού και κομματιού οι κινήσεις να είναι αντίθετες.



Σχήμα 55. Φορά περιστροφής τροχού και κομματιού.

Σε αντίθεση με το λειαντικό τροχό ο οποίος αναπτύσσει μεγάλη περιφερειακή ταχύτητα (25 ... 30 m/sec = 1.500 ... 2.100 m/min), το κομμάτι αναπτύσσει μικρή ταχύτητα (15 m/min περίπου).

Γενικά η ταχύτητα του κομματιού στο ξεχόνδρισμα πρέπει να είναι μικρότερη από την ταχύτητα στην αποπεράτωση.

Στον πίνακα 56 φαίνονται διάφορες ταχύτητες που πρέπει να παίρνουν τα κομμάτια, ανάλογα με το υλικό που είναι κατασκευασμένα.

Στον ίδιον πίνακα φαίνονται και οι ταχύτητες των κομματιών για επίπεδες λειάνσεις.

ΠΙΝΑΚΑΣ 56. Ταχύτητες των κομματιών (m/min)

Είδος λειάν- σεως	Μαλακός χάλυβας	Σκληρός χάλυβας	Ενανθρα- κωμένος χάλυβας	Χαλβοκράματα	Χυτοσί- δηρος	Ορείχαλκος	Αλουμίνιο
Εξωτερική							
Ξεχόνδρισμα	12-15	14-18	15-18	14-18	2-15	18-21	30-40
Αποπεράτωση	8-12	8-12	10-13	10-14	9-12	15-18	24-30
Εσωτερική	18-21	21-24	21-24	20-25	1-24	21-27	30-40
Επιφάνειες επίπεδες			6-40				15-40

*Ταχύτητα πλάγιας μεταθέσεως τροχού σχετικά με το κατεργαζόμενο κομμάτι (πλευρική πρόωση).*

Στην κυλινδρική λείανση ο τροχός, σε σχέση με το κομμάτι, πρέπει να μετακινείται πλάγια σε κάθε στροφή του κομματιού κατά το  $1/2 - 2/3$  του πλάτους του τροχού, όταν γίνεται αποπεράτωση, και κατά τα  $2/3 - 3/4$  του πλάτους, όταν γίνεται ξεχόνδρισμα. Οι τιμές της πλευρικής προώσεως, ανάλογα με το υλικό και το είδος κατεργασίας φαίνονται στον πίνακα 57 όπου  $b$  είναι το πλάτος του τροχού.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 57.** Συνιστώμενες τιμές πλευρικής προώσεως

Είδος λείανσεως	Χάλυβας	Χυτοσίδηρος
Λείανση ξεχόνδριματος	$\{2/3...4/5\}b$	
Γελική λείανση	$\{1/2...2/3\}b$	$\{3/4...5/6\}b$

Αν η ταχύτητα της πλάγιας μεταθέσεως του τροχού είναι πολύ μικρή, τότε η φθορά του τροχού δεν είναι ομοιόμορφη και η λείανση δεν είναι καλή.

*Βάθος λείανσεως (κοπής).*

Το βάθος λείανσεως σε κάθε διαδρομή εξαρτάται από την ποιότητα του τροχού και τη φύση του κατεργαζόμενου υλικού. Γενικά κυμαίνεται από 0,003 - 0,100 του χιλιοστόμετρου (πίνακας 58).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 58** Συνιστώμενες τιμές βάθους λείανσεως σε mm

Είδος λείανσεως	Υλικό		Κόκκωση
	Χάλυβας	Χυτοσίδηρος	
Ξεχόνδρισμα	0,020-0,050	0,050-0,080	30 ... 60
Λείανση	0,003-0,010	0,020-0,050	70 ... 180
Λεπτή λείανση	0,001-0,008	0,003-0,012	200 .. 300

Πρέπει πάντα να δίνεται προσοχή, ώστε κατά την εργασία να μην πιέζεται πολύ ο τροχός προς το κομμάτι, για να μπορεί να γίνεται κανονικά η λείανση.

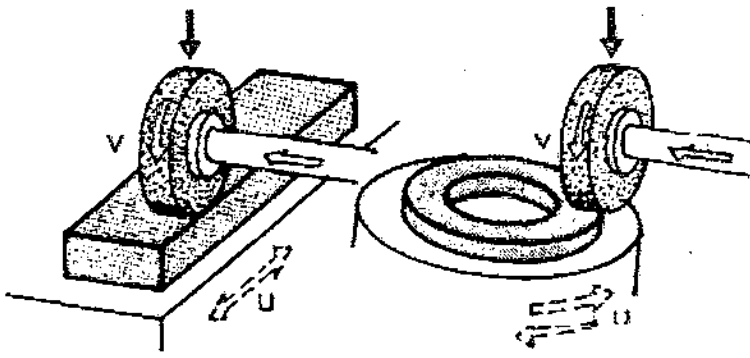
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΙΔΗ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

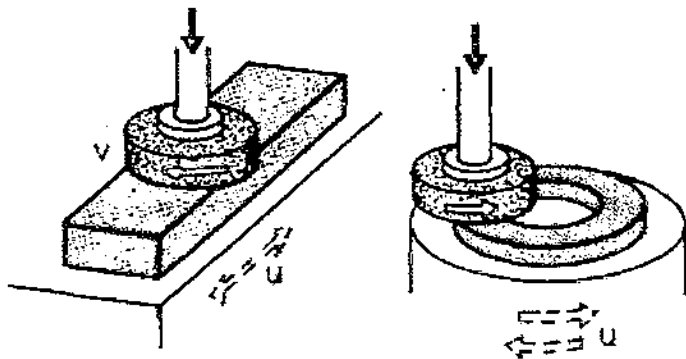
*Λειαντικές μηχανές επιπέδων επιφανειών.*

Το είδος αυτής της λείανσης αναφέρεται γενικά σε περιπτώσεις όπου η διαδικασία γίνεται σε επίπεδες επιφάνειες είτε είναι υπό κάποια κλίση είτε είναι περιμετρικές. Είναι γενικά η διαδικασία όπου το κατεργαζόμενο κομμάτι περνάει σε ένα οριζόντιο επίπεδο σχετικά με το περιστρεφόμενο λειαντικό τροχό .

Στις μηχανές αυτές έχουμε τις εξής βασικές παραλλαγές στην διαμόρφωση τους:



α) Το τραπέζι παλινδρομεί      Τραπέζι περιστρεφόμενο



β) Τραπέζι περιστρεφόμενο(;)      Το τραπέζι, παλινδρομεί

Σχήμα 2.1 Λείανση επιπέδων επιφανειών, α) Μηχανή με οριζόντιο τον άξονα του τροχού, β) Μηχανή με κατακόρυφο τον άξονα του τροχού.

Ο άξονας του τροχού είναι οριζόντιος και η κίνηση του κομματιού ευθύγραμμη παλινδρομική ή περιστροφική [σχ. 2.1]. Ο άξονας του τροχού είναι κατακόρυφος και η

κίνηση του κομματιού ευθύγραμμη παλινδρομική ή περιστροφική [σχ. 2.1 (β)]. Διακρίναμε δηλαδή τέσσερις τύπους. Όταν ο άξονας του τροχού είναι οριζόντιος εφοδιάζεται με λειαντικό τροχό σχεδόν πάντα σε μορφή δίσκου σχ. 2.1α, ενώ όταν είναι κατακόρυφος εφοδιάζεται με λειαντικό τροχό σε μορφή ποτηριού, που λειαίνει με την οριζόντια μετωπική του επιφάνεια σχ. 2.1 β.

Όταν η κίνηση του τραπέζιού είναι παλινδρομική, αυτή κατά κανόνα είναι υδραυλική. Τα προς επεξεργασία κομμάτια δένονται στο τραπέζι της μηχανής μηχανικά ή μαγνητικά. Στην τελευταία αυτή περίπτωση το τραπέζι εφοδιάζεται με μια πλάκα ισχυρώς μαγνητισμένη που αντικαθιστά σχεδόν κάθε άλλο μέσο συγκρατήσεως.

Η λείανση με ποτήρι και κατακόρυφο άξονα έχει μεγάλη απόδοση και συμφέρει ιδίως σε περιπτώσεις μεγάλης παραγωγής ομοίων κομματιών. Συχνά είναι οικονομικότερη και προτιμάται από το πλάνισμα ή φρεζάρισμα.

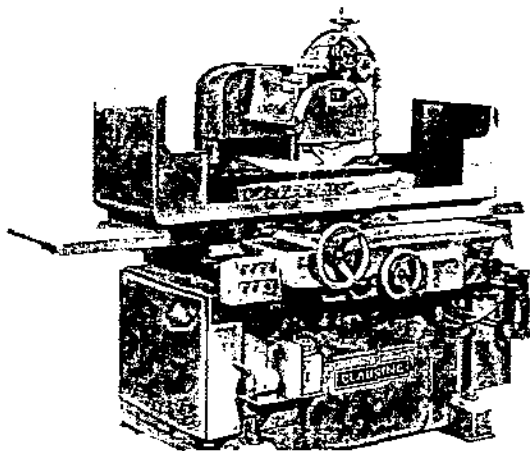
Σε στρογγυλό τραπέζι πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση κοντά στο κέντρο, γιατί εκεί η περιφερειακή ταχύτητα, με την οποία κινείται το κομμάτι ως προς τον τροχό, είναι πολύ μικρή.

Και στους τέσσερις τύπους μηχανών το βάθος κοπής (πάσο) **καθορίζεται πάντα με μετακίνηση του τροχού προς το κομμάτι.**

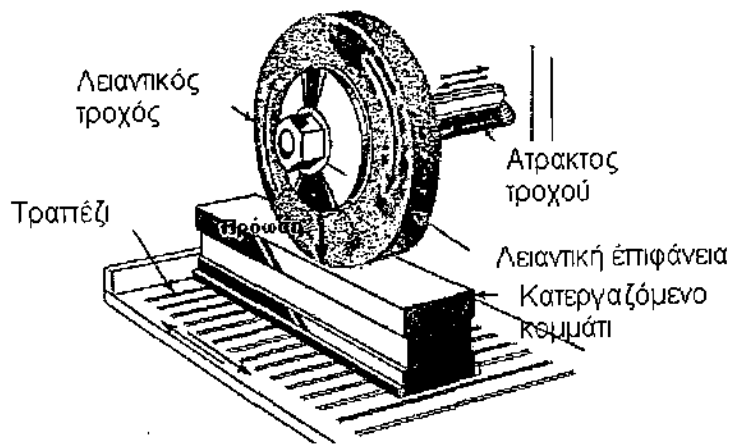
Οι μηχανές κατασκευάζονται έτσι, ώστε η μετακίνηση αυτή (κατέβασμα του τροχού) να είναι μικρομετρική, δηλαδή να επιτυγχάνεται με ακρίβεια εκατοστού του χιλιοστού.

Για χονδρική λείανση το βάθος κοπής μπορεί να φθάσει μέχρι 0,5 mm.

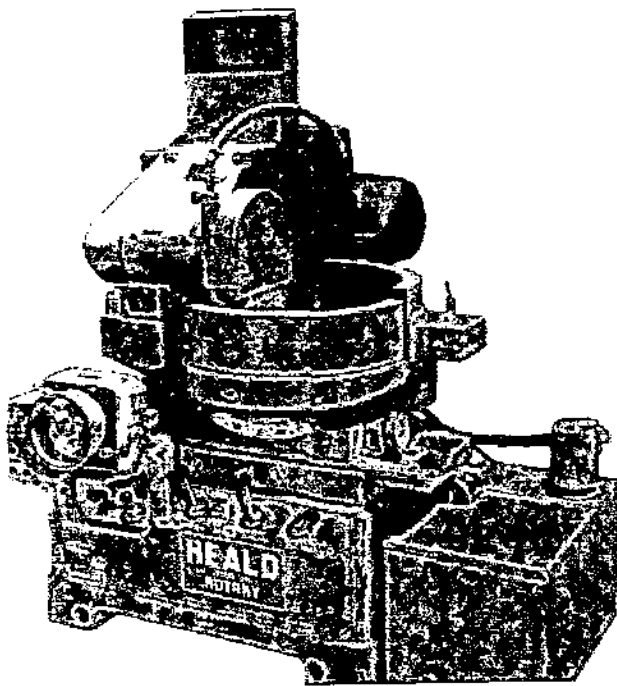
Για τελική λείανση το βάθος κοπής κυμαίνεται από 0,005 έως 0,05 mm.



Σχήμα 2.2 Λειαντική μηχανή επίπεδων επιφανειών με οριζόντια άτρακτο και παλινδρομικό τραπέζι.

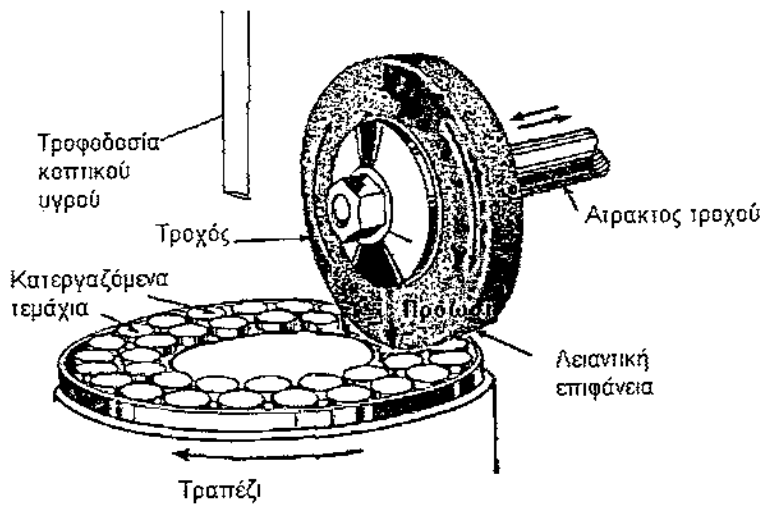


Σχήμα 2.3 Αρχή λειτουργίας μηχανών με οριζόντια άτρακτο και παλινδρομικό τραπέζι.

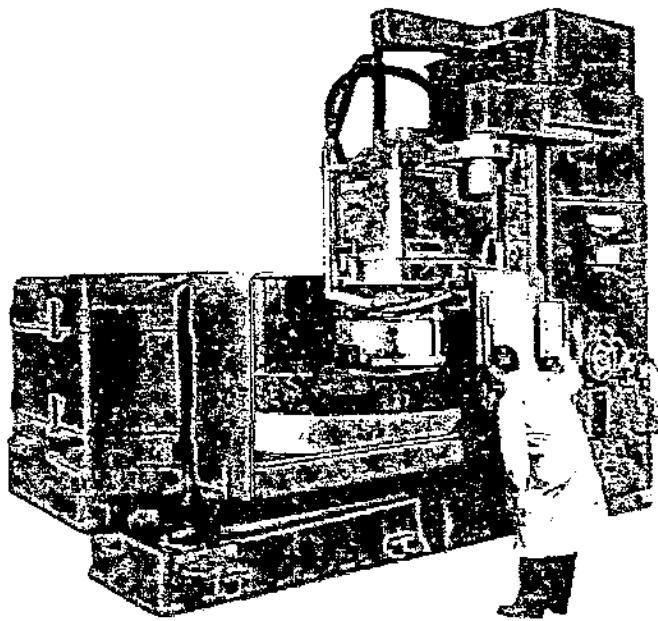


Σχήμα 2.4 Λειαντικό μηχάνημα επιπέδων επιφανειών με περιστρεφόμενο τραπέζι.

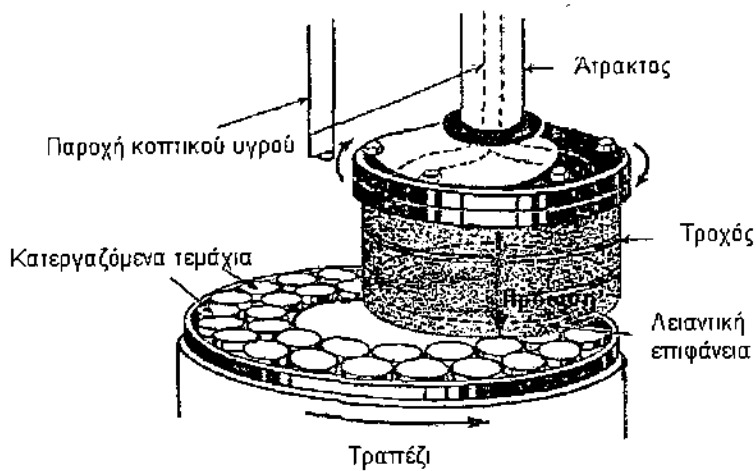




Σχήμα 2.5 Αρχή λειτουργίας μηχανών με οριζόντια άτρακτο και περιστρεφόμενο τραπέζι. Τα τεμάχια οδηγούνται σε ένα κυκλικό μονοπάτι κάτω από το περιστρεφόμενο λειαντικό τροχό.

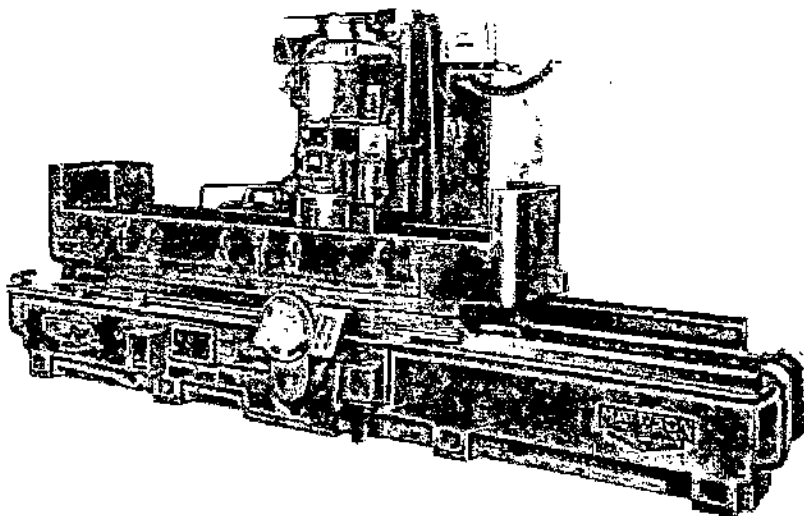


Σχήμα 2.6 Λειαντική μηχανή κατακόρυφου άξονα με περιστρεφόμενο τραπέζι

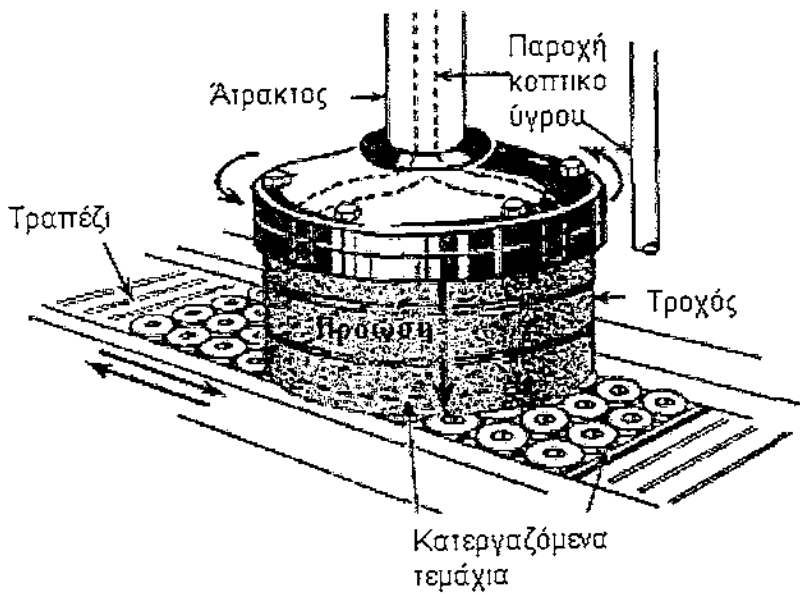


Σχήμα 2.7 Αρχή λειτουργίας μηχανών με κατακόρυφο άξονα και περιστρεφόμενο τραπέζι.

Τα κομμάτια συγκρατούνται πάνω σε περιστρεφόμενο μαγνητικό τραπέζι. Η λειαντική επιφάνεια η οποία είναι η πλευρά του τροχού παράγει χαμηλής ποιότητας κομμάτια. Αφού τα κομμάτια κινούνται σε αντίθετη φορά με το λειαντικό τροχό δημιουργούνται διασταυρώσεις τόξων στην επιφάνεια του κομματιού. Τέτοιου είδους μηχανές χρησιμοποιούνται για μεγάλη παραγωγή και όχι για ακριβείς λειάνσεις.



Σχήμα 2.8 Μηχανή με κατακόρυφο άξονα και παλινδρομικό τραπέζι



Σχήμα 2.9 Αρχή λειτουργίας μηχανών με κατακόρυφη άτρακτο και καλινδρομικό τραπέζι.

Είναι για παραγωγή και βαριές κατεργασίες λείανσης. Η ποιότητα των κομματιών δεν είναι τόσο καλή όσο όταν γίνεται με τη περιφέρεια του τροχού. Για το λόγο ότι η περιοχή επαφής είναι μεγαλύτερη μεταξύ τροχού και τεμαχίων, ο ρυθμός αφαίρεσης υλικού είναι μεγαλύτερος. Στις περισσότερες μηχανές αυτού του είδους η κεφαλή του τροχού θα πρέπει να παίρνει μία ελαφριά κλίση στο σημείο επαφής. Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερο βάθος κοπής.

#### Λειαντικές μηχανές κυλινδρικών επιφανειών.

Η κυλινδρική λείανση προσδιορίζεται ως η λείανση περιφερειών άκαμπτων και περιστρεφόμενων κομματιών. Χρησιμοποιείται για τη λείανση κυκλικών κομματιών για συγκεκριμένη ακρίβεια και επιθυμητή επιφάνεια. Αυτές οι μηχανές γενικά είναι για κομμάτια σκληρυμένα.

Οι λειαντικές μηχανές κυλινδρικών επιφανειών μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες:

- > Απλών κυλινδρικών κομματιών
- > Universal
- > Ειδικές λειαντικές μηχανές όπως αυτές που είναι για τη κατεργασία στροφαλοφόρων αξόνων και έγκεντρων.

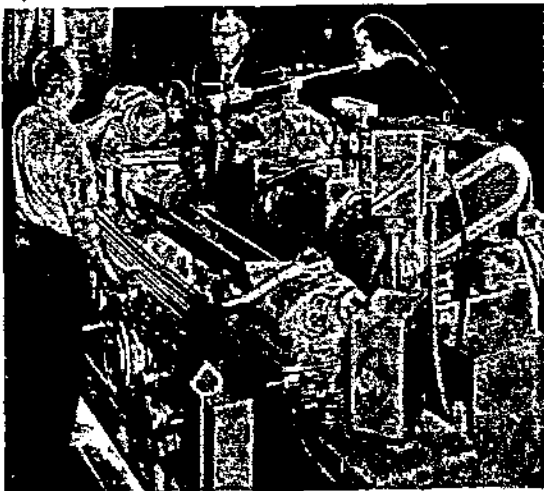
Έχουν τη δυνατότητα να πετύχουν ακρίβειες μέχρι και 0.002mm

Οι πρώτες χρησιμοποιούνται για απλές κυλινδρικές επιφάνειες, κωνικότητες, καμπυλότητες, αναβαθμίδες, υποκοπές. Η μηχανή αποτελείται από τη βάση, την

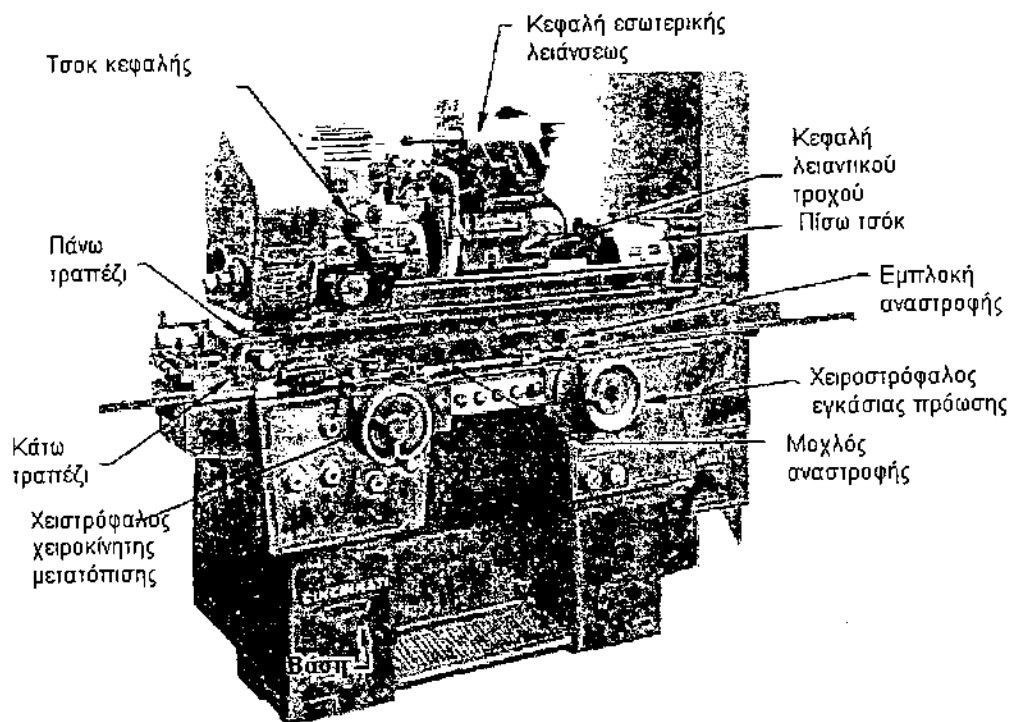
κεφαλή του τροχού, το τραπέζι, την κεφαλή του τσοκ και την πίσω κεφαλή συγκράτησης του τσοκ.

Η βάση είναι πολύ βαριά χυτή για να παρέχει ακαμψία σε όλη τη μηχανή. Στην κεφαλή του τροχού δένεται ο λειαντικός τροχός. Το τραπέζι αποτελείται από δύο μονάδες την πάνω και την κάτω όπου η πάνω είναι και αυτή που μετατοπίζεται οριζόντια με υδραυλική κίνηση, και το οποίο μπορεί να πάρει κλίση από  $10^\circ$  έως  $20^\circ$  (εξαρτάται από μηχανή σε μηχανή) για τη κατεργασία κώνων.

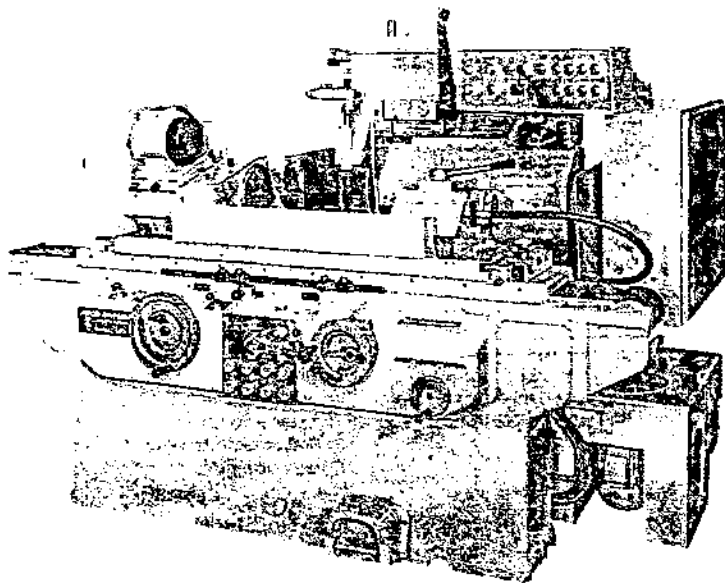
Οι μηχανές της δεύτερης κατηγορίας λόγω της προσαρμοστικότητας τους είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες στην βιομηχανία. Αυτές οι μηχανές έχουν σχεδιαστεί να εργάζονται για ποικίλες εξωτερικές κυλινδρικές λειαντικές διαδικασίες όπως να κατεργάζονται απλές κυλινδρικές επιφάνειες, κωνικότητες, καμπυλότητες, αναβαθμίδες, υποκοπές. Εσωτερικές λειαντικές διαδικασίες όπως κωνικές οπές, λειάνσεις προσώπων και συγκεκριμένες λειάνσεις κοπτικών εργαλείων μπορούν να εκτελεστούν σε ορισμένες universal μηχανές. Τα κύρια μέρη μιας τέτοιας μηχανής είναι η βάση που είναι χυτευμένη και περιέχει το μηχανισμό χειρισμού και την υδραυλική μονάδα, το τραπέζι που αποτελείται από δύο μονάδες τη πάνω και τη κάτω. Η πάνω μονάδα μπορεί να περιστραφεί για τη λείανση κώνων, μπορεί να μετατοπιστεί μηχανικά ή αυτόματα. Όταν λειτουργεί αυτόματα ελέγχεται από το μοχλό μετατόπισης και το άγκιστρο μετατόπισης τραπεζιού. Η κεφαλή του λειαντικού τροχού, στις περισσότερες universal μηχανές μπορεί να περιστραφεί κατά  $90^\circ$  για απότομες κωνικές επιφάνειες και λειάνσεις προσώπου. Η άτρακτος για εσωτερικές κυλινδρικές επιφάνειες είναι συνήθως τοποθετημένη πάνω από τη κεφαλή για της εξωτερικές. Η άτρακτος αυτή παίρνει κίνηση από ένα μίαντα και ένα ξεχωριστό κινητήρα. Υπάρχει το τσοκ κεφαλής και το πίσω τσοκ που δένεται το κομμάτι.



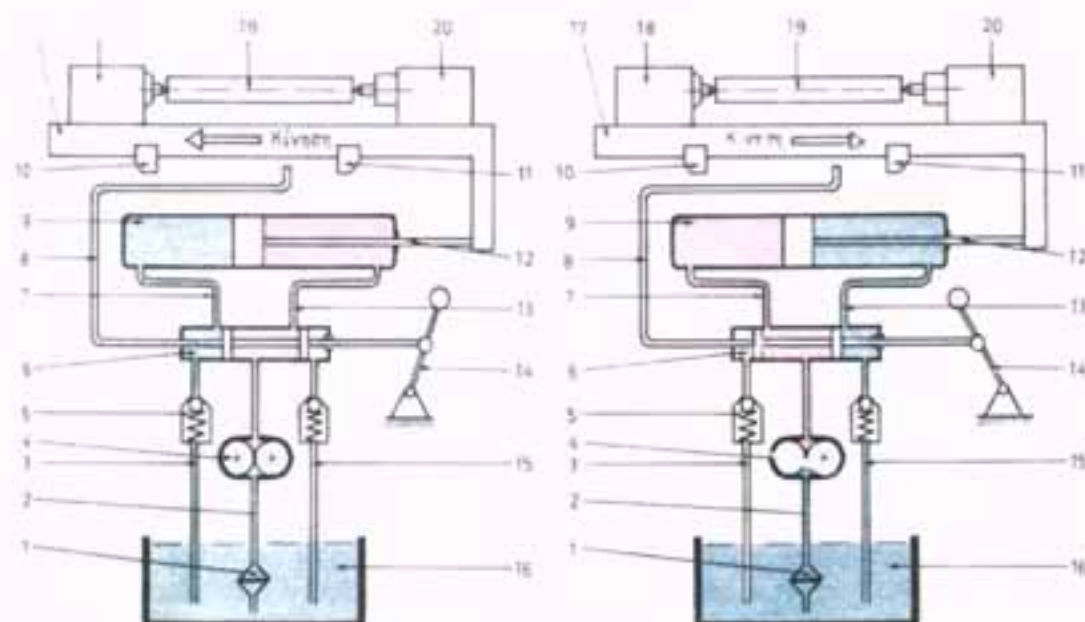
Σχήμα 2.10 Κυλινδρικές λειάνσεις



Σχήμα 2.11 Universal μηχανή και τα μέρη που την απαρτίζουν



Σχήμα 2.12 Λειαντική μηχανή εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών



Σχήμα 2.13 Σχηματική παράσταση υδραυλικού μηχανισμού για την παλινδρομική κίνηση του τραπέζιου. 1) Φίλτρο λαδιού. 2) Σωλήνας αναρροφήσεως. 3, 15) Σωλήνες επιστροφής. 4) Γραναζωτή αντλία. 5) Βαλβίδα αντεπιστροφής. 6) Υδραυλικός διανομέας. 7, 13) Αγωγοί. 8) Μοχλός αλλαγής πορείας. 9) Υδραυλικός κύλινδρος. 10, 11) Ρυθμιζόμενοι προκρουστήρες αλλαγής πορείας. 12) Βάκτρο και έμβολο. 14) Μοχλός χειροκινήσεως. 16) Δοχείο λαδιού. 17) Τραπέζι που παλινδρομεί σε γλισιέρες. 18) Μηχανισμός συγκρατήσεως και περιστροφής του κομματιού. 19) Κομμάτι. 20) Κεντροφορέας.

#### Παρελκόμενα για κυλινδρικές κατεργασίες

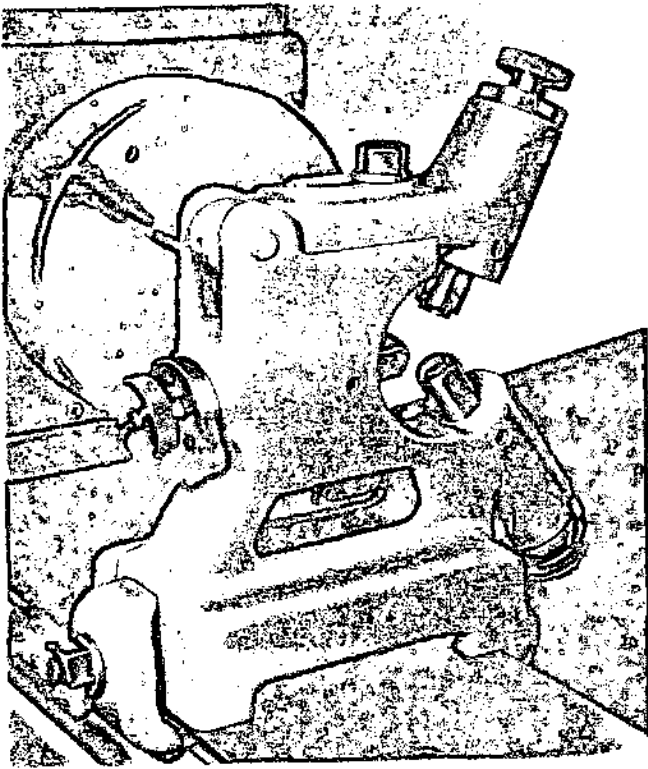
Όπως και στις άλλες μηχανές κατεργασίας έτσι εδώ υπάρχουν κάποια παρελκόμενα τα οποία βοηθούν τη κατεργασία των κομματιών. Αυτά είναι:

Σταθερό καβαλέτο στήριξης. Χρησιμοποιείται για τη στήριξη μεγάλου μήκους κομματιών. Αυτό εμποδίζει το να προκαλούνται ταλαντώσεις και μειώνεται η πιθανότητα δημιουργία κτύπων κατά τη λείανση. Σχήμα 2.14

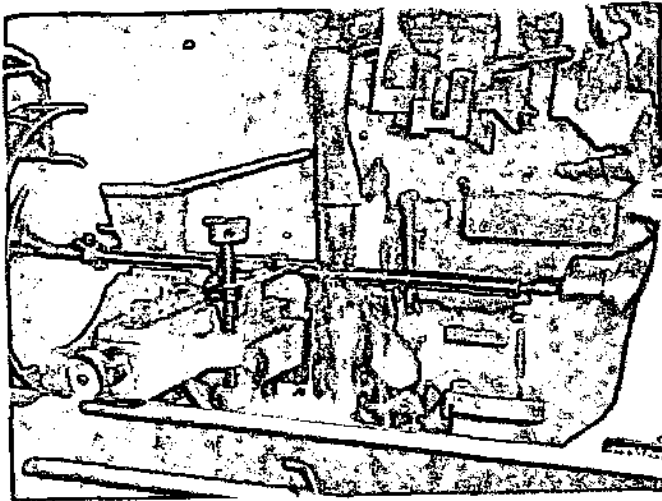
Universal καβαλέτα στήριξης. Τοποθετούνται στο τραπέζι για να στηρίξουν το κομμάτι σε ένα ή περισσότερα σημεία, σχήμα 2.15. Αποτρέπει κατά την εργασία να αναπηδήσει το κομμάτι από το τροχό. Τοποθετούνται κατά μήκος του τραπέζιου σε αποστάσεις 6 έως 10 φορές τη διάμετρο του κομματιού. Θα πρέπει τα μάγουλα του τσοκ να είναι ρυθμιζόμενα καλά ώστε να μην έχουμε ως αποτέλεσμα ακόμη και το σπάσιμο του τροχού.

Εξάρτημα κυκλικού ακονίσματος. Έχει ένα διαμάντι τοποθετημένο σε ένα βραχίονα ο οποίος μπορεί να περιστραφεί κατά  $90^\circ$  ως προς το κεντρικό άξονα για να κατασκευάζονται κοιλότητες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν κοινό ακονιστήρι για το πρόσωπο το τροχού. Σχήμα 2.16

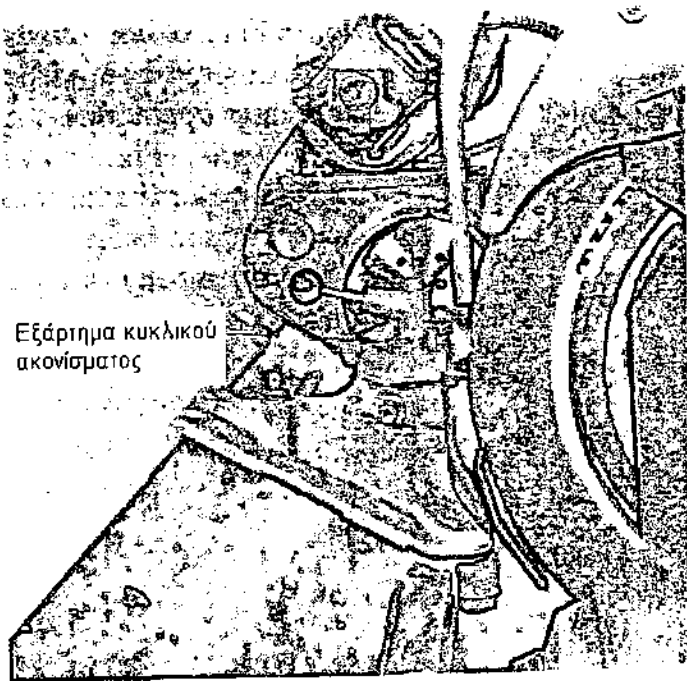
Γωνιακό ακονιστήρι. Τοποθετείται στο τραπέζι και είναι για το άνοιγμα γωνιών. Μπορεί και περιστρέφεται για  $360^\circ$  και παράγει οποιαδήποτε επιθυμητή γωνία χωρίς τη περιστροφή της κεφαλής του τροχού. Σχήμα 2.17



Σχήμα 2.14 .Σταθερό καβαλέτο στήριξης

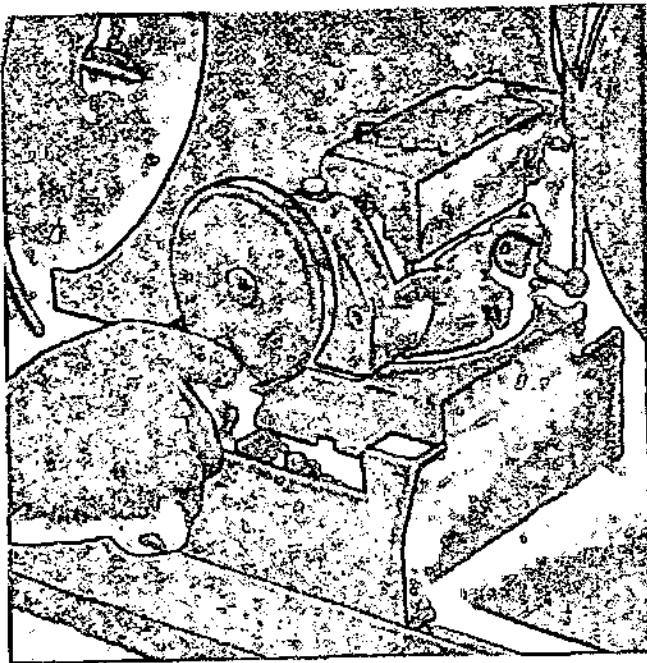


Σχήμα 2.15 Universal καβαλέτο στήριξης



Εξάρτημα κυκλικού  
ακονίσματος

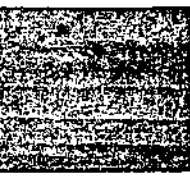
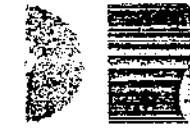

Σχήμα 2.16 Εξάρτημα κυκλικού ακονίσματος


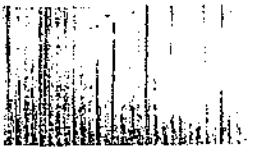



Σχήμα 2.17 Γωνιακό ακονιστήρι



Προβλήματα στην κυλινδρική λείανση

Σφάλματα	Αιτία	Προτάσεις
<p>Ίχνη κραδασμών. Μη συνεχής επαφή του τροχού με το κομμάτι.</p> 	Πολύ σκληρός τροχός	Χρησιμοποιήστε μαλακότερο τροχό. Αύξηση της ταχύτητας κατεργασίας. Μείωση της ταχύτητας του τροχού. Χρησιμοποίηση μικρότερου τροχού. Συμπλήρωση περισσότερου μίγματος στο κοπτικό υγρό.
	Μεγάλο βάθος κοπής	Μικρότερο βάθος κοπής. Χρησιμοποίηση σωστού και σωστά τοποθετημένου καβαλέτου.
	Εμφανίζεται λυγισμός στο κομμάτι.	Χρησιμοποίηση σωστού και σωστά τοποθετημένου καβαλέτου.
	Εξωτερικές δονήσεις μεταφέρονται στη μηχανή	Απομόνωση της μηχανής με τη χρησιμοποίηση ελαστικών στα πόδια.
	Εσωτερικοί κραδασμοί	Ενεργοποίηση διαφόρων μηχανικών μονάδων εξαρτημάτων (υδραυλικό σύστημα, μιάντες, αντλίες, άτρακτος) για την εντόπιση του προβλήματος.
<p>Μικρά σημάδια (η πίεση επαφής μεταξύ του κομματιού και του τροχού αυξομειώνεται)</p> 	Δονήσεις από τους οδηγούς μιάντες.	Ρύθμιση μιάντων.
	Δονήσεις από άλλα μηχανικά μέρη.	Έλεγχος για δονήσεις και χρησιμοποίηση ελαστικών ποδιών για απομόνωση.
	Δονήσεις μηχανής.	Έλεγχος όλων των μηχανικών μερών (υδραυλική μονάδα, κινητήρας, μιάντας και αντλίες) Εντοπισμός του προβλήματος.
	Λάθος επιλογής ταχύτητας.	Αλλαγή ορθής ταχύτητας.
<p>Μεγάλα σημάδια (σημάδια σε μεγαλύτερο πλάτος)</p> 	Αζυγοστάθμιστος τροχός.	Τραχύ άνοιγμα του τροχού με τα αντίβαρα ζυγοσταθμίσεως αφαιρεμένα ή τοποθετημένα αντιδιαμετρικά. Ζυγοστάθμιση και αναγέννηση του τροχού ξανά.
	Το κέντρο πέσεως πολύ σφιχτό.	Προσαρμογή.
	Ο τροχός σταματάει χωρίς διακοπή παροχής ψυκτικού.	Κλείσιμο του κοπτικού υγρού πριν σταματήσει ο τροχός.
	Ο τροχός εμποτίζεται με λάδι από τη μία πλευρά.	Δεν χρησιμοποιείται.
	Ο τροχός έχει απορροφήσει υγρασία και είναι εκτός ισορροπίας.	Αποθήκευση των τροχών σε βάση. Απομόνωση από το πάτωμα.
<p>Στίγματα (πυκνές συνδεδεμένες γραμμές)</p>	Τροχός εκτός ισορροπίας.	Τραχύ άνοιγμα του τροχού με τα αντίβαρα ζυγοσταθμίσεως αφαιρεμένα ή τοποθετημένα αντιδιαμετρικά. Ζυγοστάθμιση και αναγέννηση του τροχού ξανά.
	Ο τροχός σταματάει χωρίς διακοπή παροχής ψυκτικού.	Κλείσιμο του κοπτικού υγρού πριν σταματήσει ο τροχός.
	Ο τροχός εμποτίζεται με λάδι από τη μία πλευρά.	Δεν χρησιμοποιείται.
	Ο τροχός έχει απορροφήσει υγρασία και είναι εκτός ισορροπίας.	Αποθήκευση των τροχών σε βάση. Απομόνωση από το πάτωμα.
	Κηλίδες γράσου ή λάδι στην επιφάνεια.	Αφαίρεση με αναγέννηση (άνοιγμα)
	Μεγάλες κηλίδες στην επιφάνεια του τροχού (οι οποίες εμφανίζονται σαν λεκέδες στην επιφάνεια)	1/2'' αναγέννηση ή περισσότερο. Εάν οι κηλίδες δεν εξαφανίζονται αφαιρείται ο τροχός.
	Μόλυβδος ή άλλο μαλακό υλικό στομώνει την επιφάνεια του τροχού.	Αναγέννηση του τροχού για αφαίρεση.

Σφάλματα	Αιτία	Προτάσεις
Στίγματα (πυκνές συνδεδεμένες γραμμές)	Απόβλητα ή άλλα υλικά στομώνουν την επιφάνεια του τροχού.	Καθαρισμός της ψυκτικής δεξαμενής και χρησιμοποίηση φίλτρου.
"λινάτσα" αποπεράτωση (μοιάζει με λινάτσα)	Χαλαρή κοπτική ακμή του διαμαντιού.	Δέσιμο του διαμαντιού ανοίγματος σωστά (ασφαλής)
	Δόνηση του στηρίγματος του εργαλείου διαμαντιού.	Ασφαλές δέσιμο. Εάν η μανέλα του διαμαντιού δονείται, απαιτείται σφίξιμο.
	Ανώμαλη αναγέννηση.	
Γραμμές αναγέννησης διαμαντιού. (ελικοειδής γραμμές αναγέννησης στον τροχό μεταφέρονται στο τεμάχιο)	Διαμάντι αρκετά κοφτερό.	Χρησιμοποίηση ενός μη αιχμηρού διαμαντιού. Χρησιμοποίηση εργαλείου πολλαπλών κοπτικών ακμών.
	Γρήγορο πάσο κατά την αναγέννηση.	Έλεγχος ότι ο τροχός δεν περιστρέφεται αργά. Μετατόπιση κατά 0.17 mm ανά στροφή του κοπτικού τροχού.
	Αρκετά σκληρός τροχός	Χρησιμοποίηση ενός μαλακότερου τροχού. Χρησιμοποίηση μικρότερου τροχού (της ίδιας σκληρότητας)
Γραμμές πρόωσης	Λάθος τύπος τροχού για την εργασία	Αλλαγή κατάλληλου τύπου.
	Τροχός μη σωστά αναγεννημένος.	Αναγέννηση τροχού, και δημιουργία ραβδίου στις άκρες του τροχού.
	Ακατάλληλος έλεγχος της μετατόπισης ή της ταχύτητας κατά την αποπεράτωση.	Αλλαγή της ταχύτητας του κομματιού. Η ταχύτητα του τροχού θα πρέπει να αλλαχθεί.
	Λανθασμένη παροχή κοπτικού υγρού κατά την αναγέννηση.	Διατήρηση της ροής του κοπτικού υγρού κατά την αναγέννηση της επιφάνειας του κοπτικού τροχού.
	Το κομμάτι πιέζεται πάνω από το κέντρο του καβαλέτου.	Σωστή ρύθμιση των καβαλέτων
	Μη ευθυγραμμισμένα κέντρα. Φθαρμένο τραπέζι.	Σωστή ευθυγράμμιση.
	Φθορά κέντρων. ανομοιόμορφες οπές κέντρων.	Επιδιόρθωση κέντρων. Ευθυγράμμιση κέντρων λείανσης.
Σημάδια που οφείλονται από την κίνηση από και προς τον τροχό καθώς μετατοπίζεται.	Αρκετή λίπανση στα σημεία "V" του τραπεζιού.	Ρύθμιση της ροής του λαδιού. Αλλαγή με κάποιο πιο ελαφρύ.
	Χαλαρό κέντρο του κομματιού.	Έλεγχος του σφίξιματος του κέντρου.
	Τα κέντρα δεν ταιριάζουν κατάλληλα στους ατράκτους.	Έλεγχος κέντρων με την άτρακτο. Επαναλείανση αν είναι πιθανό.
	Χαλαρό σφίξιμο κομματιού	Σφίξιμο της κεφαλής και λείανση του κομματιού.
Καψίματα και ρωγμές στην επιφάνεια	Αρκετά σκληρός τροχός	Χρησιμοποίηση μαλακότερου τροχού ή μικρότερης διαμέτρου με την ίδια σκληρότητα
	Πυκνή δομή του τροχού	Αλλαγή σε ανοικτότερο τροχό.
	Λάθος συνδετικό υλικού του τροχού.	Αλλαγή τροχού με σωστό συνδετικό υλικό, ύστερα από αναφορά στο προμηθευτή

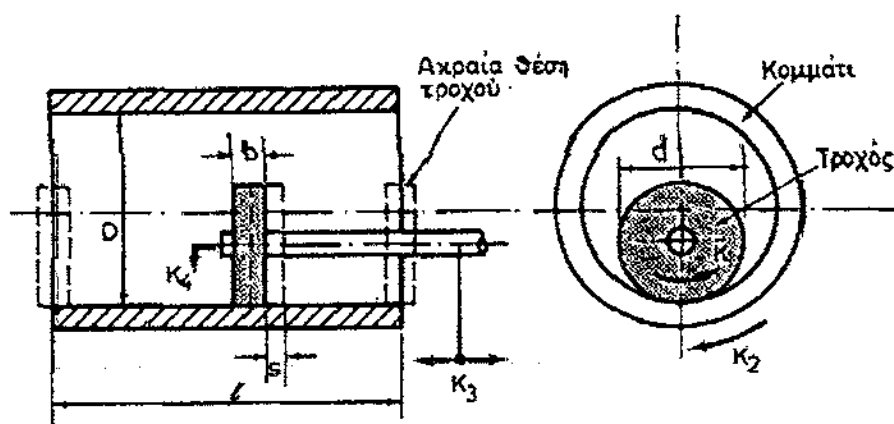
Σφάλματα	Αιτία	Προτάσεις
Καψίματα και ραγιές στην επιφάνεια	Μεγάλη ταχύτητα του τροχού	Έλεγχος για την ορθή ταχύτητα και μείωση αυτής αν απαιτείται .Χρησιμοποίηση μικρότερου τροχού.
	Το τεμάχιο περιστρέφεται με μικρή ταχύτητα	Αύξηση της ταχύτητας . Μείωση του ρυθμού προώσεως .
	Μεγάλος βάθος κοπής .	Χρησιμοποίηση πολλών περασμάτων . Χρησιμοποίηση ανοικτότερου τροχού για μεγάλα βάθη κοπής .
	Μη επαρκείς κοπτικό υγρό .	Έλεγχος για τη ποσότητα του κοπτικού .Έλεγχος για βουλωμένα σωληνάκια και υπερβολική διάβρωση της αντλίας.
	Το ακροφύσιο δεν καθοδηγεί το κοπτικό υγρό .	Ρύθμιση ή αλλαγή του ακροφυσίου.
	Λάθος κοπτικό υγρό .	Επιλογή σωστού κοπτικού υγρού .
	Μη σωστή αναγέννηση του κοπτικού τροχού .	Χρησιμοποίηση αιχμηρού Διαμαντιού . Χρησιμοποίηση μετατόπιση του τραπέζιου κατά 0,2mm αν στροφή .
Εκτός τροχιάς το κομμάτι . Εκκενρότητα.	Οι κεντρότρυπες του κομματιού είναι αχρηστεμένες	Ανοιγμα και λείανση των κεντρότρυπων .
	Το κομμάτι χαλάρωσε στα κέντρα	Ρύθμιση των κέντρων (σιαγόνες )
	Χαλαρά κέντρα .	Καθάρισμα και ξανά ταιρίασμα
	Τα κέντρα της μηχανής καταστράφηκαν ή φθάρθηκαν .	Επαναλείανση των κέντρων
	Χαλαρές σφήνες στους εγκάρσιους ολισθητήρες .	Ρύθμιση των σφηνών.

### Λειαντικά μηχανήματα εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών.

Τα λειαντικά μηχανήματα εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών ανήκουν σε κάποιο από τους παρακάτω τύπους:

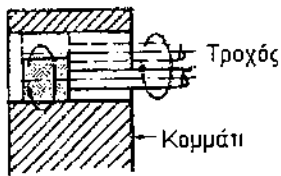
Μηχανήματα στα οποία το κομμάτι δένεται με περιστρεφόμενο τσοκ, ενώ ο τροχός περιστρέφεται και ταυτόχρονα κινείται κατά μήκος μέσα στο κομμάτι (σχ. 2.18).

Μηχανήματα στα οποία ο τροχός εκτός από την περιστροφική έχει και μια πλανητική κίνηση. Ο άξονας περιστροφής του τροχού σ' αυτά γυρίζει κι αυτός γύρω από το νοητό άξονα της οπής του κομματιού (σχ. 2.19). Με τον τρόπο αυτό το κομμάτι παραμένει σταθερό. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε λείανση κομματιών που είναι πολύ βαριά και μεγάλα ή που η μορφή τους δεν επιτρέπει την εύκολη συγκράτηση και περιστροφή με την αναγκαία ασφάλεια. Επειδή ο τροχός δουλεύει σε πρόβολο, υπάρχει ελαστικότητα που επηρεάζει την ακρίβεια. Για το λόγο αυτό συνιστάται η σχέση διαμέτρου κυλίνδρου προς μήκος λείανσεως, να μην ξεπερνά το 1:7. Επίσης συνιστάται η διάμετρος του τροχού να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερη, δηλαδή να αποτελεί τα 3/4 έως τα 4/5 της διαμέτρου του κυλίνδρου που θα λειανθεί.

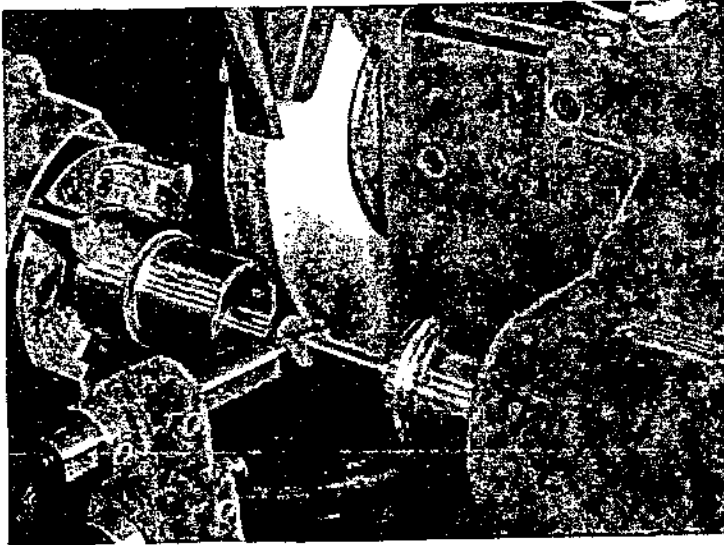


- $K_1$  = Κύρια κίνηση λειαντικού τροχού.
- $K_2$  = Κίνηση κομματιού.
- $K_3$  = Παλινδρομική κίνηση τροχού.
- $K_4$  = Κίνηση για το βάθος κοπής.

Σχήμα 2.18 Λείανση εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών με περιστρεφόμενο τροχό και περιστρεφόμενο κομμάτι.



Σχήμα 2.19 Εσωτερική λείανση με περιστροφή και πλανητική κίνηση του τροχού

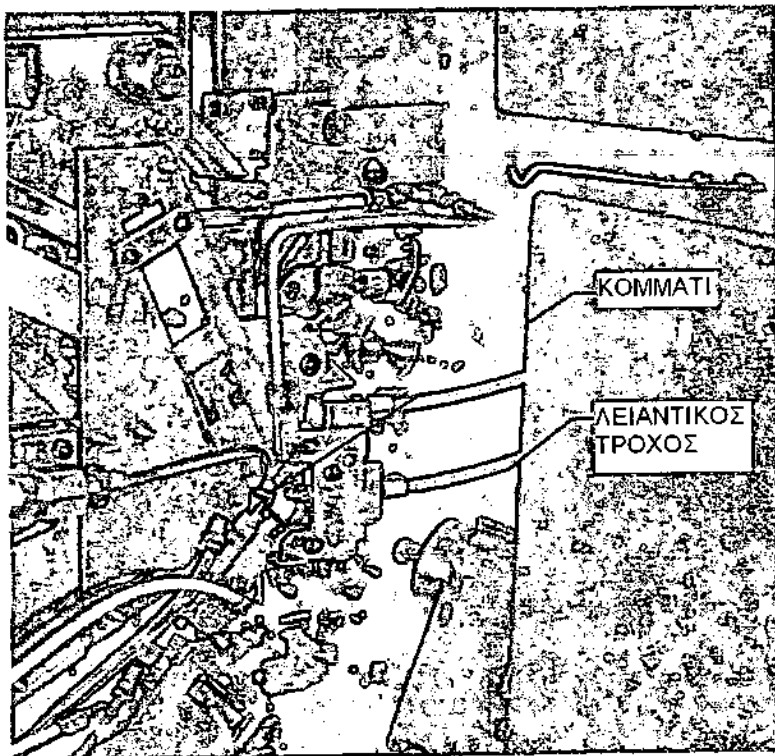


Σχήμα 2.20 Universal τύποι λειαντικών μηχανών μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για εσωτερικές κυλινδρικές λειάνσεις .

Αυτοί οι τύποι μηχανών μπορούν και χρησιμοποιούν ένα παρελκόμενο εσωτερικής λείανσης. Το κομμάτι συγκρατείται στο τσόκ και περιστρέφεται. Το τραπέζι παλινδρομεί μετατοπίζοντας το κομμάτι εγκάρσια του περιστρεφόμενου τροχού, ο οποίος είναι σε σταθερή θέση. Είτε ευθύγραμμες ή κωνικές σπές μπορούν να καταργαστούν αφού ο τροχός μπορεί να πάρει γωνιακή κλίση ως προς τον άξονα προς κάθε πλευρά της αξονικής του κομματιού.



Σχήμα 2.21 Εσωτερική μηχανή έκκεντρης λείανσης



Σχήμα 2.22 Το κομμάτι περιστρέφεται αλλά δεν μετατοπίζεται.

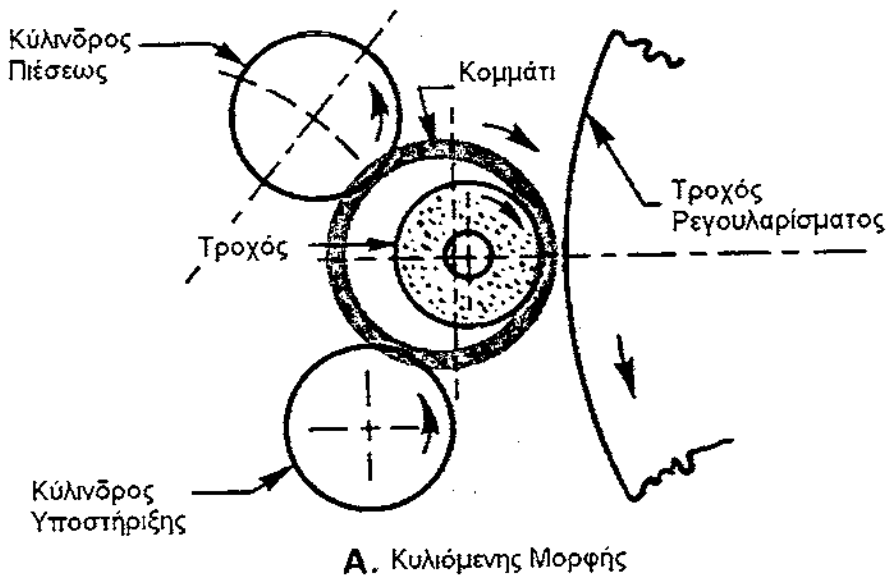
Αυτού του είδους οι μηχανές είναι βασικά μηχανές παραγωγής που χρησιμοποιούνται για την λείανση ομόκεντρων οπών που έχουν ήδη υποστεί στην εξωτερική τους διάμετρο λειαντική κατεργασία ή ακριβή μηχανούργηση. Το κομμάτι συγκρατείται αλλά δεν μετατοπίζεται. Διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

- α. Κυλιόμενης μορφής
- β. Σταθερής μορφής (Σιαγόνων)

**α. Οι κυλιόμενης μορφής μηχανές αποτελούνται από τρεις κυλίνδρους :**

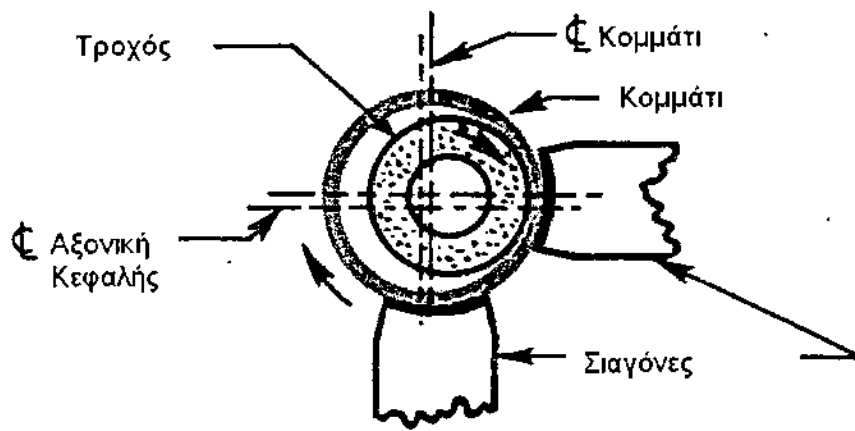
Ο ένας είναι ο ρεγουλατόρος, ο οποίος οδηγεί το κομμάτι και σταθεροποιεί την ταχύτητά του, ο άλλος είναι ένας κύλινδρος υποστήριξης και ο τρίτος ο κύλινδρος πίεσεως, οποίος έχει την ιδιότητα να συγκρατεί το κομμάτι σε επαφή με τους άλλους δυο κυλίνδρους.

Ο ρεγουλατόρος και ο κύλινδρος υποστήριξης έχουν σταθερούς άξονες, έτσι με αυτό τον τρόπο παρέχουν ακαμψία και ακριβή θέση στο κατεργαζόμενο κομμάτι. Το κομμάτι περιστρέφεται αλλά παραμένει σε σταθερή θέση, καθώς ο τροχός μετατοπίζεται μέσα - έξω στην προς κατεργασία οπή. Οι κυλιόμενου τύπου μηχανές επιτρέπουν παραμόρφωση και ελεύθερη λείανση στα κομμάτια με μικρό πάχος τοιχώματος.



Σχήμα 2.23 Αρχή λειτουργίας μηχανών κυλιόμενης μορφής

**β. Οι σταθερής μορφής μηχανές** διατηρούν την αρχή της έκκεντρης λείανσης αλλά χρησιμοποιούν δυο σκληρά στηρίγματα για υποστήριξη και σταθεροποίηση αντί για κυλίνδρους. Το κομμάτι περιστρέφεται από μία κεφαλή. Μια αρκετά καλή ομοαξονικότητα μεταξύ της οπής (εσωτερική διάμετρος) και της εξωτερικής διαμέτρου έχει ως αποτέλεσμα ομοιογενές πάχος και υψηλής επιφάνεια αποπεράτωσης με τις μηχανές σιαγόνων. Παρακάτω στο σχήμα 2.24 φαίνεται η αρχή λειτουργίας των μηχανών με σταθερές σιαγόνες.

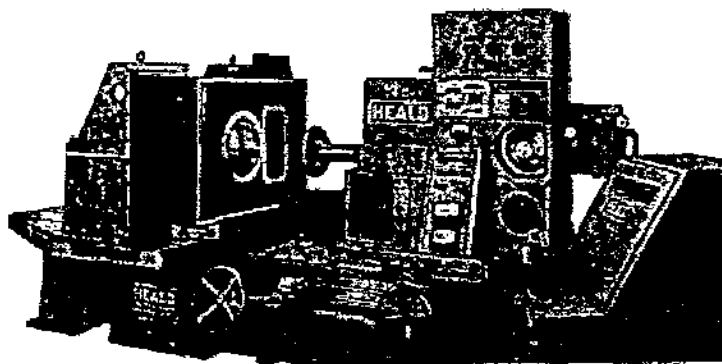


Β. Σταθερής Μορφής (Σιαγόνων)

Σχήμα 2.24 Αρχή λειτουργίας μηχανών σταθερής μορφής .

### Πλανητικές Μηχανές Εσωτερικής Λείανσης

Οι πλανητικές μηχανές εσωτερικής λείανσης είναι κατασκευασμένες να λειαίνουν εσωτερικές διαμέτρους, εξωτερικές διαμέτρους και πρόσωπα των κομματιών που λόγω του μεγάλου μεγέθους, σχήματος και της κατανομής βάρους είναι πολύ δύσκολο να περιστραφούν. Το κομμάτι τοποθετείται και συγκρατείται σε σταθερή θέση. Ο λειαντικός τροχός περιστρέφεται και κάνει επίσης μία περιστροφική κίνηση (πλανητική) με την οποία αυτή κίνηση ακολουθεί περιμετρικά το τοίχωμα του κυλίνδρου που πρόκειται να λειανθεί. Αυτό ολοκληρώνεται από τη μεταφορά του λειαντικού άξονα σε δύο έγκεντρα, το ένα μέσα στο άλλο. Τα δυο αυτά έγκεντρα μπορούν να προσαρμόσουν την αύξηση ή την μείωση της τροχιακής ακτίνας του λειαντικού άξονα.



Η πλανητική διαδρομή του άξονα του τροχού γύρω από το κύριο άξονα περιστροφής .Μικρή ταχύτητα περιστροφής



Άξονας του λειαντικού τροχού .Υψηλή ταχύτητα περιστροφής

Σχήμα 2.25 Πλανητική Μηχανή Εσωτερικής λείανσης



### Λείανση εσωτερικής παράλληλης διαμέτρου.

Αν και μερικά από τα προβλήματα που περιλαμβάνονται με την εσωτερική λείανση είναι κοινά για την εξωτερική λείανση, υπάρχουν κάποια που απαιτούν πρόσθετη προσοχή και εκτίμηση:

- μέθοδος εργασίας
- απαιτήσεις εργασίας
- επιλογή και οργάνωση τροχών λείανσης
- χαρακτηριστικά κομματιών προς κατεργασία
- ταχύτητα τροχών και εργασίας
- αφαίρεση υλικού
- συνθήκες μηχανής
- χρήση του ψυκτικού μέσου

### Απαιτήσεις εργασίας

Για να λειανθεί ένα κομμάτι αποτελεσματικά, είναι σημαντικό ότι πρέπει να αφήνεται για τη λείανση μικρό ποσό υλικού προς αφαίρεση. Οι τρύπες που είναι μηχανουργημένες τραχιές, εκτός κυκλικότητας, ή μη παράλληλες με τον άξονα της περιστροφής παίρνουν περισσότερο στη λείανση σε σχέση με μία επεξεργασμένη με ακρίβεια τρύπα. Τα κομμάτια προς κατεργασία με μεγάλου μήκους τρύπες ή εκείνες με λεπτά τοιχώματα απαιτούν το πρόσθετο απόθεμα για τη λείανση λόγω της πιθανής στρέβλωσης κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας με θερμότητα.

### Χαρακτηριστικά κομματιών προς κατεργασία

Ο τύπος υλικού που λειαινείται και η σκληρότητα του έχουν επιπτώσεις στην επιλογή του μέγεθος των κόκκων και τη σκληρότητα του τροχού. Όσο το υλικό γίνεται ολοένα πιο σκληρό, γίνεται χρήση λεπτότερου κόκκου και σε πολλές περιπτώσεις σε έναν ελαφρώς σκληρότερο τροχό. Η εσωτερικότερη λείανση γίνεται με τροχό 80 και λεπτότερους. Ο πίνακας 2.26 δίνει τα συνιστώμενα μεγέθη και τους βαθμούς κόκκων για τις εσωτερικές διαδικασίες λείανσης.

Πίνακας 2.26

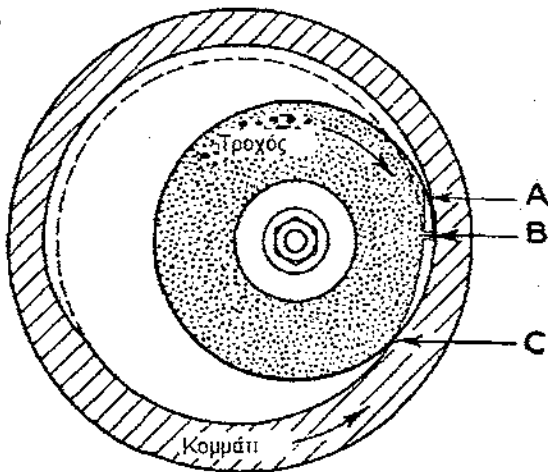
Μέγεθος κόκκων	Χρήση	Βαθμός
60	Toolroom και γενικές - εργασίες	
70	Υλικό RC 50-60	I, J, K
80		
90	Λείανση παραγωγής	
100	Υλικό RC 58-64	L, M
120		
150	Μικρότεροι τροχοί	
180	2,5mm –12,5mm διάμετρος	M-Q
220	Τοποθετημένοι με ακρίβεια τροχοί	
240	Μικροσκοπικοί τοποθετημένοι τροχοί	
280	2,5mm διάμετρος και μικρότερη	Q-T

### Ταχύτητα τροχού και κομματιού

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί είναι η σχέση μεταξύ των ταχυτήτων του τροχού και κατεργαζόμενου κομματιού. Οι περισσότερες εσωτερικές διαδικασίες λείανσης απαιτούν μια ταχύτητα 5.000 έως 6.000rpm για να αφαιρέσουν το μέταλλο αποτελεσματικά.

Όσο αυξάνεται η ταχύτητα εργασίας αυξάνεται το φορτίο στο τροχό και συνεπώς, η φθορά του τροχού είναι μεγαλύτερη. Επομένως, ένας σκληρότερος τροχός πρέπει να χρησιμοποιηθεί εάν η ταχύτητα εργασίας αυξάνεται ή εάν το μέγεθος της τρύπας αυξάνεται πολύ. Εάν η ταχύτητα του τροχού αυξάνεται, ένας μαλακότερος τροχός μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Εάν χρησιμοποιείται πάρα πολύ υψηλή ταχύτητα τροχού, εμφανίζεται σκληρότερη δράση λείανσης και αύξηση της πιθανότητας θραύσης. Για καλύτερα αποτελέσματα, ο τροχός χρησιμοποιείται όπως κοντά στη συνιστώμενη ταχύτητα όπως πιθανώς και η ταχύτητα εργασίας ρυθμίζεται για να ελέγξει την τέμνουσα δράση του τροχού.

Η δράση του τροχού και η σχέση της ταχύτητας του τροχού και κομματιού παρουσιάζονται στο σχέδιο 2.27. Ο αιχμηρός λειαντικός κόκκος του τροχού αρχίζει να κόβει στο σημείο A. Ενώ ο κόκκος περιστρέφεται από το σημείο A στο C, το σημείο C στο κομμάτι περιστρέφεται μόνο ως το B λόγω της πιο αργής ταχύτητάς του. Ο κόκκος αναγκάζεται να εισχωρήσει στο κομμάτι και να αφαιρέσει γρέζι. Το μέγεθος του αποβλήτου μπορεί να αυξηθεί με την αύξηση της ταχύτητας εργασίας, της διαμέτρου του τροχού, ή του ρυθμού του πάσου(πέρασμα). Επειδή είναι εύκολο να αλλαχτούν, η ταχύτητα και ο ρυθμός των περασμάτων χρησιμοποιούνται γενικά για να ελέγξουν τη δράση των τροχών.



Σχήμα 2.27 Η λειτουργία της αφαίρεσης υλικού στην εσωτερική λείανση .

### *Λειαντικό μηχάνημα για κοπτικά εργαλεία.*

Το μηχάνημα αυτό είναι γενικής χρήσεως (Universal) και προσφέρει μεγάλη εξυπηρέτηση ακόμη και σε μηχανουργεία με μικρό αριθμό εργαλειομηχανών, γιατί σ' αυτό ακονίζονται και συνεπώς αξιοποιούνται όλα τα κοπτικά εργαλεία όλων των ειδών, για φρεζομηχανές, τόνους, δράπανα, πλάνες, γραναζοκόπτες κ.λ.π.

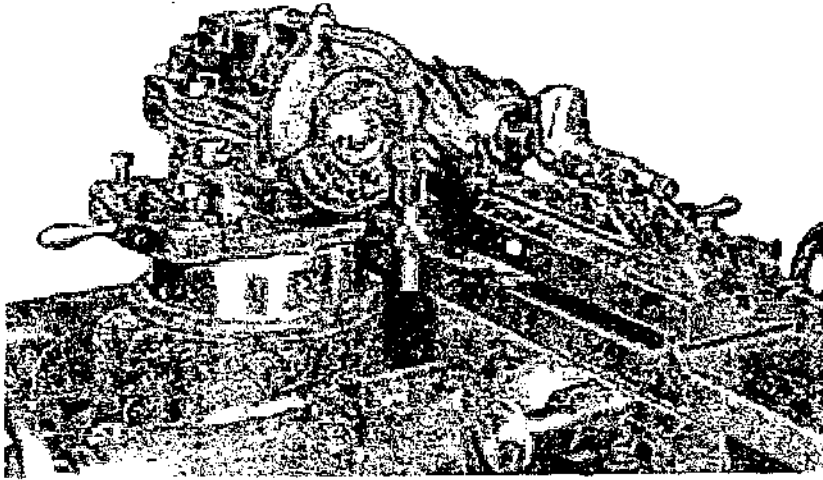
Το τροχιστικά εργαλείων έχουν τη δυνατότητα να κάνουν όλες τις κατεργασίες, που απαιτούνται για το ακόνισμα εργαλείων κοπής, με την τοποθέτηση τροχού οποιασδήποτε μορφής και σχήματος. Το κοπτικό εργαλείο που θα τοποθετηθεί και συγκρατηθεί στο μηχάνημα, μπορεί να παίρνει οποιαδήποτε γωνία ως προς το λειαντικό τροχό που θα τροχίσει. Ο άξονας του τροχού είναι οριζόντιος και μπορεί να στρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα και να σταθεροποιείται σε διάφορες θέσεις.

Στα σχήματα 2.28, 2.29 και 2.30 παρουσιάζονται διάφορες περιπτώσεις για το ακόνισμα κοπτικών εργαλείων φρεζομηχανών με τη μηχανή γενικής χρήσεως.

Από το σύνολο των εργασιών που γίνονται στο παραπάνω μηχάνημα επισημαίνουμε δύο αξιοσημείωτες περιπτώσεις ακονίσματος φρεζών, που αναφέρονται στο πώς πρέπει να τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο, για να δοθούν στα κοπτικά δόντια μια ορισμένη γωνία αποβλήτου  $\gamma$  και μια ορισμένη γωνία ελευθαρίας  $\alpha$ . Αυτή η περίπτωση παρουσιάζεται πολύ συχνά στο ακόνισμα δισκωσίων και κυλινδρικών φρεζών για τις φρεζομηχανές.



**Σχήμα 2.28 Μηχανή γενικής χρήσεως για ακόνισμα κοπτικών εργαλείων**



Σχήμα 2.29 Ακόνισμα κυλινδρικής φρέζας με τροχό δίσκο

α) Τρόχιση της κόψης με ορισμένη γωνία ελευθερίας α.

Η πρώτη σκέψη είναι να δοθεί στον άξονα του τροχού μια κλίση α ως προς την οριζόντια όπως δείχνει το σχήμα 2.32 α. Επειδή αυτό απαιτεί ειδική μηχανή λειάνσεως, μπορούμε να επιτύχουμε την επιθυμητή γωνία α στην κόψη των δοντιών με μικρή περιστροφή ή μικρή κατακόρυφη μετατόπιση της φρέζας προς τα κάτω σε σχέση με τον τροχό.

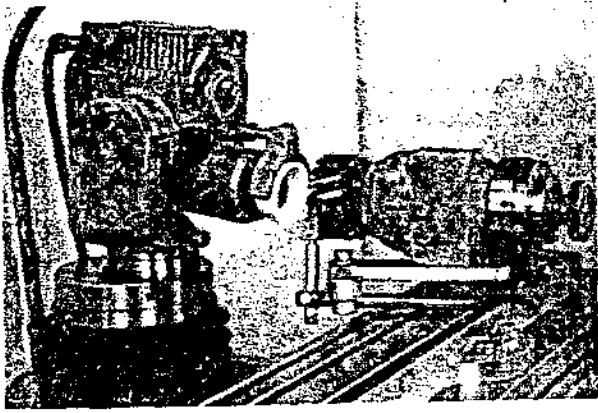
Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε *τροχό-ποτήρι*, σχήμα 2.32β, όπως προκύπτει από τη γεωμετρία του σχήματος, για να προκύψει γωνία ελευθερίας α, πρέπει η φρέζα να περιστραφεί περί τον άξονα της τόσο, ώστε η κόψη Κ να κατέβει κατά την ποσότητα:

$$\lambda = (D_f/2) \cdot \eta \mu \alpha$$

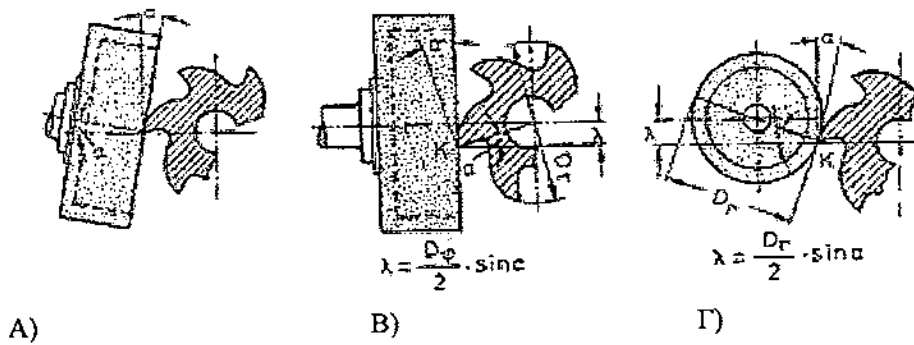
όπου  $D_f$  η διάμετρος της φρέζας.



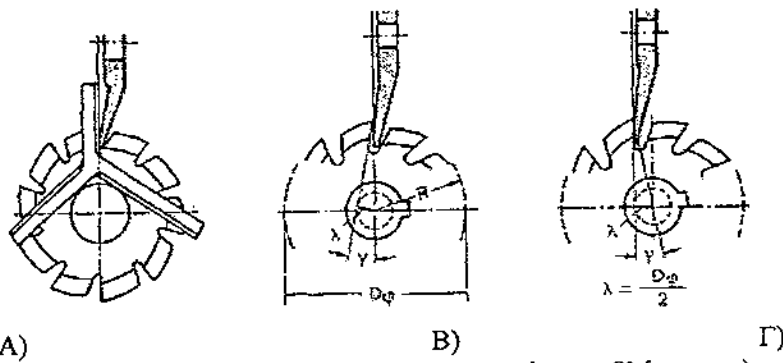
Σχήμα 2.30 Ακόνισμα των δοντιών φρεζοδίσκου με τροχό ποτήρι.



Σχήμα 2.31 Ακόνισμα μετωπικών δοντιών κυλινδρικής μετωπικής φρέζας



Σχήμα 2.32 Τρόχιση φρέζας για διαμόρφωση της γωνίας ελευθερίας α. α) και β) Για τρόχιση με τροχό - ποτήρι, γ) Για τρόχιση με τροχό δίσκο.



Σχήμα 8.52 Τρόχιση φρέζας για διαμόρφωση της γωνίας αποβλήτου γ. α) Περίπτωση γωνίας γ = 0 και έλεγχος με το σχετικό ελεγκτήρα. β) Σχετική θέση πριν από τη μετατόπιση της φρέζας, γ) Τελική θέση έπειτα από τη μετατόπιση της φρέζας.

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

Στην περίπτωση χρήσεως δισκοειδούς τροχού, σχήμα 2.32γ, πρέπει η κόψη Κ να είναι στην ίδια οριζόντια με τον άξονα της φρέζας. Ο άξονας όμως της φρέζας πρέπει να **τοποθετηθεί χαμηλότερα** από τον άξονα του τροχού κατά:

$$\lambda = (D_r/2) \cdot \eta \mu \alpha,$$

όπου  $D_r$  η διάμετρος του τροχού.

### β) Τρόχιση της επιφάνειας κοπής των δοντιών για την ορισμένη γωνία αποβλήτου κοπής $\gamma$

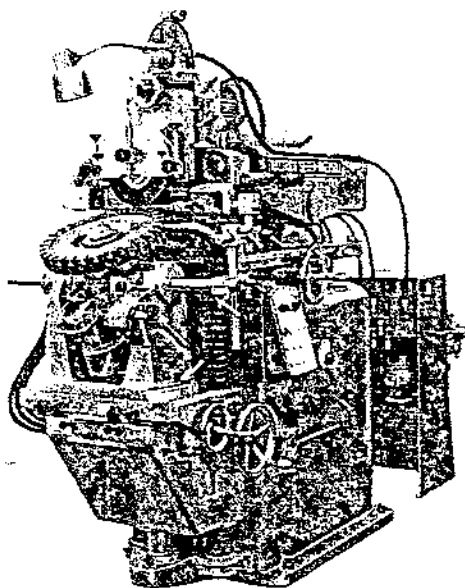
Όπως φαίνεται από τη γεωμετρία του σχήματος, η αναγκαία γωνία  $\gamma$  θα προκύψει μόνη της, όταν η φρέζα μετατοπιστεί, εν σχέσει με το επίπεδο της κοπτικής επιφάνειας του τροχισπικού δίσκου, προς τα δεξιά κατά:

$$\lambda = (D_\phi/2) \cdot \eta \mu \gamma$$

όπου  $D_\phi$  η εξωτερική διάμετρος της φρέζας.

Στις μεγάλες φρεζομηχανές και τα φρεζοδράπανα, που για το φρεζάρισμα χρησιμοποιούν μεγάλες μαχαιροφόρες κεφαλές με κοπτικά δόντια από σκληρομέταλλο, η μηχανή γενικής χρήσεως δεν μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, γιατί είναι, λόγω μεγέθους και βάρους, εντελώς ακατάλληλη.

Στο σχήμα 2.34 παρουσιάζεται μια ειδική μηχανή για το ακόνισμα μαχαιροφόρων κεφαλών με ένθετα κοπτικά δόντια για μεγάλες φρεζομηχανές και φρεζοδράπανα και για διάμετρο μαχαιροφόρας μέχρι 600 mm.



Σχήμα 2.34 Λειαντικό μηχάνημα βαρέως τύπου για το ακόνισμα μαχαιροφόρων κεφαλών.

## Γενικά περί κοπτικών φρέζας και τη λείανση τους

Όλα τα κοπτικά, ανεξάρτητα από τον τύπο τους, αποτελούνται από ορισμένα στοιχεία που συμβάλλουν στην αποδοτική λειτουργία του κοπτικού. Μερικά από αυτά τα στοιχεία όπως οι γωνίες αποβλήτου και ελευθερίας μπορεί να ποικίλουν κατά τη διάρκεια του ακονίσματος για να ταιριάζουν στον τύπο του κοπτικού, το υλικό που επεξεργάζονται στη μηχανή, το ρυθμό αφαίρεσης υλικού και άλλους παράγοντες. Άλλα στοιχεία όπως η μορφή, ο αριθμός δοντιών και η γωνία ελίκων δεν αλλοιώνονται και δεν μπορούν να ποικίλουν κατά τη διάρκεια της λειαντικής διαδικασίας. Θα πρέπει να γίνουν κατανοητά όλα αυτά τα στοιχεία, η ονοματολογία τους και η λειτουργία τους, πάνω στο κοπτικό ώστε επιτευχθεί σωστή επιδιόρθωση.

Μια σύντομη περιγραφή αυτών των στοιχείων και τμημάτων ακολουθεί παρακάτω:

**Σώμα κοπτικού.** Το σώμα είναι το στερεό τμήμα του κοπτικού φρέζας. Το σώμα μπορεί να έχει τα κοπτικά δόντια ή να τοποθετούνται πάνω σε αυτό. Έχει μια κεντρική τρύπα για το μοντάρισμα σε έναν άξονα.

**Περιφέρεια.** Η περιφέρεια είναι το εξωτερικό όριο που διαμορφώνεται από τις εξωτερικές άκρες των δοντιών. Είναι μια φανταστική κυλινδρική επιφάνεια, το κέντρο της οποίας είναι ο άξονας της περιστροφής του κοπτικού.

**Πρόσωπο δοντιών.** Το πρόσωπο δοντιών είναι η επιφάνεια στην οποία το μέταλλο μετατρέπεται σε κομμένες μορφές (απόβλητο-γρέζι). Αυτή η επιφάνεια μπορεί να είναι επίπεδη όπως σε φρέζες με ευθεία οδόντωση, με μορφοποιημένα δόντια και φρέζες με πλακίδια, ή μπορεί να καμφθεί όπως στις ελικοειδείς φρέζες. Η σχέση του προσώπου δοντιών με την αξονική γραμμή της φρέζας καλείται γωνία αποβλήτου. Η γωνία αποβλήτου είναι θετική όταν είναι το κατώτατο σημείο του προσώπου δοντιών πίσω από την ακτινωτή ή αξονική γραμμή του κόπτη, σχήμα 2.36α. Η θετική γωνία αποβλήτου βελτιώνει τη ροή των μετάλλων κατά μήκος του προσώπου των δοντιών, παράγει μια καλή επιφάνεια αποπεράτωσης, αυξάνει τη ζωή μιας φρέζας και οδηγεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία στην τέμνουσα άκρη. Μηδενική γωνία αποβλήτου είναι όταν το πρόσωπο των δοντιών συμπίπτει με την ακτινωτή ή την αξονική γραμμή της φρέζας, σχήμα 2.36β. Σε όλους τους κόπτες με μορφοποιημένα δόντια και σε μερικά εργαλεία καρβιδίου παρέχεται μηδενική γωνία αποβλήτου. Η γωνία αποβλήτου είναι αρνητική όταν ξεπερνά το κατώτατο σημείο του προσώπου των δοντιών την ακτινωτή ή αξονική γραμμή του κόπτη, σχήμα 2.36γ.

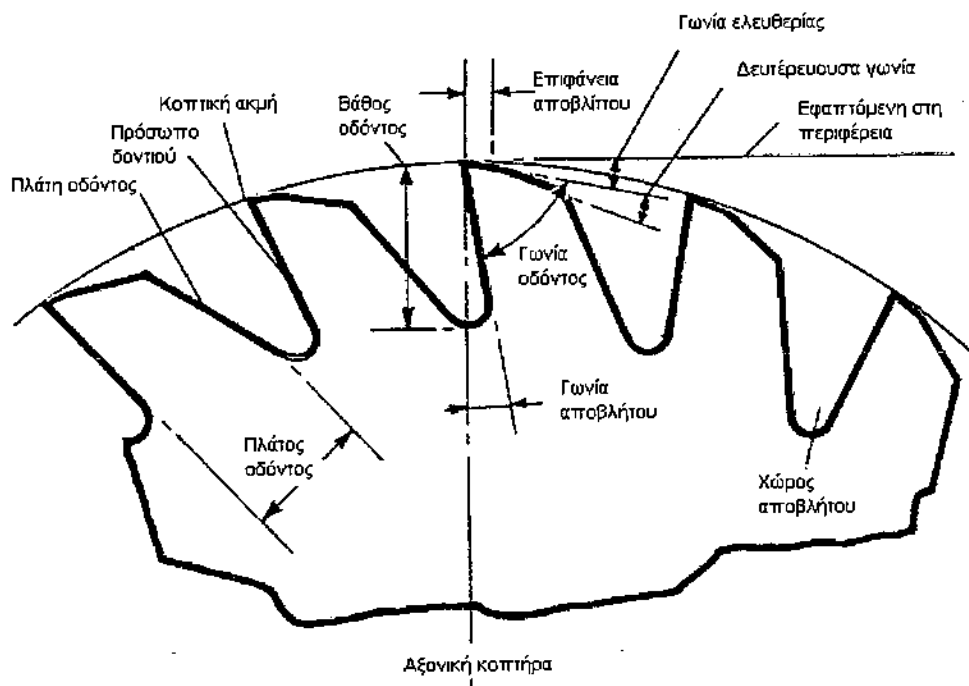
**Γωνία ελευθερίας.** Η γωνία ελευθερίας είναι η γωνία που διαμορφώνεται μεταξύ της κλίσης της επιφάνειας ελευθερίας και της εφαπτόμενης γραμμής στην περιφέρεια των δοντιών. Δημιουργείται για να αποτρέψει την τριβή της επιφάνειας ελευθερίας, πίσω από τη κοπτική ακμή, πάνω στο κατεργαζόμενο κομμάτι. Η τιμή της γωνίας ελευθερίας με τη διάμετρο του κόπτη και τον τύπο του υλικού που πρόκειται να κατεργαστεί. Η γωνία ελευθερίας λειαινείται πάντα πρώτη στο κόπτη.

**Δευτερεύουσα γωνία ελευθερίας.** Αυτή η γωνία κατασκευάζεται πίσω από την γωνία ελευθερίας για να παρέχει πρόσθετη ελευθερία και για να ελέγξει το πλάτος της επιφάνειας ελευθερίας.

**Κοπτική ακμή.** Η τομή του προσώπου των δοντιών και της επιφάνειας ελευθερίας διαμορφώνει την κοπτική ακμή, η οποία επεκτείνεται στο πλήρες μήκος του δοντιού της φρέζας. Το μήκος της κοπτικής ακμής σε επαφή με την εργασία ποικίλλει με τον τύπο του κόπτη.

Όταν τα δόντια είναι ευθεία, το πλήρες πλάτος του δοντιού είναι σε επαφή με την επιφάνεια εργασίας. Καθώς το ευθύ δόντι προχωρεί μέσα στο υλικό, υπάρχει μια σταθερή συγκέντρωση της τάσης έως ότου φθάνει το δόντι στην άκρη του υλικού. Σε αυτό το σημείο υπάρχει μια ξαφνική απελευθέρωση της πίεσης, η οποία προκαλεί τη δόνηση, ή το κτύπημα, και την πρόωρη αποτυχία των κοπτικών ακμών. Αυτό το πρόβλημα είναι κοινό με τους περισσότερους κόπτες ευθέων δοντιών.

Το μήκος του δοντιού ενός ελικοειδούς κόπτη σε επαφή με την εργασία ποικίλλει με τη γωνία ελίκων του κόπτη. Όταν ένας ελικοειδής κόπτης χρησιμοποιείται, η συγκέντρωση δυνάμεων στην έναρξη και η ανακούφιση στο τέλος της περικοπής είναι βαθμιαία, και η δόνηση ή τα κτυπήματα ελαττώνονται.

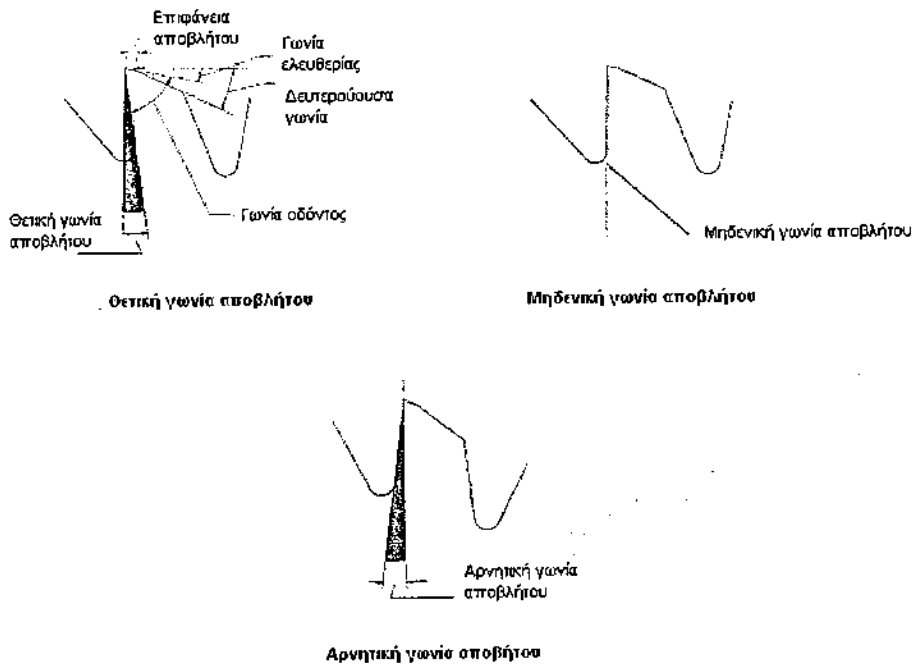


Σχήμα 2.35 Τμήματα και ονοματολογία κοπήρα φρεζομηχανής

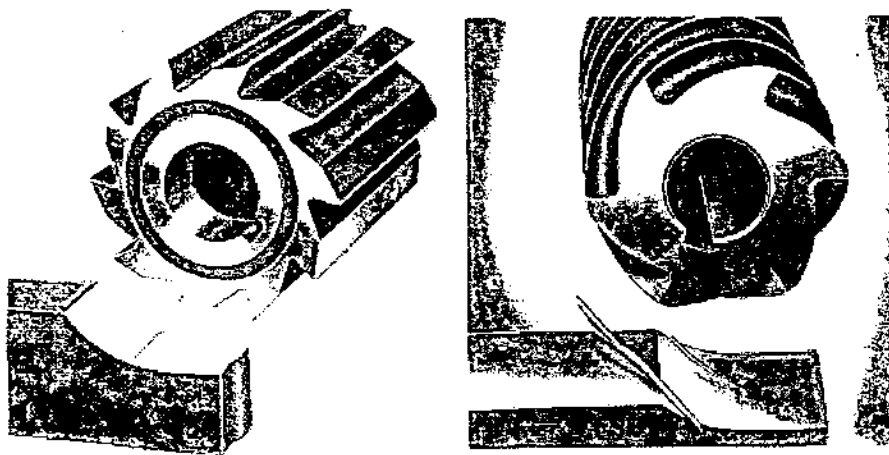
**Επιφάνεια ελευθερίας (Επιφάνεια αποβλήτου).** Το σημείο αυτό είναι η στενή επιφάνεια αμέσως πίσω από την κοπτική ακμή. Το πλάτος του εξαρτάται από τη τιμή της δευτερεύουσας γωνίας. Κυμαίνεται μεταξύ 0,8mm έως 1,6mm για κοπτικά με μικρή διάμετρο, ενώ σε κοπτικά με μεγάλη διάμετρο από 1,6mm έως 4,8mm.

**Γωνία Οδόντος.** Είναι η γωνία μεταξύ του προσώπου του δοντιού και της επιφάνειας αποβλήτου. Δημιουργείται με τη λείανση της γωνίας ελευθερίας. Θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη για να παρέχει τη μεγαλύτερη αντοχή καθώς και τη καλύτερη διοχέτευση της θερμότητας.





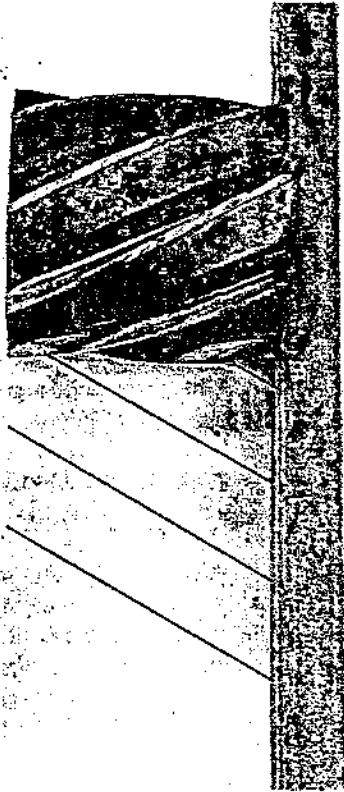
Σχήμα 2.36 Διάφορες γωνίες αποβλήτου



Σχήμα 2.37 Μορφές γρέζιων από κόπτες με ευθεία οδόντωση και ελικοειδούς

**Γωνία κλίσης έλικα.** Η γωνία που σχηματίζεται από τη γωνία του δοντιού και την αξονική της φρέζας ονομάζεται γωνία κλίσης. Μπορεί να μετρηθεί με γωνιομετρικό όργανο ή με τη κύλιση της φρέζας πάνω σε ένα κομμάτι χαρτί, τα σημάδια που απομένουν στο χαρτί μετρούνται σε σχέση με την αξονική της φρέζας ώστε να προσδιοριστή η γωνία.

Σχήμα 2.38



Σχήμα 2.38 Μέθοδος μέτρησης της γωνίας ελικώσεως

Στη συνέχεια αναφέρονται, πίνακας 2.39, ορισμένες τιμές για γωνίες ελευθερίας οι οποίες επηρεάζονται από παράγοντες όπως είναι η ποιότητα της επιφάνειας που απαιτείται, το υλικό που κατεργάζεται, η κατάσταση της μηχανής, η διάμετρος του κοπήρα.

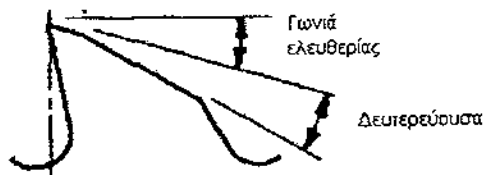
Για να εξασφαλιστεί η καλύτερη σκληρότητα και καλύτερη διοχέτευση της θερμότητας θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη η γωνία ελευθερίας. Υπερβολικά μεγάλες γωνίες ελευθερίας έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερη γωνία οδόντος και τάση για τη παραγωγή σημαδιών κατά τη διάρκεια της κατεργασίας με αποτέλεσμα τη κακή επιφάνεια αποπεράτωσης και τη μείωση της ζωής του κοπτικού εργαλείου. Από την άλλη πλευρά πολύ μικρή γωνία ελευθερίας έχει ως αποτέλεσμα να τρίβεται η άκρη του πίσω μέρους του δοντιού πάνω στην κατεργαζόμενη επιφάνεια με αποτέλεσμα να έχουμε υψηλή παραγόμενη θερμοκρασία κατά την κατεργασία και πολύ χαμηλή ποιότητα επιφάνειας αποπερατώσεως.

Το είδος του υλικού επηρεάζει τη γωνία ελευθερίας. Γενικά για τα μαλακότερα υλικά χρησιμοποιείται μεγαλύτερη γωνία ενώ για τα πιο σκληρά υλικά μικρότερη γωνία, συνεπώς παρέχουν καλύτερη υποστήριξη στη κοπτική ακμή.

Επίσης η διάμετρος του κοπήρα επηρεάζει τη γωνία ελευθερίας. Φρέζα με μικρή διάμετρο απαιτεί μεγαλύτερη γωνία από ότι φρέζα με μεγάλη διάμετρο.

Οι φρέζες έχουν μια πρόσθετη γωνία ελευθερίας ακτινωτά στις πλευρές ή κατά πρόσωπο για να μειώνει το τρίψιμο στο κομμάτι. Αυτή η γωνία, γνωστή ως ανακούφιση, ποικίλλει από 3° έως 5° για τους περισσότερους τύπους και από 1 έως 2 στα πριόνια.

Πίνακας 2.39 προτεινόμενων γωνιών ελευθερίας



Υλικό	Γωνιά ελευθερίας (άκρη)	Γωνιά ελευθερίας (ακτινωτά)	Δευτερεύουσα
Χάλυβας μηχανών	5°-7°	3°-5°	5°
Χάλυβας εργαλείων	5°-7°	3°-5°	5°
Χαλυβοκράματα	5°-7°	3°-5°	5°
Ταχυάλυβες	5°-7°	3°-5°	5°
Υψηλής θερμ. κράματα	5°-7°	6°-10°	5°
Ανοξειδάτος	5°-7°	6°-10°	5°
Τιτάνιο	5°-7°	8°-12°	6°
Ορείχαλκος (μαλακός)	3°-5°	10°-12°	5°
Ορείχαλκος (σκληρός)	5°-7°	4°-7°	5°
Χυτοσίδηρος	4°-7°	4°-7°	5°
Αλουμίνιο, μαγνήσιο, πλαστικό	3°-5°	10°-12°	8°-12°

Μηχανήματα για έκκεντρη λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών

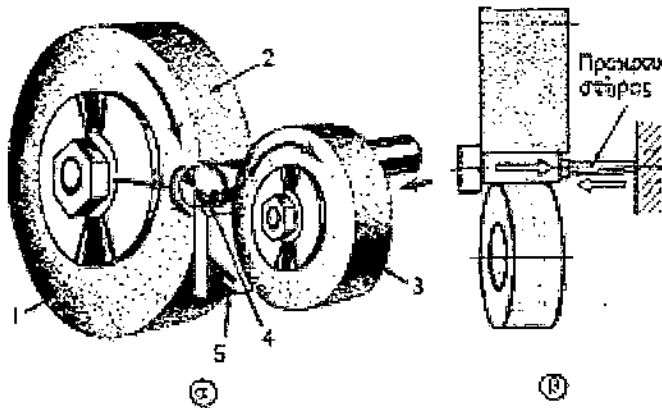
Σ' αυτόν τον τύπο το κομμάτι δε στηρίζεται σε κέντρα για να περιστρέφεται, αλλά παρεμβάλλεται μεταξύ του λειαντικού τροχού και ενός άλλου βοηθητικού τροχού, ο οποίος ονομάζεται τροχός προώσεως ή ρυθμιστικός τροχός, σχήμα 2.40. Κάτω από το κομμάτι βρίσκεται ένα σταθερό υποστήριγμα.

Ο ρυθμιστικός τροχός λόγω της κλίσεως που έχει ( $1^\circ - 5^\circ$ ) σπρώχνει το κομμάτι, που προχωρεί προς την αντίθετη από τη θέση εισαγωγής του πλευρά και το πιέζει ταυτόχρονα προς το λειαντικό τροχό ο οποίος το κατεργάζεται.

Ο ρυθμιστικός τροχός 3 δεν έχει δική του κίνηση, αλλά κινείται με πολύ μικρότερη ταχύτητα παρασυρόμενος από τον κύριο λειαντικό τροχό 1 μέσω του κομματιού 4.

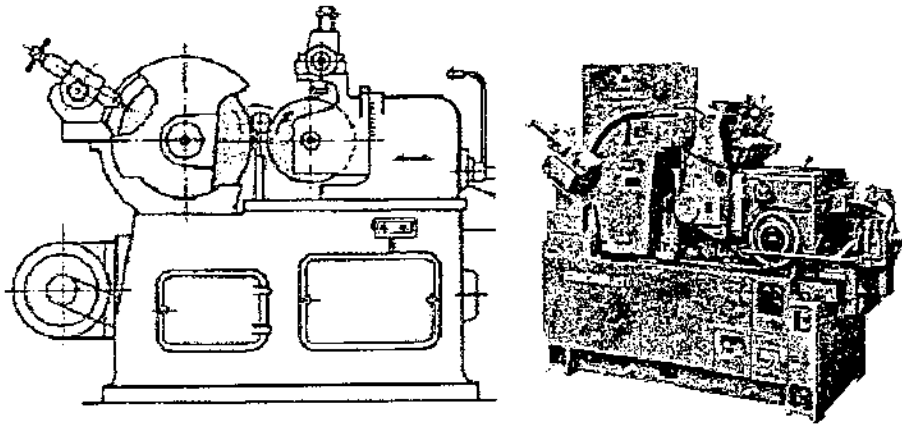
Η μηχανή για τη λείανση εξωτερικών επιφανειών χωρίς κέντρα, αποδίδει την ίδια ακρίβεια με τη μηχανή με κέντρα και είναι μηχανή *μεγάλης παραγωγής*, γιατί δε χάνεται χρόνος για το δέσιμο του κομματιού και ακόμη γιατί λειαινούνται κομμάτια με μικρές διαμέτρους, των οποίων το δέσιμο σε λειαντική μηχανή με κέντρα θα ήταν πολύ δύσκολο. Γι' αυτό η λειαντική μηχανή δίχως κέντρα έχει διαδοθεί πολύ στις βιομηχανίες που παράγουν προϊόντα μορφής σε μεγάλες σειρές.

Συνήθως η τροφοδοσία σε κομμάτια για λείανση είναι αυτοματοποιημένη. Παρουσιάζονται προβλήματα σε κομμάτια με πατούρες (αλλαγή διαμέτρου), που όμως αντιμετωπίζονται, φυσικά, με κάποια απώλεια χρόνου. Ο ρυθμιστικός τροχός στην περίπτωση αυτή έχει κλίση μόνο  $0,5^\circ$  (μισή μοίρα).

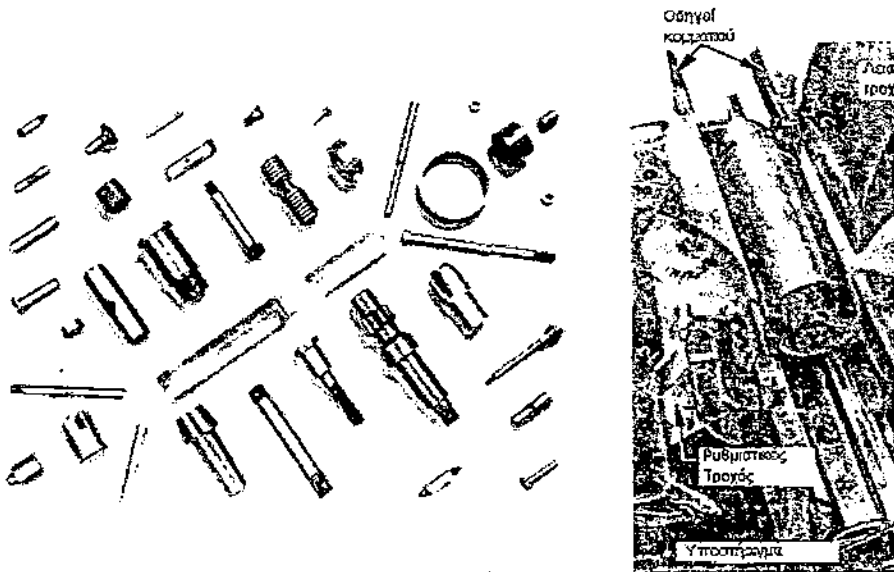


- 1) Λειαντικός τροχός, 2) Δρώσα επιφάνεια του τροχού, 3) Ρυθμιστικός τροχός, 4) Κομμάτι, 5) Υποστήριγμα, 6) Προκρουστήρας.

Σχήμα 2.40 Έκκεντρη λείανση, α) Λείανση σ' όλο το μήκος του κομματιού, β) Λείανση σε κομμάτι με πατούρα.



Σχήμα 2.41 Μηχανήματα για έκκεντρη λείανση.



Σχήμα 2.42 Μια ποικιλία από εξαρτήματα που μπορούν να καταγραφαστούν με έκκεντρη λείανση.

### Πλεονεκτήματα

Η ανάπτυξη της έκκεντρης λείανσης επέτρεψε στις βιομηχανίες να καταγραφαστούν δύσκολα στο να συγκρατηθούν κομμάτια γρήγορα και με μεγάλο

βαθμό ακρίβειας. Τα παρακάτω είναι τα βασικά πλεονεκτήματα όλων των μηχανών έκκεντρης λείανσης:

Η λειαντική διαδικασία είναι σχεδόν συνεχόμενη εφόσον ο χρόνος που χρειάζεται για το σετάρισμα των κομματιών είναι σχετικά πολύ μικρός σε σχέση με τις μηχανές με κέντρα συγκράτησης.

Το κατεργαζόμενο κομμάτι είναι άκαμπτο, υποστηριζόμενο από κάτω, με αποτέλεσμα να επιτρέπονται μεγαλύτερα βάθη κοπής.

Δεν δημιουργείται καμία πίεση στα άκρα του κομματιού προς κατεργασία κατά τη διάρκεια της λείανσης κάτι που καθιστά πιθανό το να λειανθούν πολύ εύθραυστα κομμάτια και κομμάτια που στρεβλώνονται εύκολα.

Απαιτείται λιγότερο υπολειπόμενο υλικό για τη διεργασία της λείανσης επειδή το λάθος της κεντροθέτησης του κομματιού εξαλείφεται από την επιτεδότητα της διεργασίας.

Υπάρχει λιγότερη φθορά του λειαντικού τροχού εφόσον απαιτείται λιγότερο ποσό υλικού για την λείανση.

Υψηλή ακρίβεια στο μέγεθος και της επιφάνειας αποπεράτωσης.

Οι αυτόματες μηχανές τροφοδοσίας επιτρέπουν μεγάλες ποσότητες από μικρά κομμάτια να λειανθούν γρήγορα και αυτόματα.

Η συντήρηση των μηχανών έκκεντρης λείανσης είναι πολύ φθηνή αφού υπάρχουν λίγα φθειρόμενα μέρη και η λίπανση πολλών περιοχών είναι αυτόματη.

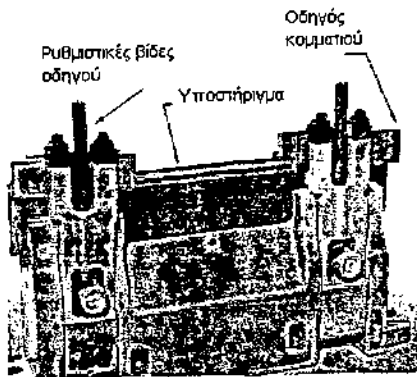
### *Μέθοδοι έκκεντρης λείανσης*

Υπάρχουν τέσσερις αρχές για την έκκεντρη λείανση:

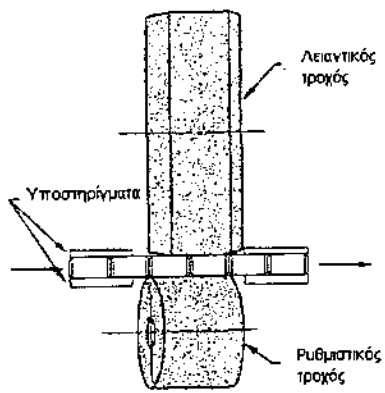
- α) διαμήκης τροφοδοσία
- β) τεμάχια με πατούρα
- γ) κωνικά κομμάτια
- δ) συνδυασμός διαμήκων κομματιών και κομματιών με πατούρα

### **α) Διαμήκης (Through feed)**

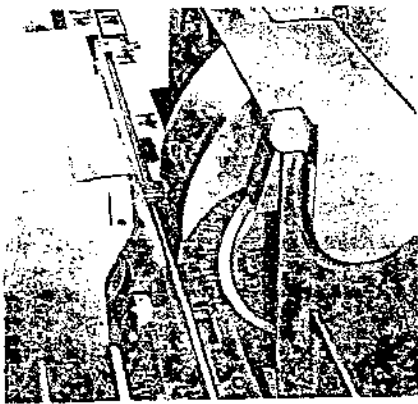
Η διαδικασία αυτή είναι αποτελείται από την τροφοδότηση ευθέων κυλινδρικών κομματιών χωρίς καμία παρεμβατική αναβαθμίδα μεταξύ του λειαντικού και ρυθμιστικού τροχού. Η λείανση λαμβάνει χώρα καθώς το κομμάτι τροφοδοτείται από το ρυθμιστικό τροχό μετά τον λειαντικό τροχό.



Σχήμα 2.43 Το υποστήριγμα χρησιμοποιείται στη διαμήκης τροφοδοσία



A. Αρχή διαμήκους κατεργασίας

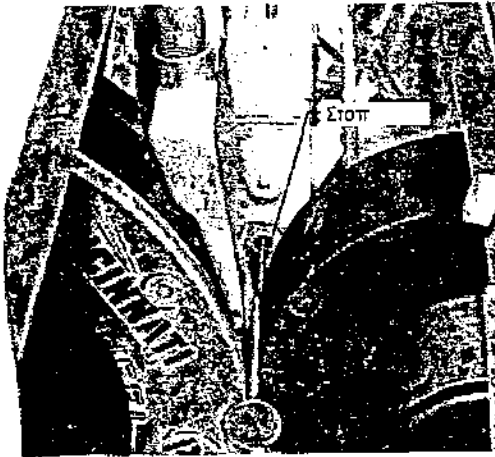
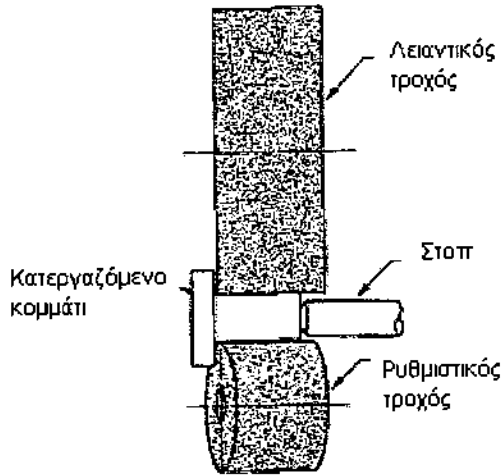


B. Λείανση κομματιών μεγάλου μήκους

Σχήμα 2.44 Το κομμάτι περνάει ανάμεσα από το λειαντικό τροχό και το ρυθμιστικό στη διαμήκη κατεργασία

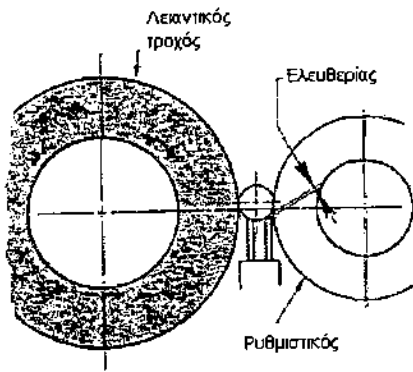
## **β) Τεμάγια με πατούρα.(Infeed)**

Αυτό είδος ανταποκρίνεται στη ακτινική λείανση μορφής σε μηχανές με κέντρα συγκράτησης. Γενικά χρησιμοποιούνται για τη λείανση κομματιών που έχουν κεφάλια, αναβαθμίδες, ή κάποιιο τμήμα μεγαλύτερο από τη διάμετρο που πρόκειται να κατεργαστεί. Επίσης χρησιμοποιείται για τη παράλληλη αποπεράτωση διαφόρων διαμέτρων, λειάνσεις μορφής ή διαμορφώσεις πάνω στο κομμάτι. Το μήκος περιορίζεται στο πλάτος του λειαντικού τροχού, εντούτοις μεγάλου μήκους κομμάτια μπορούν να κατεργαστούν με συνδυασμό διαμήκους και με πατούρα.



**Σχήμα 2.45** Λείανση κομματιών με πατούρα (infeed). Τα στελέχη των βαλβίδων λειαίνονται με αυτή τη μέθοδο .

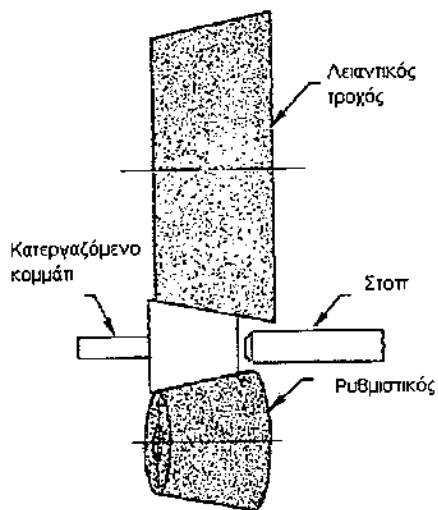




Σχήμα 2.46 Σε μεγάλα και βαριά κομμάτια χρησιμοποιούνται δύο υποστηρίγματα

### γ) Κωνικών κομματιών (Endfeed).

Χρησιμοποιείται για τη λείανση κώνων πάνω στο κομμάτι. Το κομμάτι τροφοδοτείται μηχανικά ή αυτόματα από το μπροστινό μέρος των τροχών έως ότου προσκρούσει στο στοπ. Ο λειαντικός τροχός και ο ρυθμιστικός είναι διαμορφωμένοι στην επιθυμητή κωνικότητα.



A)



B)

Σχήμα 2.47 Λείανση κωνικότητας (endfeed)

#### Α) Συνδυασμός διαμήκους και με πατούρα.

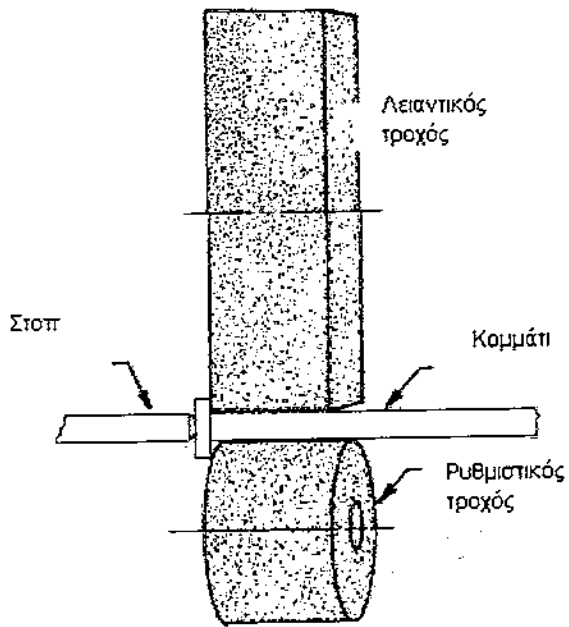
Ένας τέτοιος συνδυασμός χρησιμοποιείται ώστε να ταιριάξουν διάφορες συνθήκες και κομμάτια. Τρεις είναι οι κυριότερες εφαρμογές:

Κομμάτια που είναι πιο βολικό να λειανθούν με ένα πέρασμα αλλά δεν είναι κατάλληλα για διαμήκη κατεργασία διότι θα πρέπει να αφαιρεθεί πολύ υλικό.

Λείανση κομματιών μικρών διαμέτρων που έχουν διαβάθμιση των οποίων το μήκος είναι μεγαλύτερο του πλάτους του λειαντικού τροχού

Λείανση κομματιών που είναι στρεβλωμένα, αν η λύγιση δεν υπερέχει του ποσού του υλικού που έχει μείνει για αφαίρεση κατά τη λειαντική διαδικασία και το μήκος του τμήματος που θα λειανθεί είναι μικρότερο από το πλάτος του λειαντικού τροχού.

Τα κομμάτια τοποθετούνται στα υποστηρίγματα όπως στη λείανση κομματιών με πατούρα, αλλά ένα στοπ τοποθετείται στο μπροστινό μέρος της μηχανής. Η κίνηση από το ρυθμιστικό τροχό προκαλεί τη λείανση του κομματιού στη επιθυμητή διάμετρο. Όταν αυτό συμβαίνει, το στοπ απομακρύνεται (περιστρεφόμενο) προς τα έξω επιτρέποντας στο κομμάτι να μετατοπιστεί προς το μπροστινό μέρος της μηχανής. Η ακτινική κίνηση του κομματιού επιτυγχάνεται τοποθετώντας και διαμορφώνοντας το ρυθμιστικό τροχό σε αρνητική γωνία. Στο πίσω μέρος του λειαντικού τροχού διαμορφώνεται μικρή κωνικότητα, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα σημάδια κατά τη μετατόπιση του κομματιού.



Σχήμα 2.48 Συνδυασμός διαμήκους λείανσης και κομματιού με πατούρα

### Προβλήματα έκκεντρης λείανσης

Πρόβλημα	Αιτία	Προτάσεις
Βαρελοειδής μορφή στα κομμάτια.	Οι οδηγοί των κομματιών παρεκκλίνουν προς το ρυθμιστικό τροχό.	Κατάλληλη ευθυγράμμιση των οδηγών.
	Δεν έχει γίνει καλή αναγέννηση του ρυθμιστικού τροχού.	Σετάρισμα στη σωστή γωνία για την αναγέννηση του τροχού.
«Καψίματα» στο κομμάτι.	Πολύ σκληρός τροχός.	Χρησιμοποίηση μαλακότερου κόκκου. Αύξηση της ταχύτητας του κομματιού, μείωση της ταχύτητας του τροχού. Μείωση του πλάτους της επιφάνειας λείανσης.
	Ανεπαρκής τροφοδοσία του κοπτικού υγρού.	Αύξηση της παροχής και σωστή κατεύθυνση στο κατεργαζόμενο σημείο.
	Επίπεδο, στομωμένο εργαλείο ανοίγματος	Αλλαγή ή γύρισμα του διαμαντιού στην υπόδοχη.
	Πολύ αργή μετατόπιση του διαμαντιού κατά το άνοιγμα του τροχού	Αύξηση του ρυθμού ανοίγματος. Πιο γρήγορα περάσματα
Χτυπήματα	Το κομμάτι είναι τοποθετημένο πιο ψηλά από το κέντρο.	Ρύθμιση του ύψους υποστηρίγματος
	Αζυγοστάθμιστος τροχός	Ζυγοστάθμιση και άνοιγμα τροχού
	Πολύ αιχμηρή ακμή του υποστηρίγματος.	Χρησιμοποίηση στάνταρ γωνίας 30° για τη λεπίδα του υποστηρίγματος.
	Το υποστήριγμα είναι πολύ λεπτό ή στρεβλωμένο.	Χρησιμοποίηση ευθύ, και πιο φαρδύ υποστήριγμα
	Φθαρμένη άτρακτος, χαλασμένα μηχανικά μέρη.	Έλεγχος για χαλασμένα μέρη, επιδιόρθωση ή αντικατάσταση.
Λανθασμένο μέγεθος του κομματιού.	Χαλαροί οδηγοί ολίσθησης	Ρύθμιση των τριβέων για τη μείωση του «παξιμάτος»
	Το σπείρωμα ή ο κοχλίας προώσεως έχει φθαρεί.	Ρύθμιση ή αντικατάσταση.
	Χαλαρό υποστήριγμα	Ασφάλιση του υποστηρίγματος και καλό δέσιμο.
	Υπερθέρμανση των κομματιών	Χρησιμοποίηση καλής παροχής κοπτικού υγρού στο σημείο λείανσης.
	Πολύ μαλακοί κόκκοι	Χρησιμοποίηση σκληρότερου κόκκου.
Γραμμές προώσεως	Οι οδηγοί έχουν ρυθμιστεί λάθος	Ευθυγράμμιση των οδηγών
	Λανθασμένο άνοιγμα στο τροχό	Μικρότερος ρυθμός περασμάτων κατά το άνοιγμα του τροχού.
	Ο ρυθμός προώσεως πολύ μεγάλος	Μείωση της γωνίας του ρυθμιστικού τροχού.

Πρόβλημα	Αιτία	Προτάσεις
Ρατζουνιές στην επιφάνεια του κομματιού	Βρώμικο κοπτικό υγρό	Αδειασμα, καθάρισμα και ξαναγέμισμα της δεξαμενής κοπτικού υγρού.
	Τροχός πολύ ανοιχτός	Χρησιμοποίηση πιο κλειστού τροχού.
Εκτός κυκλικότητας κομμάτι	Το κομμάτι είναι πολύ χαμηλά.	Τοποθέτηση σε ύψος πάνω από την αξονική του τροχού.
	Μαλακός λειαντικός κόκκος	Χρησιμοποίηση σκληρότερου κόκκου.
	Επίπεδο, στοματωμένο εργαλείο ανοίγματος	Αλλαγή ή γύρισμα του διαμαντιού στην υποδοχή.
	Χαλαρός ρυθμιστικός τροχός	Σφίξιμο των κοχλιών της φλάντζας.
	Μικρή ταχύτητα του ρυθμιστικού τροχού.	Αύξηση της ταχύτητας του τροχού.
Κακή ποιότητα επιφάνειας.	Λανθασμένη επιλογή τροχού (κόκκου).	Επιλογή σωστού τροχού για το κατεργαζόμενο κομμάτι.
	Βρώμικο κοπτικό υγρό	Αντικατάσταση με καθαρό κοπτικό
	Γρήγορα περάσματα κατά το άνοιγμα του λειαντικού τροχού	Μικρότερη ταχύτητα στα περάσματα κατά το άνοιγμα του τροχού.
	Στοματωμένο ή σπασμένο διαμάντι	Αλλαγή ή γύρισμα του διαμαντιού στην υποδοχή.
	Αζυγοστάθμιστος τροχός	Ζυγοστάθμιση και άνοιγμα τροχού
	Χαλαρή λεπίδα στο υποστήριγμα	Σωστή σύσφιξη της λεπίδας
	Η γωνία της λεπίδας του υποστηρίγματος είναι απότομη.	Μείωση της γωνίας .
	Χαλαρός ρυθμιστικός τροχός.	Σφίξιμο των κοχλιών της φλάντζας.
	Μεγάλη ταχύτητα στο ρυθμιστικό τροχό.	Μείωση της ταχύτητας του τροχού .
Κωνικότητα στα κατεργαζόμενα κομμάτια.	Το κομμάτι είναι πολύ ψηλά από την αξονική του τροχού.	Τοποθέτηση της λεπίδας του υποστηρίγματος σε χαμηλότερο επίπεδο .
	Οι οδηγοί δεν είναι ευθυγραμμισμένοι.	Ευθυγράμμιση των οδηγών
	Δεν έχει καλή επιτεδότητα η λεπίδα του υποστηρίγματος.	Καθάρισμα και ρύθμιση
	Χαλαροί τριβείς	Ρύθμιση ή αντικατάσταση
	Μερική κατεργασία στο μήκος του κομματιού	Συνεχόμενη τροφοδοσία των κομματιών .
"Αρπάγματα" στη λεπίδα του υποστηρίγματος .	Ο τροχός δεν κόβει ελεύθερα.	Επιλογή διαφορετικού τροχού
	Ανεπαρκής λίπανση στο σημείο επαφής του κομματιού με τη λεπίδα του υποστηρίγματος	Χρησιμοποίηση κοπτικού υγρού με καλύτερη λειαντική ικανότητα
	Λάθος υλικό της λεπίδας του υποστηρίγματος	Αλλαγή του υλικού (χυτοσίδηρος ή μπρούντζος )

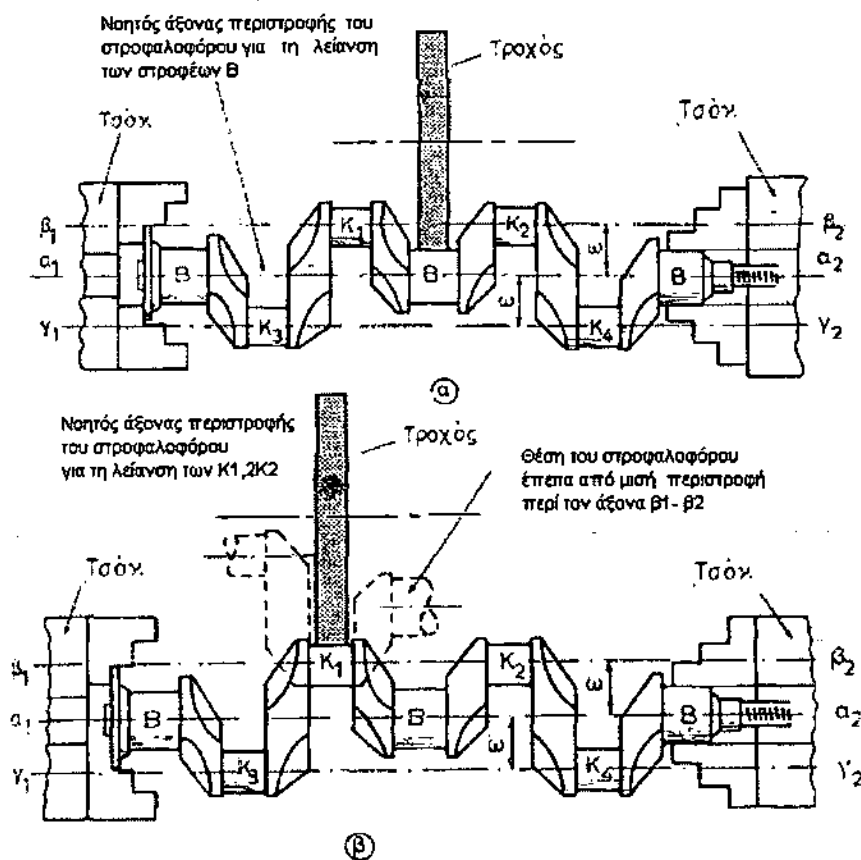
## Λειαντική μηχανή στροφαλοφόρων αξόνων.

### α) Αναγκαιότητα.

Οι μηχανές αυτές (ρεκτιφιέ στροφαλοφόρων) έχουν μεγάλη χρήση και στη χώρα μας, όχι τόσο για τους στροφαλοφόρους νέων κατασκευών, σε Μηχανές Εσωτερικής Καύσεως ή Εμβολοφόρες αντλίες, όσο για τις επισκευές των στροφαλοφόρων των πολλών χιλιάδων αυτοκινήτων.

Σε κάθε καινούργια μηχανή ο στροφαλοφόρος έχει αυστηρά καθορισμένες διαμέτρους τόσο στους στροφείς βάσεως Β όσο και στα κομβία Κ (σχ.2.49) που δίδονται ως «στάνταρ» (standard) από το εργοστάσιο κατασκευής.

Με τη μακροχρόνια χρήση του κινητήρα, οι στροφείς βάσεως και τα κομβία φθείρονται, δηλαδή ελαττώνεται η διάμετρος τους και επιπλέον χάνουν την κυλινδρικήτητα και τη λειότητα της επιφάνειάς τους.



Σχήμα 2.49 Λείανση στροφαλοφόρου άξονα. α) Λείανση στροφεία βάσεως, β) Λείανση κομβίου.

Εξάλλου, τα εργοστάσια κατασκευάζουν για τις ανάγκες των επισκευών ανταλλακτικούς τριβείς (ημικυλινδρικά κελύφη, κουζινέτα) με ελαφρά μικρότερες διαμέτρους, που αντιστοιχούν σε ορισμένα μεγέθη φθοράς των διαμέτρων του στροφαλοφόρου (undersize). Έτσι, για μια ονομαστική διάμετρο στο στροφαλοφόρο, περίπου  $\Phi 2''$  δηλαδή 50... 55 mm, οι τυποποιημένες διαφορές διαμέτρου, δηλαδή τα τυποποιημένα μεγέθη της φθοράς, είναι 0,010" - 0,020" - 0,030" - 0,040" (σε ίντσες) και 0,25 - 0,50 - 0,75 mm (σε χιλιοστά).

Οι φθαρμένοι, λοιπόν, στροφαλοφόροι «ρεκτιφάρονται» στις λειαντικές μηχανές, ώστε οι τριβείς βάσεως και τα κομβία, ανάλογα με τη φθορά που έχουν, να πάρουν μια νέα διάμετρο, μικρότερη, σύμφωνα με ένα από τα παραπάνω μεγέθη (σε ίντσες ή mm).

Έτσι ο λειασμένος στροφαλοφόρος με τα αντίστοιχα νέα κουζινέτα, όταν εγκατασταθεί, θα δουλέψει και πάλι σαν καινούργιος.

### **β) Ιδιομορφία για τη συγκράτηση και περιστροφή.**

Στο σχήμα 2.49 φαίνεται υποτιθέμενος φθαρμένος στροφαλοφόρος άξονας τετρακύλινδρης μηχανής εσωτερικής καύσεως με τους τρεις στροφείς βάσεως Β και τέσσερα κομβία διωστήρων  $K_1, K_2, K_3$  και  $K_4$ .

Στον άξονα αυτόν πρέπει να λειανθούν οι τρεις στροφείς και τα τέσσερα κομβία.

Ο νοητός άξονας περιστροφής του στροφαλοφόρου στη μηχανή του αυτοκινήτου είναι ο  $a_1-a_2$ , ενώ τα τέσσερα κομβία των διωστήρων βρίσκονται στους άξονες  $\beta_1-\beta_2$  και  $\gamma_1-\gamma_2$ , δηλαδή έκκεντρα ανά δύο σε ίσες αποστάσεις επάνω και κάτω από τον άξονα  $a_1-a_2$ .

Για να γίνει η λείανση των στροφών βάσεως, πρέπει ο στροφαλοφόρος να περιστρέφεται γύρω από το νοητό άξονα  $a_1-a_2$ , που πρέπει να συμπίπτει με το νοητό άξονα της κύριας ατράκτου της λειαντικής μηχανής.

Όμως, για τη λείανση των κομβίων πρέπει ο στροφαλοφόρος άξονας να μετατοπισθεί παράλληλα ώστε οι άξονες  $\beta_1-\beta_2$  και  $\gamma_1-\gamma_2$  διαδοχικά, να συμπίπτουν με το νοητό άξονα της κύριας ατράκτου της λειαντικής της μηχανής. Άρα πρέπει ο στροφαλοφόρος αυτός άξονας να συγκρατηθεί και να κεντραριστεί συνολικά τρεις φορές σε τρεις διαφορετικές παράλληλες θέσεις.

Αυτή τη δυνατότητα για μηχανές γενικά, με οποιοδήποτε αριθμό κυλίνδρων, την έχουν οι ειδικές μηχανές λείανσεως στροφαλοφόρων αξόνων, όπου η συγκράτηση γίνεται με 2 τσοκ (ένα αριστερά κινητήριο και ένα δεξιά ελεύθερο), τα οποία μπορούν να μετατοπίζονται (μάλιστα με μεγάλη ακρίβεια) εγκάρσια προς τον άξονα  $a_1-a_2$ .

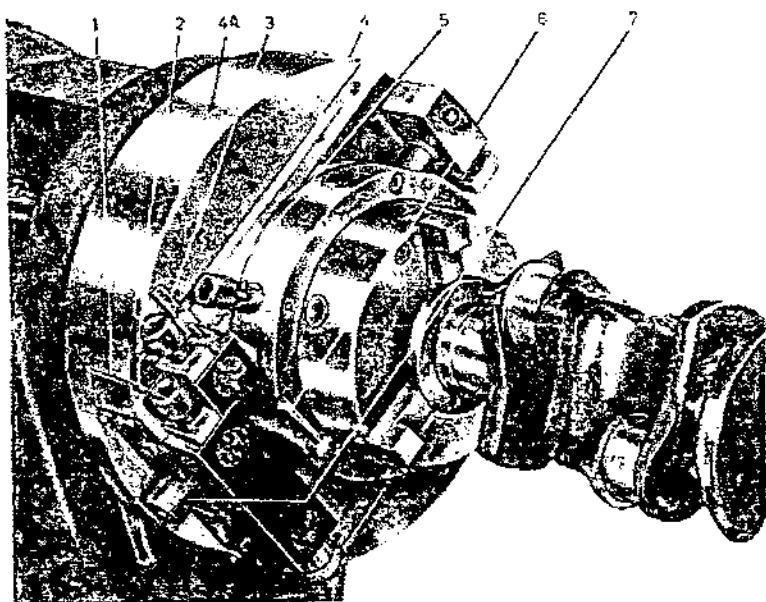
Στο σχήμα 2.49 (α) το τσοκ έχει μετατόπιση μηδέν από τη μέση θέση του. Συγκρατεί το στροφαλοφόρο, που περιστρέφεται περί τον άξονα  $a_1-a_2$ . Ο άξονας αυτός συμπίπτει ακριβώς με το νοητό άξονα περιστροφής της κύριας ατράκτου της μηχανής. Στη διάταξη αυτή γίνεται η λείανση των τριών στροφείων βάσεως Β.

Στο σχήμα 2.49 (β) τα τσοκ είναι μετατοπισμένα από την προηγούμενη θέση τους κατά την εκκεντρότητα  $\epsilon$  και ο στροφαλοφόρος στρέφεται περί τον άξονα  $\beta_1\text{-}\beta_2$  των κομβίων, που τώρα συμπίπτει με το νοητό άξονα περιστροφών της κύριας ατράκτου της μηχανής.

Συνεπώς, η διάταξη αυτή είναι αναγκαία για τη λείανση των δύο κομβίων  $K_1K_2$ . Παρόμοια, αλλά αντίθετη, μετατόπιση των δύο τσοκ πρέπει να γίνει για τη λείανση των κομβίων  $K_3$  και  $K_4$ .

### γ) Περιγραφή της μηχανής.

Περίληπτικά μια σύγχρονη μηχανή λειάνσεως στροφαλοφόρων συγκροτείται από τα ακόλουθα βασικά μέρη (σχ. 2.50):



Σχήμα 2.50 Μηχανή λειάνσεως στροφαλοφόρων αξόνων

Το σώμα Νο 1, πάνω στο οποίο βρίσκεται σε γλισιέρες και μπορεί να παλινδρομεί το τραπέζι Νο 2.

Επάνω στο τραπέζι βρίσκονται αριστερά και δεξιά οι κεφαλές 3A και 3Δ. Κάθε μια κεφαλή διαπερνάται οριζοντίως από μια στιβαρή άτρακτο, που στα δύο άκρα της φέρει μόνιμα και περιστρέφει κυκλικές πλάκες-πλατώ: 4A και 5A η μία, και 4Δ και 5Δ η άλλη. Η μια από τις δύο κεφαλές με την άτρακτο της είναι κινητήρια και μπορεί να παίρνει μια ποικιλία αριθμού στροφών (ταχύτητες) από 16 ως 60 ή 80 στροφές ανά λεπτό με συνεχή μεταβολή των στροφών ή σε τέσσερις διαβαθμίσεις, π.χ. 16-25-37-60.

Οι εξωτερικές πλάκες 5A και 5Δ έχουν ένα απλό λούκι-οδηγό, για να μετακινούνται στην αναγκαία κάθε φορά θέση και να σταθεροποιούνται τα αντίβαρα 6A και 6Δ. Οι εσωτερικές πλάκες-πλατώ 4A και 4Δ είναι στιβαρές και μοιάζουν σαν πλατώ τόρνου. Έχουν γλισιέρες ακριβείας και διακρίνονται καλύτερα

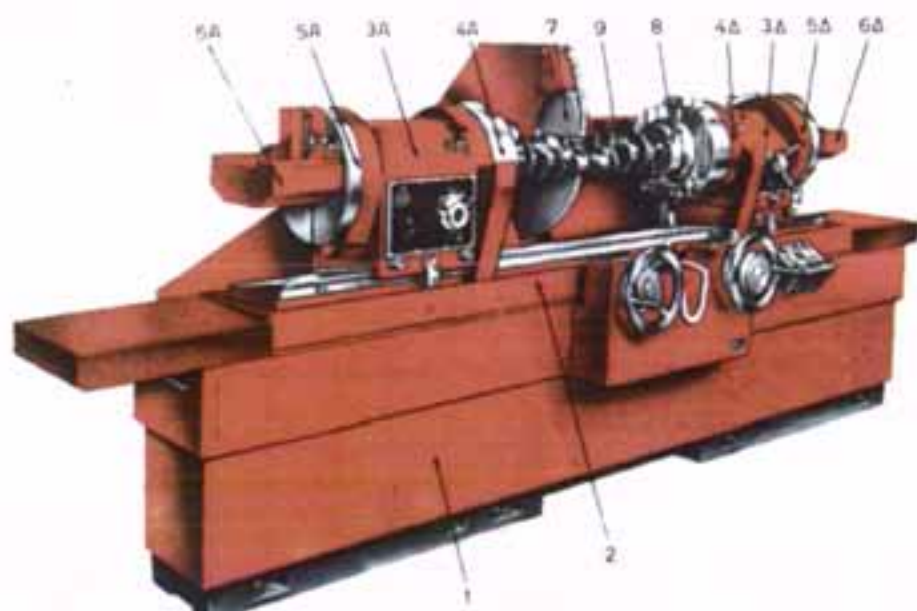


στο σχήμα 2.51. Επάνω στις γλισιέρες αυτές βρίσκονται τα τσοκ, που συγκρατούν το στροφαλοφόρο. Τα τσοκ αυτά μπορούν:

Να μετακινούνται επάνω στις γλισιέρες με μεγάλη ακρίβεια (υπάρχει βερνιέρος) και να σταθεροποιούνται, σχετικά με την άτρακτο, όχι μόνο κεντρικά αλλά και έκκεντρα, πάνω στα πλατώ, με καθορισμένη κάθε φορά εκκεντρότητα.

Να περιστρέφονται πάνω στα πλατώ με ακρίβεια μέχρι 180° εν σχέση με τις γλισιέρες του πλατώ και κατόπιν να σταθεροποιούνται και να ασφαρίζονται στη νέα τους θέση. Τα πλατώ περιστρέφονται από την άτρακτο της κινητήριας κεφαλής και συμπαρασύρουν στην περιστροφή όλο το συγκρότημα των δύο τσοκ με το στροφαλοφόρο, είτε αυτά είναι σταθεροποιημένα κεντρικά επάνω στα πλατώ είτε έκκεντρα.

Ο υπόλοιπος εξοπλισμός της μηχανής, δηλαδή, ο λειαντικός τροχός, ο μηχανισμός για την παλινδρόμηση του τραπεζιού, ο μηχανισμός για το πλησίασμα του τροχού στον άξονα (βάθος κοπής), το σύστημα ψύξεως κ.λ.π., είναι παρόμοιος με τον εξοπλισμό που υπάρχει σε μια μηχανή για λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών.



Σχήμα 2.51 Κινητήρια πλάκα με τσοκ για τη συγκράτηση του στροφαλοφόρου.

#### δ) Αλλαγή από συγκράτηση για λείανση τριβέων βάσεως σε συγκράτηση για λείανση κομβίων.

Στο σχήμα 2.52 (α) παρουσιάζεται σχηματικά το πλατώ του λειαντικού μηχανήματος με τις γλισιέρες του. Το τσοκ τριών σφιγκτήρων βρίσκεται στο



Να περιστραφεί το τσοκ μαζί με το στροφαλοφόρο κατά τη γωνία  $\omega$  (σχ. 2.52), ώστε να λάβει τη θέση που φαίνεται στη λεπτομέρεια (β). Να μετατοπισθεί ολόκληρο το τσοκ μαζί με το στροφαλοφόρο επάνω στις γλισιέρες του κατά την εκκεντρότητα  $\epsilon$ , όπως φαίνεται στη λεπτομέρεια (γ) του σχήματος 2.52. Όταν τελειώσει η λείανση των κομβίων  $K_1, K_2$ , πρέπει να γίνει περιστροφή του τσοκ κατά  $180^\circ$  επάνω στο πλατώ ή αντίθετη μετατόπιση του επάνω στις γλισιέρες κατά  $2\epsilon$ , οπότε στη θέση του νοητού άξονα της κύριας ατράκτου θα συμπίπτει ο άξονας  $\gamma_1-\gamma_2$  των κομβίων  $K_3, K_4$  για να ακολουθήσει η λείανση τους.

Σε περίπτωση στροφαλοφόρου εξακύλινδρης μηχανής, τα τρία ζεύγη των κομβίων βρίσκονται μεταξύ τους υπό γωνίας  $120^\circ$ . Συνεπώς, έπειτα από τη λείανση του πρώτου ζεύγους κομβίων, πρέπει το τσοκ να περιστραφεί κατά  $120^\circ$  και, για τα υπολειπόμενα δύο κομβία, κατά  $120^\circ$  ακόμα. Ανάλογες μετακινήσεις και περιστροφές γίνονται και σε περιπτώσεις στροφαλοφόρων για οκτακύλινδρες και πολυκύλινδρες γενικά μηχανές.

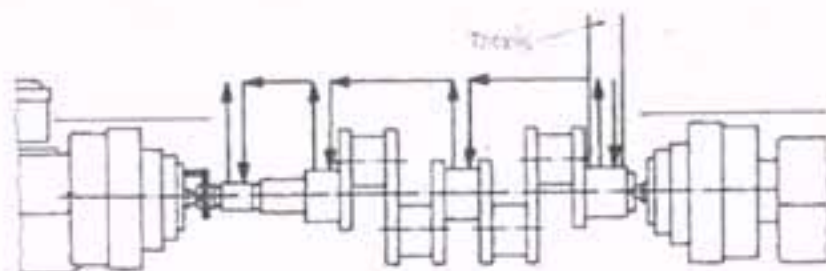
#### ε) Συμπληρωματικά για τα λειαντικά στροφαλοφόρα.

- Τα αντίβαρα έχουν ως σκοπό να ζυγοσταθμίσουν το συγκρότημα των περιστρεφόμενων μαζών από την έκκεντρη μετατόπιση των δύο τσοκ, που, αλλιώς, λόγω του μεγάλου βάρους τους, θα παρουσιάζουν ανυπέρβλητη ανωμαλία στην περιστροφή. Για τη σχετικά εύκολη και καλή ζυγοστάθμιση το κιβώτιο ταχυτήτων στην κινητήρια κεφαλή μπαίνει στο νεκρό σημείο, οπότε ολόκληρο το σύστημα μαζί με το στροφαλοφόρο γυρίζουν ελεύθερα (τρελά) με το χέρι, δηλαδή η ζυγοστάθμιση γίνεται πάνω στην ίδια τη μηχανή.
- Τα λειαντικά στροφαλοφόρα κατασκευάζονται για διάφορα μήκη σύμφωνα με τις ανάγκες της βιομηχανίας. Το λειαντικό του σχήματος 2.50 δέχεται μέγιστο ολικό μήκος στροφαλοφόρου 1500 mm και μέγιστη εκκεντρότητα  $\epsilon = 110$  mm. Κατασκευάζονται όμως λειαντικά για μήκη 3 m και ακόμα πολύ μεγαλύτερα καθώς επίσης και για μήκη μικρότερα από 1500 mm.
- Τα λειαντικά στροφαλοφόρα έχουν πάντα λειαντικούς τροχούς με πολύ μεγάλη διάμετρο. Αυτό οφείλεται στο ότι ο τροχός πρέπει να μπαίνει ελεύθερα ανάμεσα στις «κιθάρες» και τα αντίβαρα των στροφάλων (σχ. 2.49 και 2.50).
- Στη μηχανή του σχήματος 2.50 ο τροχός έχει τυποποιημένη διάμετρο 710 mm και πάχη ανάλογα με τις ανάγκες, από 19 έως 50 mm. Σε μεγαλύτερα μηχανήματα η διάμετρος του τροχού είναι μεγαλύτερη και φθάνει μέχρι και πάνω από 1000 mm.
- Η ταχύτητα κοπής (περιφερειακή ταχύτητα του τροχού), πρέπει να είναι περίπου 30 m/sec. Αυτό, λόγω της μεγάλης διαμέτρου του τροχού, έχει ως συνέπεια μικρό σχετικά αριθμό στροφών στον τροχό. Στην περίπτωση της μηχανής του σχήματος 2.50 ο τροχός έχει στροφές  $n = 870$  ανά λεπτό και συνεπώς η ταχύτητα κοπής είναι:  

$$U = \pi \cdot r \cdot n / 1000 \cdot 60 = \pi \cdot 710 \cdot 870 / 1000 \cdot 60 = 32,34 \text{ m/sec}$$
- Στην περίπτωση μεγάλων ποσοτήτων ομοίων στροφαλοφόρων αξόνων, όπως στη βιομηχανία αυτοκινήτων, μπορεί το πλεθυσμα του τροχού



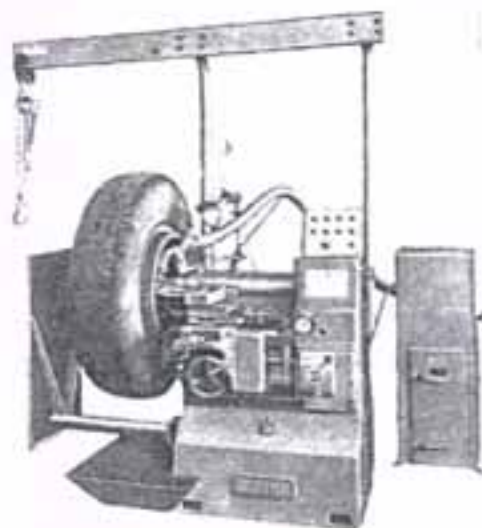
ανάμεσα από τις κιθάρες και τα αντίβαρα καθώς και η οριζόντια μετατόπιση του από τριβέα σε τριβέα, να γίνεται αυτόματα με πρόγραμμα (σχ. 2.53).



Σχήμα 2.53 Πορεία του τροχού κατά τη λείανση των στροφείων βάσει στροφαλοφόρου με αυτόματη μετατόπιση με πρόγραμμα.

*Ειδικές λειαντικές μηχανές για εξαρτήματα κινητήρων αυτοκινήτων.*

Το πολύ μεγάλο πλήθος των συνεργείων επισκευής αυτοκινήτων που υπάρχουν παντού δικαιολογεί, από εμπορική και οικονομική άποψη, τη διάδοση των μηχανών αυτών. Η ειδική κατασκευή τους, για ορισμένη μόνο εργασία σε τμήματα των μηχανών των αυτοκινήτων, τις κάνει ευκολόχρηστες, με μικρό κόστος και δικαιολογεί την απόκτηση τους ακόμη και από μικρές σχετικά επιχειρήσεις. Στη συνέχεια δίδεται μόνο η εικόνα και ο χαρακτηρισμός για τα κυριότερα από τα παραπάνω ειδικά λειαντικά μηχανήματα (σχ. 2.54, 2.55, 2.56, 2.57, 2.58, 2.59).



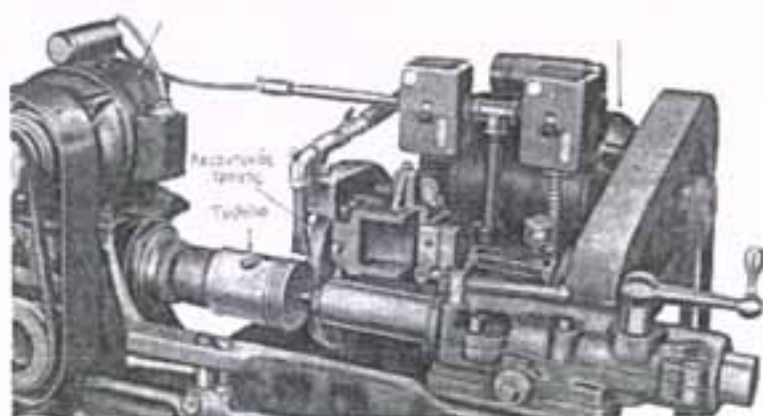
Σχήμα 2.54 Μηχανή για την τόνρευση και λείανση της εσωτερικής κυλινδρικής επιφάνειας τριβάνων πεδησεως (ταμπούρα) των αυτοκινήτων.

Ειδικότερα για την μηχανή λειάνσεως εμβόλων αυτοκινήτων (σχ. 8.55) σημειώνεται ότι:

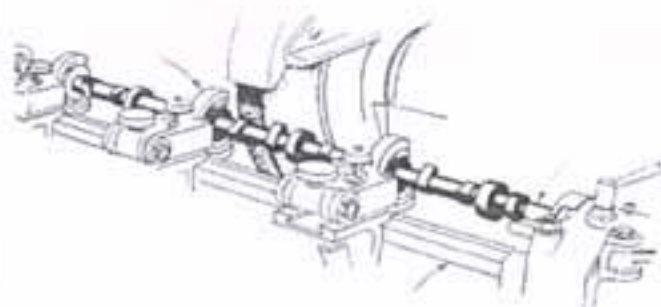
Όπως φαίνεται και από το σχήμα, εκτός από το λειαντικό τροχό, προσαρμόζεται και κοπτικό τόρνου και μπορεί να κάνει ακόμα και τόννευση του εμβόλου.

Έχει ειδικευμένο μηχανισμό και διαμόρφωση τέτοια, ώστε κατά τη λείανση μπορεί να δώσει όχι μόνο την αναγκαία πάντοτε κωνικότητα αλλά ακόμη και την ελλειπτικότητα που απαιτείται να έχουν ορισμένα είδη από τα αλουμινένια έμβολα αυτοκινήτων για λειτουργικούς λόγους.

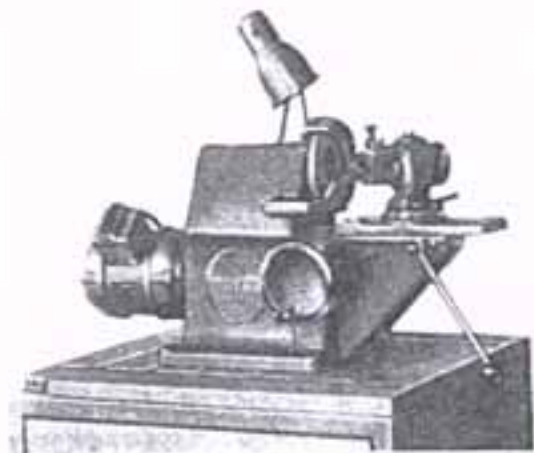
Η ελλειπτικότητα αυτή, που είναι πολύ μικρού μεγέθους, διαφέρει κατά το μέγεθος και τον τύπο των εμβόλων και δίδεται από την προσαρμογή μιας σειράς ελαφρώς εκκεντρικών πρόσθετων δίσκων, από τις «κάμας», με τις οποίες είναι εφοδιασμένη η μηχανή. Κάθε μία «κάμα» προσδίδει στο έμβολο ορισμένη ελλειπτικότητα.



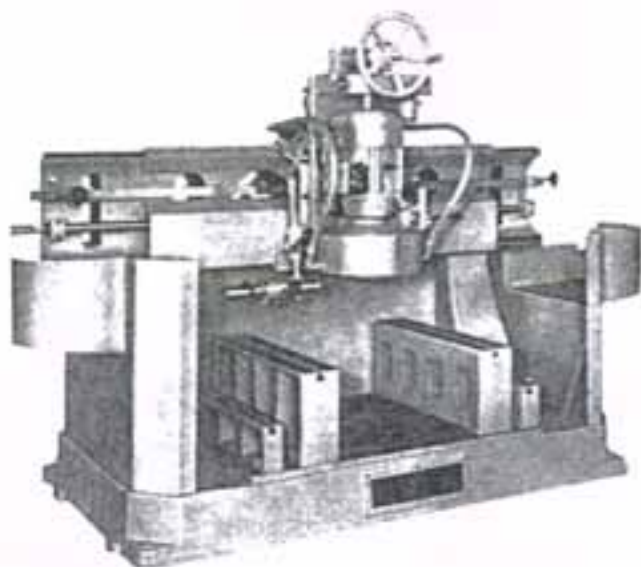
Σχήμα 2.55 Μηχανή για τη λείανση εμβόλων αυτοκινήτων.



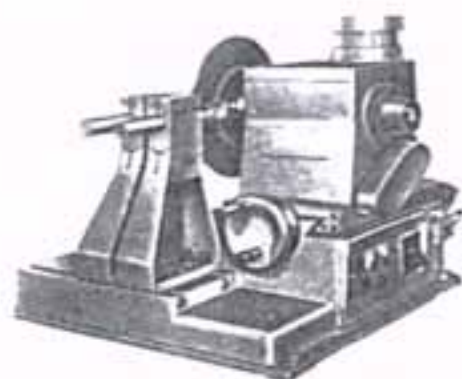
Σχήμα 2.56 Μηχανή για τη λείανση εκκεντροφόρων αξόνων



Σχήμα 2.57 Ειδική μηχανή για τη λείανση (ρεκτιφάρισα) των βαλβίδων.



Σχήμα 2.58 Μηχανή για το ρεκτιφάρισα της επάνω επιφάνειας του μπλοκ των κυλίνδρων και της κάτω επιφάνειας των κεφαλών.



Σχήμα 2.59 Μηχανή για την τόνρευση και λείανση των δίσκων και των δισκόφρενων. Τόνρευτούνται ταυτόχρονα και οι δύο επιφάνειες του δίσκου

### *Χόνινγκ (Honing).*

Αποτελεί ένα είδος λείανσεως εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών. Αντί για λειαντικό τροχό χρησιμοποιούνται λειαντικά ραβδιά, τα οποία είναι διατεταγμένα περιφερειακά και πλένονται με ελατήρια από μέσα προς τα έξω.

Η μέθοδος Χόνινγκ χρησιμοποιείται, όπως και το γλύφανο (αλεξιούαρ), για λείανση κυλινδρικών οπών μέσα στα οποία εισάγεται η διάταξη, δηλαδή το εργαλείο του Χόνινγκ με τα ραβδιά (σχ. 2.60). Όπως στους λειαντικούς τροχούς, έτσι και στο Χόνινγκ το υλικό των ραβδίων ανάλογα με το είδος και τη σκληρότητα του υλικού που πρόκειται να κατεργασθεί έχει ως βάση το κορούνδιο ή το ανθρακοπυρίτιο (SiC) σε κατάλληλη σκληρότητα και όπως είναι ευνόητο σε πολλή λεπτή κόκκωση.

Το εργαλείο περιστρέφεται αργά, γύρω από τον άξονα του, ενώ ταυτόχρονα κάνει παλινδρομική κίνηση μέσα στον κύλινδρο. Η διαφορά του Χόνινγκ από τη γνωστή λείανση με τους λειαντικούς τροχούς είναι ότι αποδίδει μεγαλύτερη ακρίβεια κατεργασίας και καλύτερη ποιότητα επιφάνειας.

Το Χόνινγκ κατά τη λειτουργία του δεν διαμορφώνει δικό του άξονα κατεργασίας αλλά ακολουθεί τον άξονα της οπής μέσα στην οποία κινείται. Για το λόγο αυτό, αλλά και επειδή τα ραβδιά υποχωρούν μαζί με τα ελατήρια, το Χόνινγκ μπορεί να διορθώσει σφάλματα κυλινδρικότητας αλλά όχι όμως εκκεντρότητας που προϋπάρχουν στην προς κατεργασία οπή.

Η ακρίβεια κατεργασίας που επιτυγχάνεται με το Χόνινγκ είναι:

Για διάμετρο 0... 100 mm, ακρίβεια 3... 8 μm. Για διάμετρο 11... 200 mm, ακρίβεια 10... 15 μm.

Έχει μεγάλη εφαρμογή στη λείανση των κυλίνδρων των μηχανιών εσωτερικής καύσεως και ιδιαίτερα στους κινητήρες των αυτοκινήτων (σχ. 2.61).

Σε αντίθεση με τη λείανση με τροχούς, όπου η ταχύτητα κοπής είναι 25... 35 m/sec, στην περίπτωση Χόνινγκ η περιφερειακή ταχύτητα των ραβδίων είναι πολύ μικρή (κυμαίνεται από 20... 35 m/min). Η ταχύτητα παλινδρομικής κινήσεως είναι επίσης 20... 35 m/min και ρυθμίζεται κάθε φορά το μήκος των παλινδρομήσεων ανάλογα με το βάθος των κυλίνδρων.

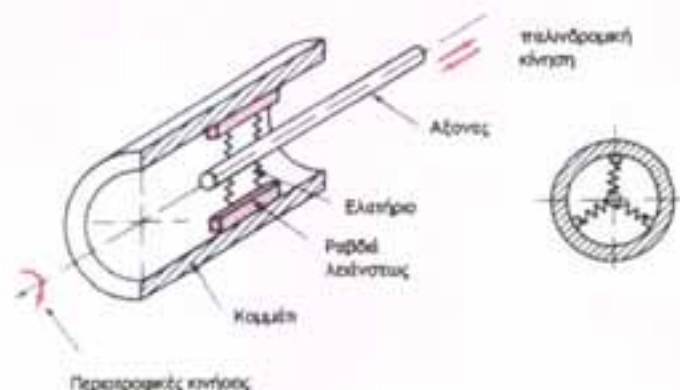


Το κυρίως εργαλείο του Χόνινγκ με τα ραβδιά κατασκευάζεται για μία κλίμακα διαμέτρων από 20 μέχρι και πάνω από 600 mm και ο αριθμός των ραβδιών ανάλογα με τη διάμετρο είναι από 3... 12.

Τα εργαλεία Χόνινγκ λειτουργούν επάνω στις ειδικές μηχανές για Χόνινγκ όπου προσαρμόζονται μέσω ενός άξονα που είναι αρθρωτός και στα δύο του άκρα σχ. 2.62 (α).

Με την κατεργασία Χόνινγκ μπορεί να αφαιρεθεί μόνο ένα πολύ λεπτό στρώμα υλικού. Για το λόγο αυτό η προηγούμενη κατεργασία των οπών πρέπει να είναι λεπτή και επιμελημένη (λεπτή τόνρευση).

Η κατεργασία Χόνινγκ συνοδεύεται πάντα με υγρό κοπής το οποίο είναι πετρέλαιο ή ειδικά λάδια κοπής που συνιστούν οι κατασκευαστές των μηχανών Χόνινγκ.

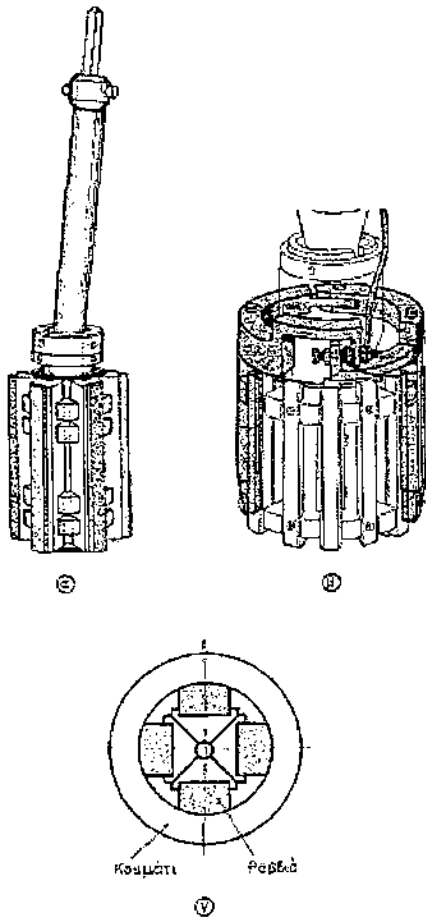


Σχήμα 2.60 Βασική αρχή λειάνσεως Χόνινγκ.



Σχήμα 2.61 Λειαντικό μηχάνημα Χόνινγκ για κινητήρες αυτοκινήτων





Σχήμα 2.62 Εργαλείο Χόνιγκ με αρθρωτό σύνδεσμο: α) Για μικρές διαμέτρους, β) Για μεγάλες διαμέτρους, γ) Θέση ραβδιών μέσα στο κομμάτι.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΤΡΙΒΗ-ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ-ΚΟΠΤΙΚΑ ΥΓΡΑ

#### Η ΤΡΙΒΗ ΣΤΗΝ ΚΟΠΗ

Με τον όρο τριβή αναφερόμαστε στην ενδογενή αντίσταση στην κίνηση ενός σώματος το οποίο κινείται ή τείνει να κινηθεί ερχόμενο σε επαφή με ένα άλλο σώμα. Ο ορισμός αυτός της φυσικής έννοιας του φαινομένου παρουσιάζει τη γενικότητά του. Εκτός από την περίπτωση της κίνησης ενός σώματος στο κενό όλες οι άλλες περιπτώσεις υπόκεινται στην επίδραση της τριβής. Επίσης συμπεριλαμβάνονται και οι εσωτερικές κινήσεις σε μοριακό ή ατομικό επίπεδο των διαφόρων φάσεων των υλικών στοιχείων (στερεά, υγρή, αέρια και ενδιάμεσες). Ανάλογα με τη φάση στην οποία βρίσκονται τα σχετικά κινούμενα σώματα διακρίνουμε τα ακόλουθα είδη τριβής:

**Μηχανική τριβή**, στην περίπτωση που και τα δυο σώματα βρίσκονται στη στερεά φάση

**Ρευστοδυναμική τριβή**, όταν το ένα από τα κινούμενα μέρη ή και τα δυο ή περισσότερα είναι ρευστό. Ειδικότερα διακρίνονται τα παρακάτω είδη:

**Υδροδυναμική τριβή**, όταν ένα από τα σώματα είναι στερεό και το άλλο υγρό

**Αεροδυναμική τριβή**, αντίστοιχα με την υδροδυναμική, όταν το ένα σώμα είναι στερεό και το άλλο αέριο

Άλλες δυνατές περιπτώσεις κίνησης σωμάτων περιγράφονται από τη μηχανική των ρευστών και αφορούν τις επονομαζόμενες διαφασικές ή πολυφασικές ροές

Το είδος τριβής που ενδιαφέρει περισσότερο το σχεδιαστή μηχανικό είναι η μηχανική τριβή. Στο εξής με τον όρο τριβή εννοείται η μηχανική τριβή εκτός και αν ορίζεται διαφορετικά. Δευτερευόντως και κατά συνέπεια της μηχανικής τριβής μελετώνται οι άλλες δυο περιπτώσεις τριβής μεταξύ στερεού και ρευστού. Η μηχανική τριβή διακρίνεται επιπλέον, ανάλογα με το είδος της κίνησης σε

**Τριβή ολίσθησης**, όταν ένα σώμα ολισθαίνει, μεταφέρεται, πάνω σε ένα άλλο, και

**Τριβή κύλισης**, όταν ένα σώμα κυλιέται, περιστρέφεται, πάνω σε ένα άλλο

Ανάλογα με το είδος της επαφής των επιφανειών των σωμάτων διακρίνονται οι ακόλουθες μορφές τριβής:

**Ξηρή τριβή**, όταν τα δυο σώματα έρχονται σε άμεση επαφή

**Λιπανόμενη τριβή**, όταν μεταξύ των δυο σωμάτων παρεμβάλλεται στρώμα λιπαντικού. Ειδικότερα αναλόγως της φύσεως του λιπαντικού διακρίνονται τα ακόλουθα είδη:

**Υγρή λιπανόμενη τριβή**, όταν το λιπαντικό είναι υγρό (λάδια, γράσο)

**Ξηρά λιπανόμενη τριβή**, όταν το λιπαντικό είναι στερεό (π. χ. άνθρακας), και

**Αέρια λιπανόμενη τριβή**, όταν ως λιπαντικό δρα ο αέρας

· Στην περίπτωση που τα σώματα έρχονται μερικώς σε άμεση επαφή ενώ διαχωρίζονται και από στρώμα λιπαντικού διακρίνεται η περίπτωση της ημι-υγρής τριβής

Η τριβή που αναπτύσσεται κατά την κίνηση των μορίων των υλικών όταν βρίσκονται σε ρευστή φάση (υγρά, αέρια) ονομάζεται **εσωτερική τριβή**.

## **Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΟΠΗ**

### **1. ΓΕΝΙΚΑ**

Η παραγόμενη θερμότητα κατά την κοπή είναι μία από τις κρίσιμες παραμέτρους που επηρεάζουν σημαντικά την σωστή διεξαγωγή της κοπής. Για παράδειγμα, η θερμότητα επηρεάζει τις δυνάμεις κοπής, αυξάνει την ταχύτητα φθοράς του κοπτικού εργαλείου και μειώνει τη διάρκεια ζωής του, προκαλεί θερμική καταπόνηση στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις κοκ.

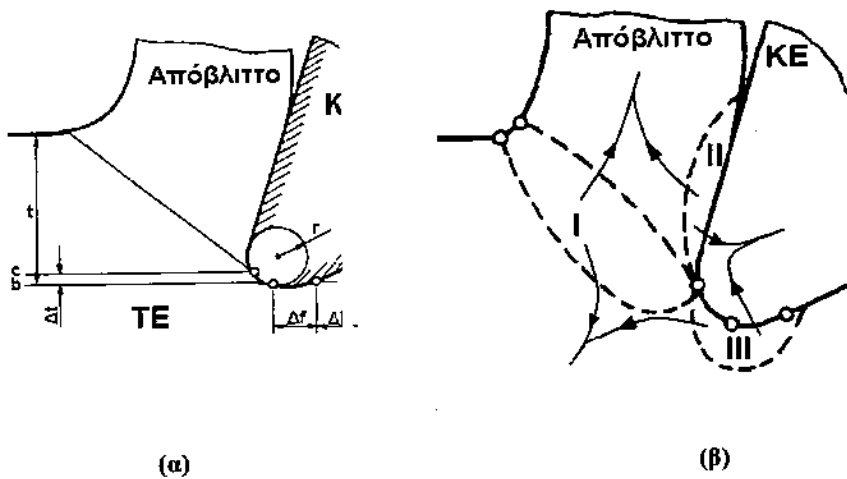
Στις κατεργασίες κοπής συνυπάρχουν και οι τρεις μηχανισμοί μεταφοράς της θερμότητας (με επαφή, αγωγή και ακτινοβολία), π.χ. η μεταφορά θερμότητας μέσα στο απόβλητο, το κατεργαζόμενο τεμάχιο, το ΚΕ και τον συγκρατητή του λαμβάνει χώρα με επαφή, η μεταφορά θερμότητας μεταξύ ψυκτικού υγρού/αέρα και αποβλήτου/ΚΕ/ΤΕ γίνεται με αγωγή, ενώ η ακτινοβολία είναι περιορισμένη στις συμβατικές κατεργασίες κοπής.

Λόγω της πολυπλοκότητας του θερμικού προβλήματος κατά την κοπή, για μια πρώτη προσέγγιση απαιτείται να γίνουν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Σχεδόν το σύνολο (90%-100%) της μηχανικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά την κοπή μετατρέπεται τελικά σε θερμική ενέργεια. Τούτο δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι σημειούμενες παραμορφώσεις είναι

μεγαλύτερες από 2 ( $\gamma_{xy} \geq 2$ ), οπότε η ελαστική δυναμική ενέργεια είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με την ενέργεια πλαστικής παραμόρφωσης (πλαστικό έργο).

- Στη γενική περίπτωση κοπτικού εργαλείου με στρογγυλεμένη κόψη, υπάρχουν τρεις περιοχές που λειτουργούν ως πηγές θερμότητας κατά την κοπή: Η πρωτεύουσα ζώνη (I) (έργο διάτμησης), η δευτερεύουσα ζώνη (II) (έργο τριβής) και η περιοχή τριβής στο καμπύλο τμήμα του ΚΕ (III) (επιφάνεια επαφής ΤΕ-ΚΕ), βλ. Σχ. 1. Για τη θεωρητική αντιμετώπιση του προβλήματος χρειάζεται να τεθούν και άλλες υποθέσεις: π.χ. συνήθως στις περισσότερες προσεγγίσεις υιοθετείται η ανάπτυξη *επίπεδου θερμικών πηγών* (plane heat sources), ομοιόμορφα κατανεμημένων στο επίπεδο διάτμησης και στη διεπιφάνεια ΚΕ/αποβλήτου.



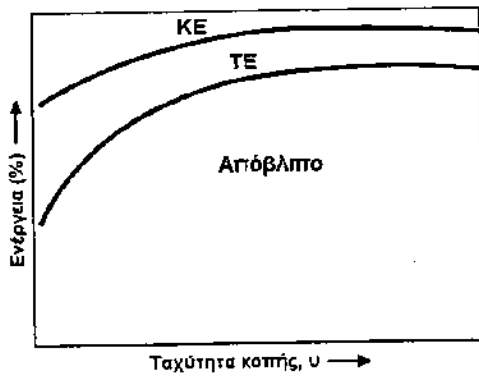
Σχήμα 3.2: Περιοχές παραγωγής θερμότητας κατά την κοπή  
 (α) Εξήγηση μηχανισμού, (β) Συμβολή στη διανομή της θερμότητας

- Προκειμένου να γίνει εφικτός ο υπολογισμός μιας μέσης θερμοκρασίας στο επίπεδο διάτμησης και στο ΚΕ, είναι απαραίτητο να θεσπιστεί ένα κριτήριο επιμερισμού της συνολικής παραγόμενης θερμότητας σε ΚΕ, ΤΕ και απόβλιττο. Τούτο μπορεί να προέλθει μόνο από ευρεία πειραματική εργασία. Στο Σχ. 3.3 παρουσιάζεται μια γενική προσέγγιση, όπως έχει προσδιοριστεί πειραματικά, σύμφωνα με την οποία το μέγιστο μέρος της παραγόμενης θερμότητας απάγεται μέσω του αποβλήτου (75–80 %), ενώ στο Σχ. 3.4 δίνεται τυπικό (πειραματικό) παράδειγμα συνεισφοράς των διαφόρων ζωνών στην έκλυση θερμότητας κατά την κοπή και επιμερισμού της σε ΚΕ, ΤΕ και απόβλιττο σε συγκεκριμένη αντιπροσωπευτική περίπτωση κοπής.
- Τέλος, εκτός από τη γεωμετρία ΚΕ, ΤΕ και αποβλήτου απαιτείται και καθορισμός των οριακών συνθηκών. Στην κατεύθυνση αυτή, μπορούν να τεθούν οι ακόλουθες παραδοχές:

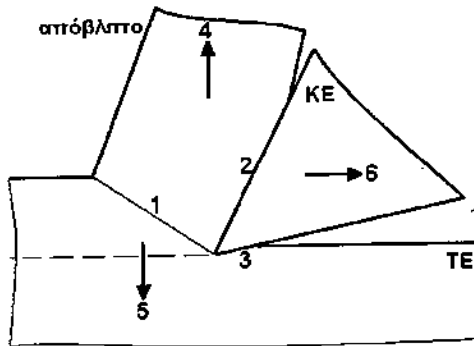
(α) Σε χαμηλές ταχύτητες κοπής, ο ρυθμός απαγωγής της παραγόμενης θερμότητας είναι περίπου ίσος με το ρυθμό έκλυσης της. Η κοπή μπορεί να θεωρηθεί ως *ισόθερμη*.

(β) Με αύξηση της ταχύτητας κοπής, ο ρυθμός απαγωγής της θερμότητας υπολείπεται του ρυθμού έκλυσής της, βαθμιαία και περισσότερο, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του κατεργαζόμενου τεμαχίου και του κοπτικού εργαλείου.

(γ) Σε πολύ υψηλές ταχύτητες κοπής η κοπή μπορεί να θεωρηθεί ως *αδιαβατική*.



Σχήμα 3.3: Τυπική διανομή της θερμότητας που παράγεται κατά την κοπή συναρτήσει της ταχύτητας κοπής



Σχήμα 3.4: Τυπική διανομή της παραγόμενης θερμότητας κατά την κοπή

- 1: Εκλυόμενη θερμότητα στη ζώνη I (80%)
- 2: Εκλυόμενη θερμότητα στη ζώνη II (18%)
- 3: Εκλυόμενη θερμότητα στη ζώνη III (2%)
- 4: Απαγόμενη θερμότητα από απόβλπτο (75%)
- 5: Απαγόμενη θερμότητα από TE (8%)
- 6: Απαγόμενη θερμότητα από KE (17%)

### ΣΥΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΠΟΣΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

• (Ανηγμένη) Ισχύς κοπής

$$\dot{Q} = F_1 v \quad (1)$$

όπου:  $F_1$  η κύρια συνιστώσα της δύναμης κοπής και  $v$  η ταχύτητα κοπής.

• Εκλυόμενη θερμική ισχύς στη ζώνη διάτμησης (I)

$$\dot{Q}_s = \int_{\bar{s}} \bar{\sigma} \cdot d\bar{\epsilon} = A k_s v = F_s v_s \quad (2)$$

όπου:  $\bar{\sigma}$ ,  $\bar{\epsilon}$  η ισοδύναμη τάση και η ισοδύναμη παραμόρφωση που περιγράφουν την καταστατική εξίσωση του υλικού του τεμαχίου,  $c$  η ειδική θερμότητα του υλικού τεμαχίου,  $\rho$  η πυκνότητα του υλικού τεμαχίου,  $A$  η διατομή αποβλήτου και  $k_s$  η ειδική αντίσταση κοπής.

- *Εκλυόμενη θερμική ισχύς στη διεπιφάνεια ΚΕ/αποβλήτου (II)*

$$\dot{Q}_F = F_F v_C \quad (3)$$

όπου:  $F$  η δύναμη τριβής στη διεπιφάνεια αποβλήτου/ΚΕ,  $v_C$  η ταχύτητα αποβλήτου.

- *Συνολική εκλυόμενη θερμική ισχύς*

$$\dot{Q} \cong \dot{Q}_S + \dot{Q}_F \quad (4)$$

- *Απαγόμενη θερμική ισχύς από το απόβλητο*

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_C c_C \Delta\theta_C = A v_C \rho c_C \Delta\theta_C \quad (5)$$

όπου:  $\dot{m}$  η ανά μονάδα χρόνου αφαιρούμενη μάζα υλικού,  $c_C$  η ειδική θερμότητα του υλικού του αποβλήτου,  $\Delta\theta_C$  η αύξηση της θερμοκρασίας αποβλήτου

- *Ποσοστό απαγόμενης θερμικής ισχύος μέσω του αποβλήτου*

$$i = \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}} = \frac{\rho c_C \Delta\theta_C}{k_s} \quad (6)$$

- *Μέση θερμοκρασία ζώνης διάτμησης*

$$\theta_{ms} = \theta_o + \frac{\dot{Q}_S}{c\rho} \quad (7)$$

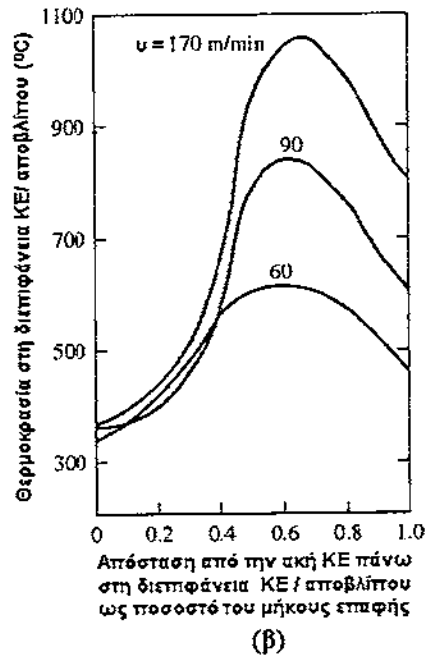
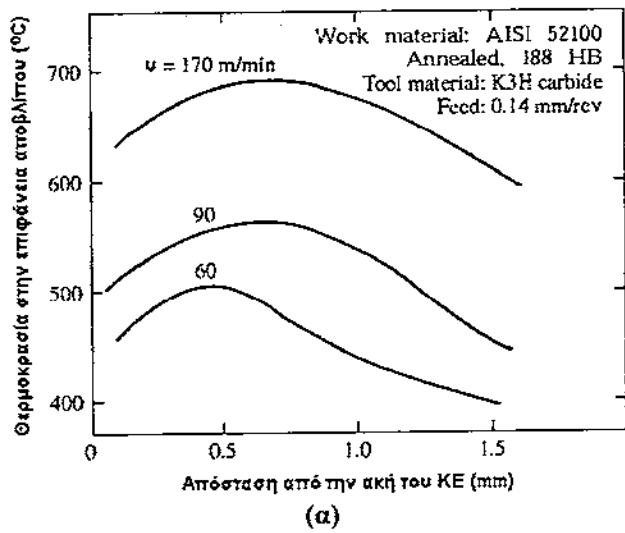
όπου:  $\theta_o$  η αρχική θερμοκρασία (θερμοκρασία περιβάλλοντος).

• Μέγιστη μέση θερμοκρασία αποβλήτου ( $i=1$ )

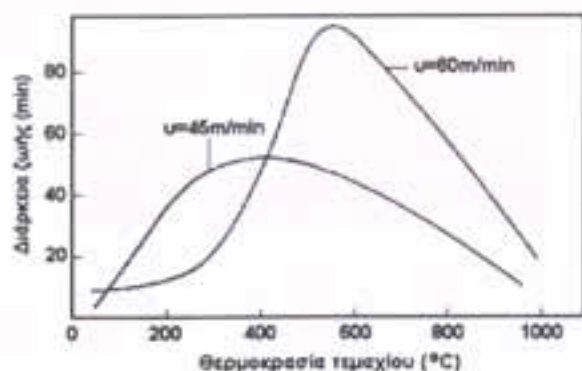
$$\theta_{mC} = \theta_o + \frac{k_s}{c_c \rho} \quad (8)$$

### Παρατηρήσεις

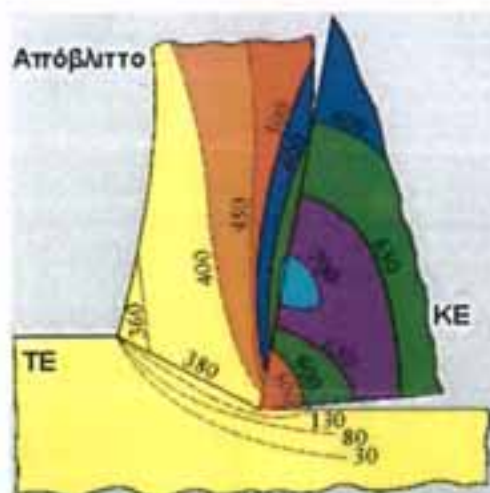
- Για τη μετατροπή της μονάδας θερμότητας από Joules ή daN.m σε kcal λαμβάνεται υπόψη το μηχανικό ισοδύναμο της θερμότητας  $J=427 \text{ daN.m/kcal}$ .
- Η επίδραση των διαφόρων μεγεθών επί της παραγόμενης θερμότητας κοπής και των αναπτυσσόμενων θερμοκρασιών παρουσιάζεται στα Σχ. 3.5



Σχ. 3.5: Επίδραση της ταχύτητας κοπής κατά τη μεταφορά θερμότητας: (α) Επί του αποβλήτου, (β) επί του ΚΕ.



Σχήμα 3.6: Επίδραση της ταχύτητας κοπής και της θερμοκρασίας στη  $\Delta Z$  κοπήρα σε φρεζάρισμα



Σχήμα 3.7: Κατανομή θερμοκρασιών (σε °C) σε TE, KE και απόβλητο κατά την κοπή.

#### Διαστατική ανάλυση για τον υπολογισμό των θερμοκρασιών κοπής.

Ο Kronenberg πρώτος διατύπωσε την άποψη ότι η μέση θερμοκρασία στη διεπιφάνεια KE/αποβλήτου εξαρτάται από τις εξής σημαντικές παραμέτρους της κοπής: διατομή αποβλήτου, ταχύτητα κοπής, ειδική αντίσταση κοπής, θερμική αγωγιμότητα υλικού TE και ογκομετρική ειδική θερμότητα του υλικού TE (γινόμενο πυκνότητας και ειδικής θερμότητας). Δηλαδή είναι:

$$\theta_f = g(A, v, k_s, \lambda, h) \quad (9)$$

Σύμφωνα με τις βασικές αρχές της διαστατικής ανάλυσης, για τη συσχέτιση των 6 φυσικών μεγεθών της εξ. (9) απαιτείται ο σχηματισμός δύο αδιάστατων μονονόμων που περιλαμβάνουν 5 από τα 6 μεγέθη, δηλ.



$$Q_1 = v^a k_i^b \lambda^c h^d \theta_F \quad (10\alpha)$$

$$Q_2 = v^e k_i^f \lambda^g h^i A \quad (10\beta)$$

Οι εκθέτες  $a, b, c, d, e, f, g, i$  θα υπολογιστούν από την απαίτηση τα  $Q_1, Q_2$  να είναι αδιάστατα. Με τη βοήθεια του Πίν. 1 και με αντικατάσταση στις εξ. (10) προκύπτουν τα ακόλουθα συστήματα εξισώσεων:

**Πίνακας α : Φυσικά μεγέθη που επηρεάζουν την έκλυση θερμότητα στην κοπή και διαστάσεις τους**

Φυσικό μέγεθος	Διαστάσεις
Θερμοκρασία ( $\theta_F$ )	$\theta$
Διατομή αποβλίττου (A)	$L^2$
Ταχύτητα κοπής (v)	$L T^{-1}$
Ειδική αντίσταση κοπής ( $k_i$ )	$L T^{-1} \theta^{-2}$
Αγωγιμότητα υλικού TE ( $\lambda$ )	$ML T^{-3} \theta^{-1}$
Ογκομετρική ειδική θερμότητα υλικού TE ( $h=pc$ )	$MLT \theta$
	$ML^{-1}T^{-2}\theta^{-1}$

$$Q_1 = L^{(a-b+c-d)} M^{(b+c+d)} T^{(-a-2b-3c-2d)} \theta^{(-c-d+1)} \quad \text{ή ισοδύναμα για να είναι το } Q_1$$

αδιάστατο

$$\begin{aligned} a - b + c - d &= 0 \\ -a - 2b - 3c - 2d &= 0 \\ b + c + d &= 0 \\ -c - d &= -1 \end{aligned} \quad (11\alpha)$$

Ομοίως είναι:

$$Q_2 = L^{(e-f+g-i+2)} M^{(f+g+i)} T^{(-e-2f-3g-2i)} \theta^{(-g-i)} \quad \text{ή ισοδύναμα για να είναι το } Q_2$$

αδιάστατο

$$\begin{aligned} e - f + g - i &= -2 \\ -e - 2f - 3g - 2i &= 0 \\ f + g + i &= 0 \\ -g - i &= 0 \end{aligned} \quad (11\beta)$$

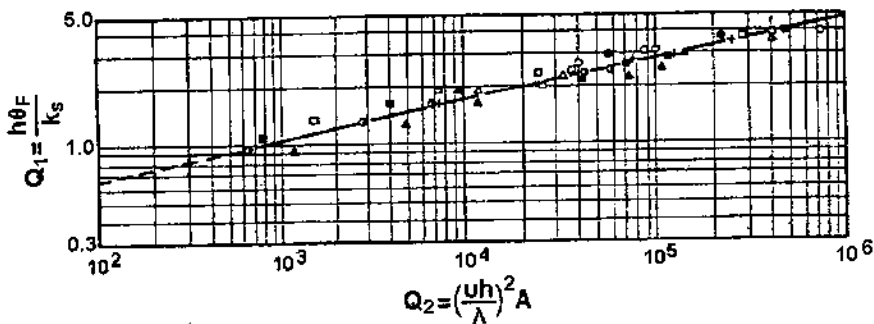
Από τη λύση των συστημάτων (11α) και (11β) προκύπτει  $a=0, b=-1, c=0, d=1, e=2, f=0, g=-2, i=2$ .

Επομένως, τα αδιάστατα μονώνυμα  $Q_1$  και  $Q_2$  θα έχουν τη μορφή

$$Q_1 = \frac{h\theta_F}{k_s} \quad (12\alpha)$$

$$Q_2 = \frac{v^2 h^2 A}{\lambda^2} \quad (12\beta)$$

Απαιτείται μία συσχέτιση μεταξύ των  $Q_1$ ,  $Q_2$  της μορφής  $Q_1 = f(Q_2)$ , πειραματικής προέλευσης. Για το σκοπό αυτό έχει παραχθεί η πειραματική γραμμή παλινδρόμησης του Σχ. 3.8 (σε διπλή λογαριθμική κλίμακα), από την οποία προκύπτει η σχέση



Σχήμα 3.8: Πειραματική συσχέτιση των αδιάστατων μονωνόμενων  $Q_1$ ,  $Q_2$  κατά Gottwein.

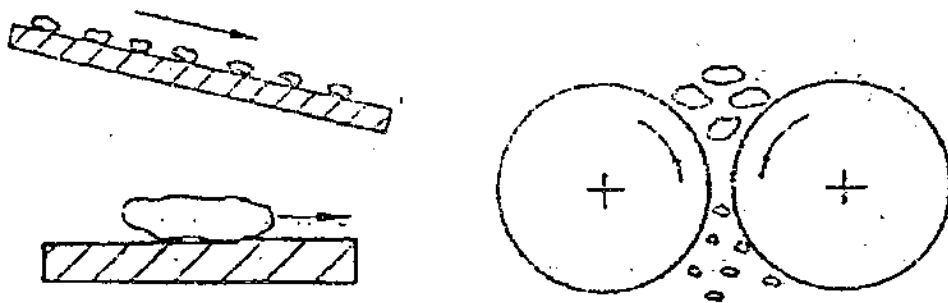
$$Q_1 = 0.67 \cdot Q_2^{0.22} \quad \text{ή επιλύοντας ως προς τη θερμοκρασία, λαμβάνεται τελικά}$$

$$\theta_F = \frac{0.67 k_s v^{0.44} A^{0.22}}{\lambda^{0.44} h^{0.56}} \quad (13)$$

### Φθορά Λείανσης

Η λείανση εμφανίζεται κατά την άμεση επαφή δύο σωμάτων που το ένα κινείται σχετικά ως προς το άλλο και η επιφάνεια του ενός είναι κατά πολύ σκληρότερη από την επιφάνεια του άλλου. Αυτό το φαινόμενο έχει ως αποτέλεσμα την εισχώρηση του σκληρότερου υλικού στο μαλακότερο και εν συνεχεία την πλαστική παραμόρφωση του δευτέρου από το πρώτο. Στη βιομηχανία αυτό το είδος φθοράς είναι πολύ διαδεδομένο σε σημείο που έχει υπολογιστεί ότι αποτελεί το 50% της φθοράς των εγκαταστάσεων.

Στην πράξη διακρίνονται διάφοροι τύποι φθοράς λείανσης όπως λείανση δυο σωμάτων και λείανση τριών σωμάτων. Η λείανση τύπου δυο σωμάτων εμφανίζεται συχνά κατά τη μεταφορά ορυκτών υλών, ενώ η λείανση τύπου τριών σωμάτων παρουσιάζεται κατά την κατεργασία ορυκτών υλών ή όταν παρείσφρηση ξένο σώμα (π.χ. σκόνη) σε έδρανα.



Σχ.3.9 Λείανση δύο (α) και τριών (β) σωμάτων

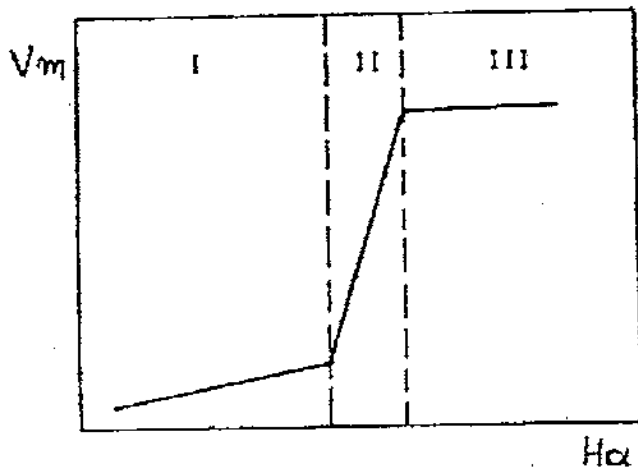
Η λείανση διακρίνεται επίσης σε

- Λείανση γλυφάνου που εμφανίζεται στη φθορά φτυαριών ή σφυρών σε μηχανισμό κρουστικού κονιορτοποιητή.
- Τροχιστική λείανση που εμφανίζεται στη φθορά δίσκων τροχίστης.

Στο εργαστήριο ο μηχανισμός της φθοράς λείανσης μελετάται με την ολίσθηση στερεών πάνω σε γυαλοχαρτό ή σμυριδόχαρτο. Αποτελέσματα τέτοιων μελετών φαίνονται παρακάτω.

Σε δεδομένο καθεστώς φθοράς (ολίσθηση συγκεκριμένου μετάλλου σε συγκεκριμένο σμυριδόχαρτο κάτω από την επίδραση συγκεκριμένης δύναμης) η ποσότητα του μετάλλου,  $V$ , που αφαιρείται λόγω της φθοράς λείανσης, αυξάνεται γραμμικά με το φορτίο  $F$  και την απόσταση ολίσθησης  $l$ . Αυτό συμβολικά γράφεται ως

$$V \sim FL$$



Σχ.3.10 Όγκος φθοράς ως προς τη σκληρότητα υλικού λείανσης

Η οποιαδήποτε απόκλιση οφείλεται συνήθως στην ελάττωση του μεγέθους των σωματιδίων της επιφάνειας. Για τη σύγκριση της συμπεριφοράς σε λείανση διαφόρων υλικών ορίζονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Όγκος φθοράς,  $V_m$
- Αντίσταση φθοράς,  $\epsilon = 1/\text{όγκος φθοράς} = 1/V_m$
- Σχετική αντίσταση φθοράς,  $\epsilon_w = \epsilon(\text{δοκιμίου})/\epsilon(\text{προτύπου})$

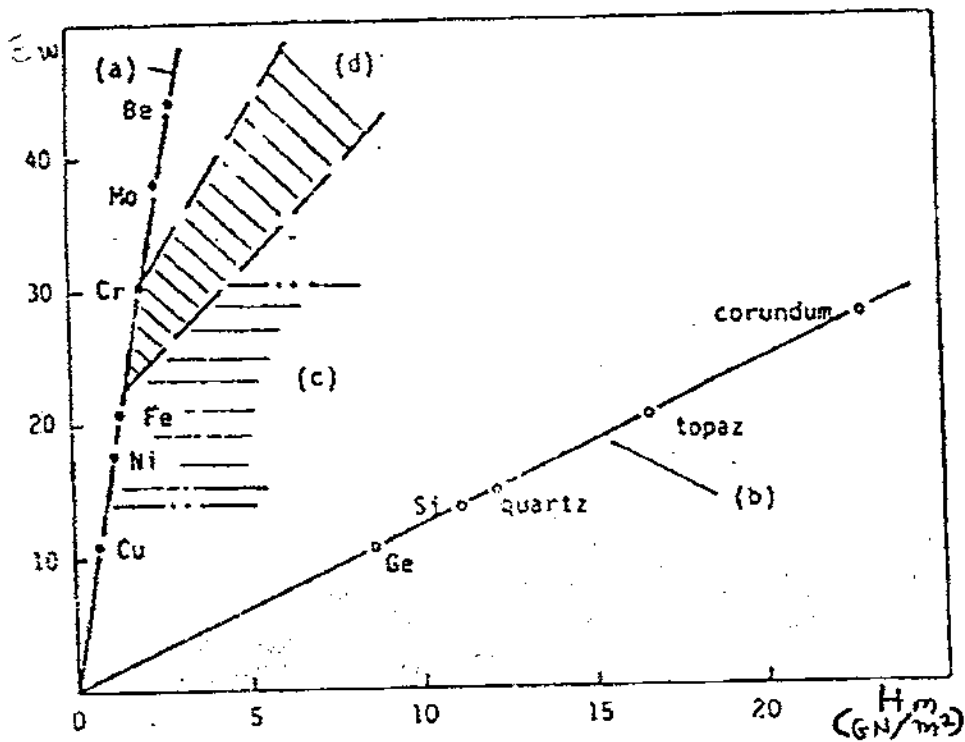
Τα πειράματα έδειξαν ότι η φθορά λείανσης εξαρτάται από τη σχέση μεταξύ της σκληρότητας του υλικού λείανσης ( $H_a$ ) και της σκληρότητας του μετάλλου ( $H_m$ ).

Διακρίνονται τρεις καταστάσεις φθοράς όπως φαίνεται στο σχήμα.

1. Κατάσταση χαμηλής φθοράς (περιοχή I) όπου  $H_a < H_m$
2. Μεταβατική κατάσταση (περιοχή II) όπου  $H_a \cong H_m$
3. Κατάσταση υψηλής φθοράς (περιοχή III) όπου  $H_a > H_m$

Από τα παραπάνω αποτελέσματα της σχέσης ανάμεσα στη σκληρότητα των τριβομενων υλικών προκύπτει το συμπέρασμα ότι για να επιτευχθεί ελάττωση της φθοράς λείανσης πρέπει η σκληρότητα του υλικού που λειαινεται,  $H_m$ , να είναι μεγαλύτερη από τη σκληρότητα του υλικού που λειαινεί,  $H_a$ , κατά 1,3. Δηλαδή πρέπει:

$$H_a = 1.3 H_m$$



Σχ.3.11 Η σχετική αντίσταση στη φθορά,  $\epsilon_w$ , διαφόρων υλικών ως συνάρτηση της σκληρότητας  $H_m$ .

Ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων των υλικών σε συνθήκες υψηλής φθοράς (περιοχή c) φαίνεται στο σχήμα (;) και προέρχεται από δοκιμές μεγάλου αριθμού διαφορετικών υλικών. Οι μετρήσεις έγιναν κάτω από τις απαιτούμενες συνθήκες υψηλής φθοράς. Τα δεδομένα προέκυψαν χρησιμοποιώντας ηλεκτρολυτικά παραγόμενο κορούνδιο ( $H = 22.9 \text{ GP}_2$ ) ως υλικό λείανσης και ως πρότυπο κράμα μολυβδού - κασσιτέρου που περιέχει και αντιμόνιο. Η σκληρότητα των υλικών υπολογίζεται πριν από το πείραμα χρησιμοποιώντας διαμάντι. Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από το διάγραμμα του σχήματος είναι (η αρίθμηση αντιστοιχεί στο διάγραμμα):

(a) Τα τεχνολογικά καθαρά μέταλλα και οι ανοπυμένοι χάλυβες παρουσιάζουν σχετική αντίσταση στη φθορά,  $\epsilon_w$ , ευθέως ανάλογη με τη σκληρότητα  $H_m$ .

$$E_w = C_{\text{μετ}} H_m$$

$$\text{Όπου } C_{\text{μετ}} = 13.8 \cdot 10^{-3} \text{ N}^{-1} \text{ mm}^2$$

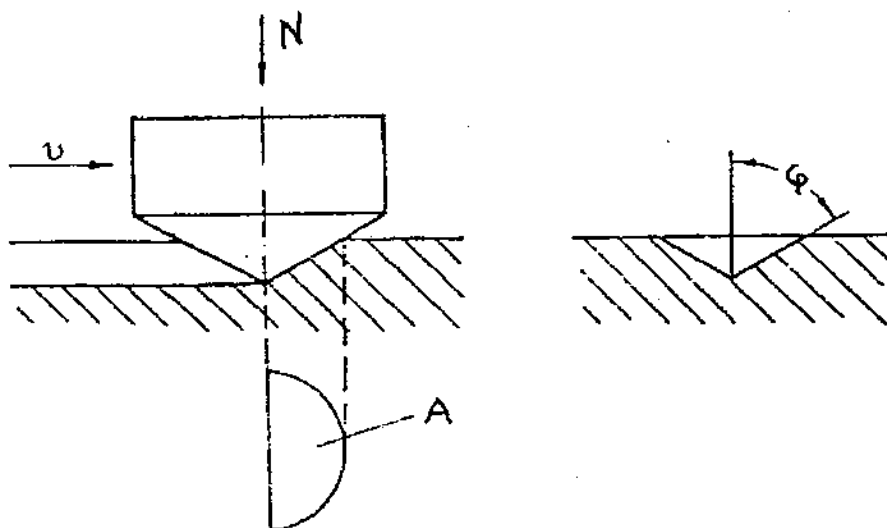
(b) Η αντίστοιχη σχέση της σχετικής αντίστασης στη φθορά και της σκληρότητας στην περίπτωση των μη μεταλλικών σκληρών υλικών είναι και αυτή γραμμική.

$$E_w = C_{op} H_m$$

$$\text{Όπου } C_{op} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ N}^{-1} \text{ mm}^2$$

(c) Τα μέταλλα τα οποία έχουν υποστεί σκλήρυνση εν ψυχρώ λόγω πλαστικής παραμόρφωσης δεν εμφανίζουν εξάρτηση της σχετικής αντίστασης στη φθορά,  $\epsilon_w$ , από την σκληρότητα που προέκυψε κατά την σκλήρυνση εν ψυχρώ.

(d) Η θερμική κατεργασία των μετάλλων βελτιώνει την αντίστασή τους στη φθορά λείανσης.



Σχ.3.12 Μοντέλο όργωσης για τη μελέτη της σχέσης μεταξύ της αντίστασης στη φθορά λείανσης και τη σκληρότητα του υλικού

Τα παραπάνω αποτελέσματα καταδεικνύουν τη μεγάλη σημασία της σκληρότητας των υλικών στην αντίσταση τους στη φθορά λείανσης. Η γραμμική σχέση μεταξύ της αντίστασης στη φθορά λείανσης και τη σκληρότητα του υλικού επαληθεύεται χρησιμοποιώντας το μοντέλο όργωσης που περιγράφεται στο σχήμα (:). Στο μοντέλο αυτό το όργανο λείανσης είναι κώνος, ο οποίος οργώνει και αναιρεί υλικό από την επιφάνεια του στοιχείου προς κατεργασία. Το φορτίο  $N$  ισορροπεί την πίεση παραμόρφωσης  $P_y$  που αναπτύσσεται στο εμπρός μισό τμήμα του κώνου. Με βάση αυτό, αν η επιφάνεια επαφής είναι  $A$  τότε ισχύει:

$$N = A \cdot P_y, \quad N = 1/8 \pi d^2 P_y$$

Για ολίσθηση του κώνου κατά απόσταση  $l$  ο όγκος του υλικού που αφαιρείται είναι:

$$V = (d^2/4) l \sigma\phi\phi$$

διαιρώντας τις παραπάνω σχέσεις κατά μέλη προκύπτει:

$$V/N = 2l \sigma\phi\phi/\pi P_y, \quad V = (2l \sigma\phi\phi/\pi P_y) N$$

ή ότι ο όγκος φθοράς,  $V$ , είναι ανάλογος του φορτίου,  $N$ , και του μήκους ολίσθησης,  $l$ . Η μόνη ιδιότητα του υλικού που παρουσιάζεται στη σχέση είναι η πίεση παραμόρφωσης,  $P_y$ . Έστω ότι η πίεση παραμόρφωσης είναι ίση με τη σκληρότητα, τότε για δεδομένο φορτίο και μήκος ολίσθησης ισχύει ότι:

$$V = (1/H) C$$

Όπου  $C$  είναι σταθερά. Η αντίσταση φθοράς είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου φθοράς, οπότε ισχύει:

$$\epsilon = C * H$$

Συμπερασματικά γίνεται αντιληπτό ότι η αντίσταση στη φθορά λείανσης εξαρτάται μόνο από τη σκληρότητα (στη πράξη το φορτίο και το μήκος ολίσθησης είναι δεδομένο) για τη περίπτωση υψηλού βαθμού φθοράς. Αν η διαδικασία της φθοράς λείανσης γίνεται σε επιφανειακά στρώματα των σωμάτων τότε πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η επίδραση τυχόν σωματιδίων (εγκλεισμάτων) που έχουν παρεισφρήσει στην επιφάνεια καθώς και της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας.

## **Κοπτικά υγρά**

Τα κοπτικά υγρά έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε διαδικασίες κοπής μετάλλων για τα τελευταία 200 έτη. Στην αρχή, τα κοπτικά υγρά αποτελέστηκαν από τα απλά ορυκτέλαια που εφαρμόστηκαν με τις βούρτσες για να λαδώσουν τα εργαλεία κοπής. Περιστασιακά, το λαρδί, το ζωικό λίπος ή το ορυκτέλαιο φαλαινών προστέθηκαν για να βελτιώσουν λιπαντική ικανότητα του ελαίου. Δεδομένου ότι οι διαδικασίες κοπής έγιναν αυστηρότερες, η σύνθεση των κοπτικών υγρών έγινε πιο σύνθετη. Τα σημερινά κοπτικά υγρά είναι ειδικά μίγματα από χημικές πρόσθετες ουσίες, τα λιπαντικά και το νερό συνδέθηκαν και τυποποιήθηκαν για να ικανοποιήσουν τα αιτήματα της μεταλλουργικής βιομηχανίας. Αυτό σημαίνει ότι κάθε φάση της διαδικασίας κατασκευής πρέπει να εξεταστεί, ανανεωθεί ή να αναθεωρηθεί εντελώς για να αυξήσει την παραγωγικότητα, να μειώσει το κόστος παραγωγής, και παράγει υψηλής ποιότητας προϊόντα. Τα κοπτικά υγρά, είναι ένα σημαντικό στοιχείο στη διαδικασία αφαίρεσης υλικού, μπορούν και βοηθούν με το να παρατείνουν τη ζωή των τροχών λειάνσεως και να αυξήσουν την ποιότητα κομματιών.

## **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ.**

Τα κοπτικά υγρά είναι πολύ σημαντικά στη μεταλλουργική βιομηχανία καθώς μπορούν να ελαχιστοποιήσουν ή να μειώσουν τα αποτελέσματα της τριβής και της θερμότητας που παράγονται στη λείανση. Έχουν επιπτώσεις στην απόδοση του τροχού λείανσης με την αύξηση του ποσοστού του αφαιρούμενου υλικού και τη βελτίωση της ποιότητας των κομματιών και της διαστατικής ακρίβειας, τα οποία μειώνουν στη συνέχεια τις δαπάνες λείανσης. Η υπερβολική θερμότητα της λείανσης μπορεί να προκαλέσει θερμική ζημία στη μικροδομή του προς κατεργασία κομματιού, η οποία μπορεί να αναγκάσει το κομμάτι να φθαρεί γρήγορα και μπορεί να οδηγήσει στην πρόωρη αποτυχία. Όταν επλέγεται ένα κοπτικό υγρό, οι κοπτικές και η μη κοπτικές ιδιότητες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για το βέλτιστο αποτέλεσμα.

## **ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ**

Ένα καλό κοπτικό υγρό πρέπει να εξυπηρετεί δύο σημαντικές λειτουργίες:

**Λείανση:** Η μείωση του ποσού θερμότητας που παράγεται στην επιφάνεια εργασίας μεταξύ τροχού και κομματιού.

**Ψύξη:** Η αφαίρεση της θερμότητας που παράγεται κατά τη διάρκεια μιας λειαντικής εργασίας.

**Λείανση.** Σε μια λειαντική εργασία, το ένα τρίτο της θερμότητας που παράγεται προκαλείται από την εξωτερική τριβή του γρεζιού που γλιστρά πέρα από τους λειαντικούς κόκκους του τροχού και τα δύο τρίτα της θερμότητας προκαλούνται



από την αντίσταση των ατόμων του μετάλλου του κομματιού που κατεργάζεται . Η επιλογή ενός αποτελεσματικού λιπαντικού επιφέρει τα ακόλουθα αποτελέσματα:

Η θερμότητα που παράγεται από την εξωτερική τριβή μειώνεται επειδή το γρέξι γλιστρά εύκολα πέρα από το λειαντικό κόκκο.

η γωνία διάτμησης αυξάνεται, και η πορεία της διάτμησης μειώνεται, παράγοντας ένα λεπτότερο γρέξι.

υπάρχει λιγότερη μοριακή διαταραχή, η οποία μειώνει την εσωτερική τριβή και μειώνει την παραγόμενη θερμότητα.

**Ψύξη.** Ψύξη είναι η διαδικασία της αφαίρεσης θερμότητας από το κοπτικό τροχό, το γρέξι και το κατεργαζόμενο κομμάτι. Ένα κοπτικό υγρό για να είναι αποτελεσματικό θα πρέπει να μεταφέρει τη θερμότητα από τα τρία παραπάνω στοιχεία γρήγορα και να απορροφά μεγάλα ποσά θερμότητας χωρίς να αυξάνει υπερβολικά τη θερμοκρασία του. Ένα καλό κοπτικό υγρό αυξάνει τη ζωή του λειαντικού τροχού, επιτρέπει υψηλότερες ταχύτητες κατεργασίας και πρόωσης και αυξάνεται η παραγωγικότητα.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

ΜΕΙΩΝΕΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΤΩΝ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΤΡΟΧΩΝ	ΑΥΞΑΝΕΙ ΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ	ΜΕΙΩΝΕΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΤΩΝ ΤΡΟΧΩΝ
---	---------------------------	---

ΜΕΙΩΝΕΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΙΣΧΥΟΣ	ΥΨΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΣ	ΑΚΡΙΒΕΙΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΕΣ ΣΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ
--------------------------	----------------------------	----------------------------------

Η κατάλληλη επιλογή και η εφαρμογή ενός κοπτικού ρευστού μπορούν να παραγάγουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. **Μείωση των δαπανών τροχών.** Τα κοπτικά υγρά μειώνουν τη φθορά των τροχών και την ανάγκη για ευθυγράμμιση και αναγέννηση (ακόνισμα), το οποίο σημαίνει ότι θα λειαινούν περισσότερο και θα μειωθεί ο χρόνος διακοπής μηχανών.

2. **Αυξανόμενη παραγωγικότητα.** Επειδή τα κοπτικά υγρά μειώνουν την τριβή και τη θερμότητα της κοπτικής διαδικασίας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν υψηλότερες ταχύτητες και προώσεις, το οποίο οδηγεί σε υψηλότερα ποσοστά αφαίρεσης υλικού.

3. **Μείωση των δαπανών εργασίας.** Επειδή οι τροχοί λείανσης διαρκούν περισσότερο και απαιτούν λιγότερη ευθυγράμμιση και αναγέννηση όταν χρησιμοποιούνται κοπτικά υγρά, υπάρχει λιγότερος χρόνος διακοπής μηχανών, ο οποίος μειώνει το κόστος εργασίας ανά κομμάτι.

4. **Μείωση των δαπανών δύναμης.** Το κοπτικό υγρό μειώνει την τριβή που δημιουργείται κατά τη διάρκεια μιας λειαντικής εργασίας επομένως, το ποσό δύναμης που απαιτείται για να αφαιρέσει το υλικό μειώνεται, έτσι έχουμε αποταμίευση στις δαπάνες δύναμης.

5. **Υψηλή επιφάνεια αποπεράτωσης .** Όταν το σωστό υγρό κατευθύνεται κατάλληλα στη διεπαφή εργαζόμενου τροχού σε ικανοποιητικό όγκο, διώχνει μακριά τα ρινίσματα. Αυτό αποτρέπει το ρίνισμα να μένει μεταξύ του τροχού και του κατεργαζόμενου κομματιού, όπου θα προκαλούσε μικρές γρατσουνιές και θα οδηγούσε στη φτωχότερη τελική επιφάνεια.

6. **Ακριβής γεωμετρία κομματιών.** Η αποτελεσματική χρήση των λειαντικών υγρών μειώνει την τριβή και την παραγόμενη θερμότητα κατά τη διάρκεια της λειαντικής εργασίας. Η γρήγορη αφαίρεση της θερμότητας έχει ως αποτέλεσμα να μην επεκταθεί προς το κατεργαζόμενο κομμάτι και αποτρέπει τη καταστροφή της μικροδομής του. Αυτό οδηγεί στην παραγωγή των κομματιών με ακριβή γεωμετρία.

## ΜΗ-ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Οι μη-κοπτικές λειτουργίες ενός καλού κοπτικού υγρού περιλαμβάνουν την αντίσταση διάβρωσης, βακτηριακό έλεγχο, μη-αναφλεξιμότητα, σταθερότητα, σχετικά χαμηλό ιξώδες, και μη - τοξικότητα. Αυτές οι λειτουργίες εξασφαλίζουν ότι το υγρό έχει μια μακριά ζωή, είναι ανακυκλώσιμο και είναι ασφαλές για το χειριστή.

1. **Σκουριά και πρόληψη διάβρωσης.** Τα κοπτικά υγρά πρέπει να προστατεύσουν τους λειαντικές μηχανές και τα τεμάχια που λειαίνονται, ενάντια στη σκουριά και τη διάβρωση, αφήνοντας ένα λεπτό προστατευτικό υπόλοιπο «φίλμ» σε αυτές τις επιφάνειες καθώς εξατμίζεται το νερό. Τα χημικά κοπτικά υγρά περιέχουν ποικίλους παράγοντες διάβρωσης και οξειδωσης, οι οποίοι αποτρέπουν τις επιφάνειες μετάλλων από να αντιδράσουν χημικά και με το οξυγόνο του αέρα και με τα διάφορα υγρά με τα οποία έρχονται σε επαφή.

2. **Βακτηριακός έλεγχος.** Τα αποτελέσματα της αύξηση των βακτηριδίων των λειαντικών υγρών μπορεί να έχουν επιπτώσεις και να καταστρέψουν ριζικά τελικά τη σταθερότητα σχεδόν όλων των βασισμένων στο νερό κοπτικών υγρών και να τα αναγκάσει να γίνουν δύσσομα. Τα βακτηρίδια αναερόβιου-τύπου και οι μικροσκοπικοί οργανισμοί αυξάνονται και πολλαπλασιάζονται, προκαλώντας κακοσμία στο περιεχόμενο, αλλά κάνουν πολύ λίγη ζημιά στο κοπτικό υγρό. Τα βακτηρίδια αερόβιου-τύπου βλάπτουν σοβαρά το κοπτικό υγρό με την κατανάλωση της ρευστής συμπίκνωσης αφήνοντας υπόλοιπα διάφορων οξέων και αλάτων. Αυτό μπορεί να προκαλέσει την οξείδωση ή τη διάβρωση των κομματιών και των μερών των μηχανών. Επομένως, για να σταματήσει ή να επιβραδύνει την αύξηση των βακτηριδίων, είναι πολύ σημαντικό τόσο οι καλές διαδικασίες αποθήκευσης να ακολουθούνται όσο και ότι πρέπει να χρησιμοποιείται καθαρό νερό για τη μίξη με τη ρευστή συμπίκνωση.

3. **Μη-Αναφλεξιμότητα.** Οι υψηλοί ρυθμοί παραγωγής γενικά παράγουν σημαντικά ποσά θερμότητας, που είναι καταστρεπτική για το λειαντικό τροχό και είναι επίσης ένας πιθανός κίνδυνος πυρκαγιάς. Τα κοπτικά υγρά δεν πρέπει να αναφλέγονται εύκολα και πρέπει κατά προτίμηση να είναι άφλεκτα. Δεν πρέπει να καπνίζουν υπερβολικά, ώστε να μη δημιουργείται ένα δύσκολο περιβάλλον εργασίας και να μπορεί ο χειριστής να βλέπει το κατεργαζόμενο κομμάτι και τα μέρη της μηχανής. Μπορεί να γίνει μοιραία η κακή ορατότητα και να υπάρξει τραυματισμός. Επίσης ο καπνός προκαλεί κολλώδους μορφής υπολείμματα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να γίνονται οι "γλισιέρες" της μηχανής δυσκολομεταχειρίστες καθώς επίσης μπορεί να βουλώσει το σύστημα ανακύκλωσης της μηχανής.

4. **Σταθερότητα.** Τα καλά κοπτικά υγρά περιέχουν καλής ποιότητας πρώτες ύλες που είναι ανθεκτικές και αντιστέκονται στη αστοχία τους κατά την αποθήκευση τους ή τη χρήση τους. Εάν αυτά τα προϊόντα είναι κατάλληλα εγκατεστημένα και διατηρούνται σωστά, μπορούν να αντέξουν 4 έως 6 φορές περισσότερο σε σχέση με άλλα κοπτικά υγρά, το οποίο αντιστοιχεί σε μείωση και αποταμίευση εξόδων.

5. **Σχετικά χαμηλό ιξώδες.** Η καλή αποπεράτωση στη λείανση εξαρτάται από τα καθαρά κοπτικά υγρά για να ξεπλύνει μακριά τα ρινίσματα λείανσεως και ένα σύστημα διήθησης (φιλτραρίσματος) για να αφαιρέσει αυτά τα στοιχεία από το κοπτικό υγρό προτού να ανακυκλωθεί. Για να αφαιρεθούν τα ρινίσματα αποτελεσματικά, το κοπτικό υγρό δεν πρέπει να είναι πάρα πολύ παχύ. Είναι σημαντικό ότι το σωστό κοπτικό υγρό και το σωστό σύστημα φιλτραρίσματος χρησιμοποιούνται για να εξασφαλιστεί το καλύτερο αποτέλεσμα λείανσης.

6. **Μη-τοξικό.** Ένα κοπτικό υγρό θα πρέπει να προωθεί ένα ευχάριστο περιβάλλον εργασίας. Πρέπει να είναι χωρίς απαράδεκτες μυρωδιές και μη τοξικό για την εισπνοή και για την επαφή με το δέρμα.

#### ΤΥΠΟΙ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

Υπάρχουν τέσσερις κύριοι τύποι λειαντικών υγρών:

- α) χημικά κοπτικά υγρά,
- β) γαλακτώματα,
- γ) ημιχημικά κοπτικά υγρά, και
- δ) απλά λειαντικά ορυκτέλαια

κάθε ένα από τα οποία έχει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και εφαρμογές.

Τρεις από τους τέσσερις τύπους των λειαντικών υγρών είναι συνήθως με μίξη νερού. Η σκληρότητα του νερού έχει μια σημαντική επίδραση στην ποιότητα του ψυκτικού μέσου. Το πολύ σκληρό νερό και τα μεταλλεύματα που περιέχει μπορούν να προκαλέσουν την οξείδωση, το λέκιασμα, ή τη διάβρωση και της μηχανής και του προς κατεργασία κομματιού. Για την μεγαλύτερη ζωή και την απόδοση του ψυκτικού μέσου, είναι ενδεδειγμένο ότι το νερό που χρησιμοποιείται για τη μίξη με το ρευστό συμπύκνωμα, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν καθαρότερο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, αυτό σημαίνει ότι το τοπικά διαθέσιμο νερό πρέπει να απιονιστεί

(περασμένο μέσω μιας ρητίνης εναλλαγής ιόντων για να αφαιρέσει όλες τις ακαθαρσίες και τα μεταλλεύματα).

Το νερό παρέχει την καλύτερη ψύξη επειδή μπορεί να απορροφήσει και να μεταφέρει περισσότερη θερμότητα από οποιοδήποτε άλλο υγρό, εντούτοις, προκαλεί σκουριά και είναι πολύ φτωχό λιπαντικό. Το ορυκτέλαιο, αφ' ετέρου, είναι άριστο λιπαντικό αλλά πολύ φτωχό ψυκτικό μέσο και είναι εύφλεκτο. Δεδομένου ότι ούτε το νερό ούτε το ορυκτέλαιο δεν είναι καλά κοπτικά υγρά από μόνα τους, τα υδροδιαλυτά υγρά έχουν κατασκευαστεί να παρέχουν ψύξη, λίπανση, αντίσταση στη διάβρωση, κτλ. Είναι πολύ σημαντικό ότι οι διαδικασίες μίξης και οι συγκεντρώσεις ψυκτικού μέσου που διευκρινίζονται από το κατασκευαστή θα πρέπει να ακολουθούνται προσεκτικά για να επιτύχουν τα καλύτερα αποτελέσματα.

### Χημικά υγρά (συνθετικά υγρά)

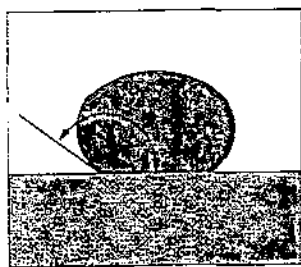
Τα χημικά κοπτικά υγρά είναι σταθερά, προσχηματισμένα γαλακτώματα που περιέχουν πολύ λίγο ορυκτέλαιο και αναμιγνύεται πολύ εύκολα με το νερό. Αυτά τα υγρά εξαρτώνται από τους χημικούς παράγοντες που περιέχουν για τη λίπανση, για τη πρόληψη σκουριάς, το βακτηριακό έλεγχο, τη χαλάρωση του νερού, κτλ. Αυτά τα καθαρά, διαφανή υγρά παρέχουν άριστη ψύξη και άψογη λιπαντική ικανότητα και χρησιμοποιούνται γενικά για μέτριες έως υψηλές διαδικασίες αφαίρεσης, στις οποίες απαιτείται υψηλή ποιότητα επιφάνεια αποπεράτωσης.

Τα χημικά κοπτικά υγρά είναι διαθέσιμα σε τρεις τύπους: **τα απλά χημικά υγρά**, με πρόσθετους διαβρωτικούς παράγοντες, και **χημικά κοπτικά υγρά με πρόσθετους παράγοντες υψηλής πίεσης** (EP: Extreme pressure additives).

Τα πρώτα είναι γενικά καθαρά, διαυγή που περιέχουν τους ανασταλτικούς παράγοντες για να αποτρέψουν τη σκουριά. Παρέχουν τη γρήγορη αφαίρεση της θερμότητας κατά τη διάρκεια των διαδικασιών λείανσης. Μερικές φορές μια χρωστική ουσία προστίθεται για να χρωματίσει το νερό και αυτή η συμπύκνωση αναμιγνύεται έπειτα με 1 μέρος σε 50 έως 250 μέρη νερού, ανάλογα με την εφαρμογή λείανσης. Μερικά από αυτά έχουν μια τάση να αφήνουν σκληρά, κρυστάλλινα υπολείμματα όταν εξατμιστεί το νερό, και αυτό μπορεί να παρεμποδίσει την ομαλή λειτουργία των "γλισιέρων" της μηχανής.

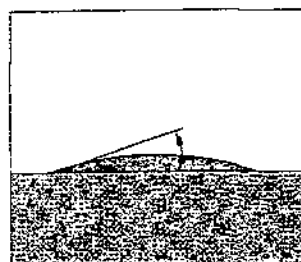
Τα κοπτικά υγρά με πρόσθετους διαβρωτικούς παράγοντες περιέχουν χημικούς παράγοντες που βελτιώνουν τη δράση διαβροχής του νερού, που παρέχει πιο ομοιόμορφη αφαίρεση θερμότητας και που λιπαίνει τη εργασία. Τα κοπτικά υγρά αυτού του τύπου έχουν μικρού μεγέθους μόρια, τα οποία επιτρέπουν στο υγρό να διαπεράσει λεπτομερώς και να «βρέξει» όλες τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας λείανσης. Τα κοπτικά υγρά που έχουν την ιδιότητα αυτή έχουν μια χαμηλή γωνία επαφής με την επιφάνεια που βρέχουν (φαίνεται στο σχέδιο 3.13β). Αυτό ασφαλίσει ότι το υγρό θα καλύψει την επιφάνεια μεταξύ της διεπαφής τροχού-κομματιού προς κατεργασία, όπου απαιτείται πιο πολύ.

Τα κοπτικά υγρά με τα λιπαντικά EP περιέχουν χλώριο, θείο, ή φώσφορο για να παρέχουν τις οριακές λιπαντικές ιδιότητες EP (Extreme pressure additives). Αυτά τα υγρά χρησιμοποιούνται γενικά σε αυστηρές διαδικασίες λείανσης στις οποίες η πρόσθετη λίπανση είναι επιθυμητή.



α

Φτωχό "βρέξιμο" που φαίνεται από τη μεγάλη γωνία επαφής στην επιφάνεια εργασίας.



β

Ανώτερο "βρέξιμο" που φαίνεται από τη μικρή γωνία επαφής στην επιφάνεια εργασίας.

Σχήμα 3.13

### Γαλακτώματα (διαλυτά ορυκτέλαια)

Τα γαλακτώματα, ή τα διαλυτά ορυκτέλαια, είναι ορυκτέλαια που περιέχουν ένα υλικό σαπωνοειδές (γαλακτωματοποιητής) που τα κάνει ικανά να αναμιχτούν στο νερό. Αυτοί οι γαλακτωματοποιητές σπάζουν το διαλυτό ορυκτέλαιο σε μικρά μόρια και τους κρατούν χωρισμένους στο νερό για μια μεγάλη χρονική περίοδο. Γαλακτοποίησιμο, ή διαλυτό, ορυκτέλαιο είναι διαθέσιμο με μορφή συμπύκνωσης και αναμιγνύεται με το νερό, 1 έως 5 μέρη συμπύκνωσης σε 100 μέρη νερού, για να διαμορφώσει μια γαλακτώδη μορφή. Τα αδύνατα μίγματα χρησιμοποιούνται για τις ελαφριές διαδικασίες λείανσης και όταν η ψύξη του κομματιού προς κατεργασία είναι ουσιαστική.



Σχήμα 3.14 Ορυκτέλαια είναι συνήθως με ορισμένες πρόσθετες ουσίες για να τα καταστήσει διαλυτά στο νερό.

Τα πυκνότερα μίγματα χρησιμοποιούνται όταν η λίπανση και η πρόληψη σκουριάς είναι ουσιαστικές.

Τρεις τύποι γαλακτοποιημένων ορυκτελαίων είναι διαθέσιμα:

- A) γαλακτοποιημένα ορυκτέλαια,
- B) υπέρμετρα λιπαρά ορυκτέλαια, και
- Γ) γαλακτοποιημένα ορυκτέλαια με πρόσθετα ακραίων-πίεσεων (EP).

Τα γαλακτοποιημένα ορυκτέλαια είναι ορυκτέλαια που περιέχουν διάφορες πρόσθετες ουσίες για να τα κάνει να αναμιχτούν με το νερό. Αυτά τα ορυκτέλαια, που έχουν τις υψηλές ιδιότητες ψύξης και λίπανσης, είναι χαμηλά στο κόστος και χρησιμοποιούνται για τις γενικές εφαρμογές λειάνσεως.

Τα υπέρμετρα λιπαρά ορυκτέλαια είναι ορυκτέλαια στα οποία μερικά λιπαρά ορυκτέλαια έχουν προστεθεί. Χρησιμοποιούνται για τις βαριές διαδικασίες λείανσης λόγω της προστιθέμενης λίπανσης που παρέχουν.

Τα γαλακτοποιημένα ορυκτέλαια με πρόσθετα ακραίων-πίεσεων (EP) είναι γαλακτοποιημένα ορυκτέλαια στα οποία το χλώριο, το θείο, και ο φώσφορος έχουν προστεθεί για να παρέχουν τις πρόσθετες ιδιότητες λίπανσης. Χρησιμοποιούνται πρώτιστα σε ακραίες συνθήκες λείανσης στις οποίες είναι απαραίτητο να μειωθεί η τριβή στη διεπαφή τροχού-κομματιών προς κατεργασία.

## Ημιχημικά υγρά

Τα ημιχημικά υγρά γίνονται με το συνδυασμό ποικίλων ποσοστών χημικών υγρών και λειαντικών κοπτικών υγρών για να επιτευχθεί το ταίριασμα για διάφορους τύπου μετάλλων, μικροδομών, τροχού και τύπου λείανσης. Τα ημιχημικά κοπτικά υγρά μπορούν να παραμετροποιηθούν ώστε να συναντήσουν τις συγκεκριμένες ιδιότητες που απαιτούνται για οποιοσδήποτε από τις μεταβλητές που συνδέονται με τη επιλογή κοπτικού υγρού. Δύο κύριοι τύποι ημιχημικών κοπτικών ρευστών έχουν μεγάλη ροική ικανότητα και δεν αφρίζουν: τα απλού τύπου και αυτά με πρόσθετα ακραίων-πίεσεων.

*Ο απλός τύπος περιέχει τα πολυμερή σώματα, ανασταλτικούς παράγοντες σκουριάς και από 5 έως 18% ορυκτέλαιο*

*Ο τύπος με πρόσθετα ακραίων-πίεσεων είναι ο απλός τύπος που προστίθεται το χλώριο και θείο για να παρέχει την καλύτερη λίπανση. Είναι προτιμότερο να ελεγχθεί με τον κατασκευαστή όταν επιλέγεται ένα κοπτικό υγρό για ειδικές συνθήκες κοπής.*

## Απλά κοπτικά

Τα ευθέα κοπτικά ορυκτέλαια, που δεν αναμιγνύονται με το νερό, ποικίλλουν αρκετά στη χημική σύνθεση και στο ιξώδες τους, το οποίο έχει επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα και τη χρήση τους. Αυτά τα κοπτικά ορυκτέλαια είναι ταξινομημένα κάτω από δύο τύπους: ανενεργός και ενεργός. Αυτοί οι όροι αφορούν τη χημική ικανότητα του πετρελαίου για να αντιδράσει με μια επιφάνεια μετάλλων σε υψηλές θερμοκρασίες για να το προστατεύσουν και να βελτιώσουν τη δράση λείανσης.

*Τα ανενεργά κοπτικά υγρά περιέχουν το θείο που είναι σταθερά συνδεδεμένο με το ορυκτέλαιο. Απελευθερώνεται πολύ λίγο κατά τη διάρκεια της λείανσης για να αντιδράσει με το πρόσωπο εργασίας. Τα ανενεργά πετροορυκτέλαια εμπίπτουν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες:*

*Α) τα ευθέα ορυκτέλαια παρέχουν άριστη λίπανση αλλά δεν είναι αποτελεσματικά στη απομάκρυνση της θερμότητας λείανσης. Λόγω του χαμηλού ιξώδους τους, έχουν καλή διαβρεξιμότητα και ιδιότητες διείσδυσης. Αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως για τη λείανση των μη σιδηρούχων υλικών όπως το αλουμίνιο, ο ορείχαλκος, και το μαγνήσιο.*

*Β) τα λιπαρά ορυκτέλαια, όπως τα πετροορυκτέλαια λαρδιού, βρίσκουν περιορισμένη χρήση σαν κοπτικά υγρά σήμερα. Χρησιμοποιούνται για αυστηρές διαδικασίες λείανσης στην αντίσταση, σε μη σιδηρούχα μέταλλα, όπου ένα θειούχο κοπτικό υγρό μπορεί να προκαλέσει τον αποχρωματισμό(ξεθώριασμα, λεκέδες).*

*Γ) οι λιπαροί συνδυασμοί μίγματος ορυκτελαίου παρέχουν τις ιδιότητες καλύτερης διαβρεξιμότητας και διείσδυσης από τα ευθέα ορυκτέλαια. Αυτά τα μίγματα παρέχουν καλύτερη επιφάνεια αποπεράτωσης στα σιδηρούχα και μη σιδηρούχα μέταλλα.*

Δ) τα *θειούχα λιπαρά μίγματα ορυκτελαίου* γίνονται προσθέτοντας το θείο στα λιπαρά μίγματα ορυκτελαίου. Παρέχουν άριστη λιπαντική ικανότητα και μη συγκολλητικές (antiweld) ιδιότητες, ειδικά όταν οι πιέσεις λείανσης είναι υψηλές. Αυτά τα μίγματα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα σιδηρούχα και μη σιδηρούχα υλικά και παράγουν υψηλή επιφάνεια αποπεράτωσης.

Τα ενεργά κοπτικά περιέχουν θείο, δεν είναι σταθερά συνδεδεμένα με το ορυκτέλαιο και επομένως το θείο απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια της λείανσης και αντιδρά με την επιφάνεια εργασίας. Τα ενεργά ορυκτέλαια κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

Α) τα *θειούχα ορυκτέλαια*, που περιέχουν το θείο 0,5% 0,8%, είναι γενικά ανοιχτόχρωμα, διαφανή και έχουν υψηλές ιδιότητες ψύξης και λίπανσης. Είναι χρήσιμα για τους ανθρακούχους χάλυβες και σκληρά όλκιμα μέταλλα. Αυτά τα ορυκτέλαια θα αντιδράσουν με το χαλκό και τα κράματά του, προκαλώντας τους λεκέδες και αποχρωματισμό.

Β) τα *χλωριοθειούχα ορυκτέλαια*, περιέχουν θείο μέχρι 3% και χλώριο έως 1% για να αποτρέψουν τη φόρτωση τροχών και για να παρατείνει τη ζωή τροχών. Συστήνονται για τους σκληρούς χαμηλού άνθρακα χάλυβες κραμάτων νικελίου-χρωμίου. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διαδικασίες λείανσης σπειρωμάτων.

Γ) τα *χλωριοθειούχα λιπαρά μίγματα ορυκτελαίων* περιέχουν περισσότερο θείο από άλλους τύπους ορυκτελαίων, που παρέχουν επιπλέον λιπαντικές ιδιότητες για τις βαριές διαδικασίες λείανσης.

## ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ

Η αφαίρεση υλικού κατά τη διάρκεια της λείανσης παράγει θερμότητα, και η υπερβολική θερμότητα μπορεί να βλάψει τον τροχό λείανσης και τη μικροδομή του προς κατεργασία κομματιού. Όχι μόνο ο τύπος ρευστού, αλλά επίσης το πώς εφαρμόζεται είναι πολύ σημαντικός παράγοντας. Το καθαρό νερό με έναν απλό ανασταλτικό παράγοντα σκουριάς χρησιμοποιήθηκε ευρέως. Εντούτοις, τα σημερινά υγρά είναι ένα περίπλοκο μίγμα συστατικών που ψύχουν, λιπαίνουν και εμποδίζουν τη διάβρωση επεκτείνοντας τη ζωή του κοπτικού υγρού ακόμη και υπό αυστηρές συνθήκες λείανσης. Κανένα κοπτικό υγρό δεν είναι για όλες τις εφαρμογές λείανσης. Κάθε ένα πρέπει να αξιολογηθεί για τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς της λειτουργίας λείανσεως και του περιβάλλοντος στις οποίες θα χρησιμοποιηθεί. Η ζωή τροχών, η ποιότητα κομματιών, οι ικανότητες εξοπλισμού, και οι περιβαλλοντικές εκτιμήσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη, πίνακας 3.3.

Τα κοπτικά υγρά πρέπει να πληρούν τρεις κατάλληλες σημαντικές λειτουργίες:

1. Η λίπανση μειώνει το ποσό θερμότητας που παράγεται στη διεπαφή μεταξύ κοπτικού τροχού – κατεργαζόμενου τεμαχίου. Αυτό παρέχει τρία σημαντικά οφέλη:



**κατανάλωση ισχύος.** Κατά τη λείανση με ένα υγρό που έχει υψηλή λιπαντική ικανότητα, λιγότερη δύναμη χρειάζεται για την αφαίρεση υλικού κατά την εισχώρηση των κοπτικών κόκκων.

**Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τροχών.** Όσο μεγαλύτερη είναι η λιπαντική ικανότητα του κοπτικού υγρού, τόσο λιγότερη τριβή υπάρχει με συνέπεια τη λιγότερη φθορά των τροχών.

**Συντελεστής φθοράς G.** Ο συντελεστής αυτός είναι η αναλογία μεταξύ του αφαιρούμενου υλικού και του ποσού φθοράς του τροχού που καταναλώνεται. Ο συντελεστής φθοράς G αυξάνεται όσο η τριβή μειώνεται μέσω της χρήσης κοπτικού υγρού με καλή λιπαντική ικανότητα.

2. Η ψύξη μεταξύ του τροχού λείανσης και του κομματιού προς κατεργασία μειώνει ή αποβάλλει οποιαδήποτε θερμική ζημία του προς κατεργασία κομματιού.

3. Καθαρισμός, καθαρίζει τη ζώνη λείανσης από τα γρέζια και άλλα σωματίδια ώστε να αποφευχθεί η φόρτιση του τροχού (στόμωμα). Ο καθαρισμός οδηγεί στα υψηλότερα υλικά ποσοστά αφαίρεσης αυξάνοντας τη ζωή και τη βελτίωση της ποιότητας της λείανσης στην κατεργαζόμενη επιφάνεια.

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, πρέπει να γίνει σωστή επιλογή κοπτικού υγρού. Είναι σημαντικό ότι το κοπτικό υγρό επιλέγεται για το υλικό των κομματιών προς κατεργασία και τον τύπο λείανσης. Ο πίνακας Γ απαριθμεί μερικά από τα πιο κοινά υλικά κατεργασίας, τους τροχούς λείανσης, και τις διαδικασίες λείανσης μαζί με το υγρό λείανσεως που συστήνεται για το καθένα. Για τη λειαντικές κατεργασίες που δεν απαριθμούνται στον παραπάνω πίνακα, θα πρέπει να γίνει σχετική συνεννόηση με τον κατασκευαστή των κοπτικών υγρών.

#### Πίνακας Β

	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ			
	1=Φτωχό			4=Άριστο
	Συνθετικά	Ημισυνθετικά	Γαλακτώματα	Απλά
Αφαίρεση θερμότητας	4	3	2	1
Λιπαντική ικανότητα	1	2	3	4
Διατήρηση	3	2	1	4
Δυνατότητα Φιλτραρίσματος	4	3	2	1
Φιλικά προς το περιβάλλον	4	3	2	1
Κόστος	4	3	2	1
Ζωή κοπτικού τροχού	1	2	3	4

Πίνακας Γ

Είδος Λείανσης	Υλικό προς λείανση									
	Χάλυβας				Υπερ-κράματα	Χυτοσίδηρος	Κράματα αλουμινίου	Κράματα χαλκού	Κράματα τιτανίου	
	Χαμηλού άνθρακα		Υψηλού άνθρακα							Κράματα
Α C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D S	A C D S	A C D S	A C D S	
<b>Λειαντικός τροχός</b>										
<b>Επιφάνεια</b>										
Τραχύ λείανση	6 6	6 6	6 6	8 14	6 15	3 8	11	11	11 3	
Αποπεράτωση	4 6	6 8	7 9	6 14	6 14	3 8	5	5	11 3	
Πλευρική λείανση	1 6	6 8	7 9	6 13	6 14	3 8	5	5	11 3	
Λείανση Ερπυσμού	6 6	6 6	6 14	6 15	6 15	3 8	11	11	11 6	
<b>Κυλινδρική</b>										
Τραχύ λείανση	6 6	8 6	8 6	6 14	6 15	8	11	11	11 3	
Αποπεράτωση	4 6	6 6	8 6	6 14	6 15	8	5	5	3	
Λείανση διεισόδου	8	8	8	14	15	8	6	6	4	
Υψηλής ταχύτητα λείανση σπειρωμάτων	12	12	14	14	15	8	6	6	11	
<b>Εσωτερική</b>										
Οπές κάτω από 20 mm	7	8	8	6	8	2	5	6	3	
Οπές πάνω από 20 mm.	7	8	8	8	8	3	6	6	3	
<b>Λείανση κοπτικών εργαλείων</b>										
Λείανση κοπτικού	17									
Λείανση καρβιδίων	1									
<b>Άκοντρη λείανση</b>										
Διαμετρής πρόωσης	4	5	6	14	6	8	6	6	3	
Infeed-grind	4	5	6	14	6	8	6	6	3	
End feed-grind	6	6	6	15	15	8	6	6	3	

Κωδικοί λειαντικών τροχών  
 A= Οξείδιο του αλουμινίου κορουνδίο (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)  
 C= Κυβικό βορειονιτρίδιο (CBN)  
 D= Διαμάντι  
 S= Ανθρακοπίττω (SiC)

Κωδικοί κοπτικών υγρών  
 Χημικά  
 1= Ευθύ διάλυμα  
 2= Διαβρωτικοί παράγοντες  
 3= Διαβρωτικοί παράγοντες με πρόσθετα υψηλών πιέσεων  
 Γαλακτώματα  
 4= Ορυκτέλαια  
 5= Υπέρισμα λιπαρά ορυκτέλαια  
 6= Υψηλών πιέσεων ορυκτέλαια  
 Ημισυνθετικά  
 7= Καθαρά  
 8= Υψηλής πίεσης πρόσθετα

Κοπτικά ορυκτέλαια  
 Ανενεργά  
 9= Ευθέα ορυκτέλαια  
 10= Λιπαρά έλαια  
 11= Λιπαρά μίγματα ορυκτέλαιων  
 12= Θειούχα λιπαρά μίγματα ορυκτέλαιων.  
 Ενεργά  
 13= Θειούχα ορυκτέλαια  
 14= Χλωριοθειούχα ορυκτέλαια  
 15= Λιπαρά Χλωριοθειούχα ορυκτέλαια

## «ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ» ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

Μόλις επιλεγεί το κοπτικό υγρό, είναι πολύ σημαντικό να παρέχεται η κατάλληλη ποσότητα κοπτικού υγρού στο σημείο της επαφής λείανσεως. Ο τύπος και η κατάλληλη εφαρμογή του κοπτικού υγρού έχουν μια σημαντική επίδραση στην απόδοση οποιουδήποτε τροχού λείανσης.

### Συμβατικοί τροχοί λείανσης

Τα συμβατικά συστήματα παροχής κοπτικού υγρού, που βρίσκονται στις περισσότερες λειαντικές μηχανές, όπου παρέχουν μια λογική ροή του κοπτικού υγρού με πίεση χαμηλά του τροχού λείανσεως, είναι υπεραρκετή για τις περισσότερες διαδικασίες λείανσεως. Για τις βαριές, υψηλές διαδικασίες αφαίρεσης υλικού, ο όγκος και η πίεση του κοπτικού υγρού, πρέπει να αυξηθούν.

### Λειαντικοί τροχοί υπερλείανσης

Για τις περισσότερες διαδικασίες λείανσης, ένα συμβατικό ακροφύσιο πρέπει να χρησιμοποιηθεί χαμηλά του τροχού, και ένα υψηλής πίεσης ακροφύσιο (300-1000 PSI) πρέπει να τοποθετείται στην άνω πλευρά του τροχού.

Για αυστηρές συνθήκες λείανσης το συμβατικό ακροφύσιο πρέπει να συμπληρωθεί με ένα υψηλής πίεσης ακροφύσιο στην επάνω πλευρά του τροχού και επιπλέον με ένα ακόμα υψηλής πίεσης ακροφύσιο στην κορυφή του τροχού για τον καθαρισμό του (σχήμα 3.5). Με αυτά τα τρία ακροφύσια, η φθορά του τροχού και η ενέργεια λείανσης μειώνεται, ενώ η αφαίρεση υλικού αυξάνεται και η επιφάνεια αποπεράτωσης βελτιώνεται.



Σχήμα 3.15 Επιπλέον ακροφύσια για αυστηρές συνθήκες λείανσης

## **ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ**

Προτού να εγκατασταθεί το κοπτικό υγρό σε οποιοδήποτε λειαντική μηχανή, θα πρέπει πρώτα να σιγουρευτούμε ότι το σύστημα ψυκτικού μέσου είναι όσο το δυνατόν καθαρότερο. Δε θα πρέπει ποτέ να εγκατασταθεί ποτέ ένα νέο μίγμα ψυκτικού μέσου σε μια λειαντική μηχανή που δεν έχει καθαριστεί επειδή το νέο μίγμα θα μολυνθεί από το παλιό υπόλειμμα. Ο κατάλληλος καθαρισμός της λειαντικής μηχανής περιλαμβάνει την ακόλουθη διαδικασία:

- Αφαιρείται το παλιό υγρό και απομακρύνονται τα ρινίσματα και τα υπολείμματα λαδιού στη λεκάνη αποστράγγισης.
- Γίνεται έλεγχος για πιθανές διαρροές λαδιού στη λειαντική μηχανή.
- Καθαρίζεται με άφθονο νερό η λεκάνη αποστράγγισης και γεμίζεται με καθαριστικό διάλυμα.
- Καθαρίζονται οι εξωτερικές επιφάνειες της λειαντικής μηχανής.
- Απομακρύνεται το καθαριστικό διάλυμα και καθαρίζεται το σύστημα επαναλαμβανόμενα έως ότου το νερό ξεπλύματος παραμένει καθαρό.
- Τοποθετείται άμεσα στη λειαντική μηχανή το νέο μίγμα στην κατάλληλη συμπύκνωση για να εμποδίσει τη διάβρωση.

### **Διατήρηση καθαρότητας του κοπτικού υγρού**

Μόλις τοποθετηθεί το κοπτικό υγρό με τη σωστή συμπύκνωση θα διατηρηθεί καθαρό και θα έχει την καλύτερη απόδοση για μεγάλη περίοδο μόνο αν μείνει καθαρό και μη μολυσμένο. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής:

Διατήρηση καθαρότητας της λεκάνης αποστράγγισης από ξένες ουσίες και τακτικός έλεγχος των φίλτρων.

Να μην προσθέτετε μικροβιοκτόνο, μηκητοκτόνο, λάδι, ή άλλα μίγματα στο κοπτικό υγρό, μπορεί να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα του διαλύματος.

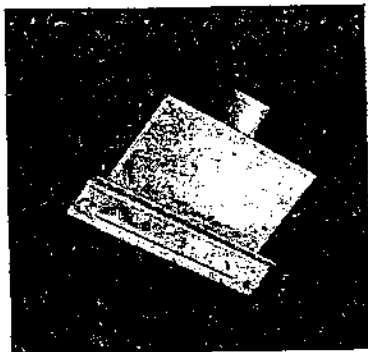
Περιστασιακός έλεγχος θα πρέπει να γίνεται στο κοπτικό υγρό έτσι ώστε να καθορίζεται η συγκέντρωση. Το αναμειγνυόμενο νερό θα εξατμιστεί βαθμιαία, καθιστώντας τη συμπύκνωση ισχυρότερη. Εάν είναι απαραίτητο, προστίθεται καθαρό απιονισμένο νερό για να αποκατασταθεί η συμπύκνωση.

Αποτρέπονται η οποιαδήποτε διαρροή των λιπαντικών υδραυλικών υγρών μέσα στο υγρό κοπής. Θα μολύνουν το μίγμα, θα μειωθεί η ψυκτική δυνατότητα του υγρού, θα αυξηθούν τα βακτηρίδια και θα παρεμποδίσουν την ομαλή δράση των «γλισιέρων» της μηχανής.

Ένα καλό πρόγραμμα διαχείρισης του κοπτικού υγρού εξασφαλίζει τη μακρία ζωή του με τα υψηλά ποσοστά παραγωγής, την ακριβή γεωμετρία κομματιών, και ένα υψηλό ποσοστό εσόδων από επενδύσεις για συχνές ανανεώσεις κοπτικών υγρών και μικραίνει ο χρόνος διακοπής των μηχανών για επισκευή και αποκατάσταση.

Ένα λεπτό στρώμα αέρα δημιουργείται γύρω από έναν υψηλόστροφο (high-speed) τροχό λείανσης (6500 στρ/πίν. και υψηλότερα) αποτρέπει το κοπτικό υγρό να φτάσει στη διεπαφή κοπτικού τροχού – κατεργαζόμενου κομματιού, όπου είναι αναγκαίο πιο πολύ. Ακόμα κι αν φαίνεται ότι το υγρό εφαρμόζεται κατάλληλα, είναι ουσιαστικά αδύνατο για το υγρό για να διαπεράσει αυτό το λεπτό στρώμα του αέρα.

Η λύση για αυτό το πρόβλημα είναι να χρησιμοποιηθεί ένα ειδικό ακροφύσιο που σχεδιάζεται με ένα φυσικό εμπόδιο, σαν αεροτομή, ώστε να σπαστεί δημιουργημένο φιλμ αέρα και να επιτραπεί το υγρό να φτάσει μεταξύ του τροχού και του κομματιού προς κατεργασία, σχήμα 3.6 Μια άλλη μέθοδος είναι να περαστεί το υγρό μέσω των κενών στη ρόδα, αλλά αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη μόνο για τις ελαφριές διαδικασίες λείανσης



Σχήμα 3.16 Ειδικό ακροφύσιο ψυκτικού μέσου με σκοπό να σπάσει το στρώμα αέρα που δημιουργείται γύρω από έναν τροχό λείανσης.

### ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο καλός ανεφοδιασμός του κοπτικού υγρού στη διεπαφή κοπτικού τροχού–κατεργαζόμενου κομματιού είναι ουσιαστική για μια αποδοτική λειτουργία λειάνσεως, η οποία παράγει ακριβής γεωμετρίας κομμάτια στα καλύτερα ποσοστά αφαίρεσης υλικού. Όταν τα υγρά κατευθύνονται αποτελεσματικά, μπορούν να βοηθήσουν στην αφαίρεση ρινοσμάτων από την περιοχή λείανσης, αποφέρουν τη καλή λίπανση της διεπαφής κοπτικού τροχού–κατεργαζόμενου κομματιού, και μειώνει τη θερμότητα λείανσης.

Για τα καλύτερα αποτελέσματα λείανσης, το κοπτικό υγρό που ταιριάζει καλύτερα στο λειαντικό τροχό, το κομμάτι προς κατεργασία, και τη διαδικασία λείανσης πρέπει να παρέχονται σε μια άφθονη ροή άμεσα στη διεπαφή κοπτικού τροχού–κατεργαζόμενου κομματιού.

Τα ακόλουθα σημαντικά σημεία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά ρύθμιση της ροής ψυκτικού μέσου:

Το ακροφύσιο πρέπει να τεθεί παράλληλα στη περιστροφή του κοπτικού τροχού, σε απόσταση περίπου από 5mm έως 6,5mm της επιφάνειας εργασίας, και όσο πιο κοντά γίνεται στην επιφάνεια του κοπτικού τροχού. Σχήμα 3.17

Παρέχεται πρόσθετο προστατευτικό κάλυμμα γύρω από το ακροφύσιο του κοπτικού υγρού για να περιοριστή ο ψεκασμός στην περιοχή λείανσης.

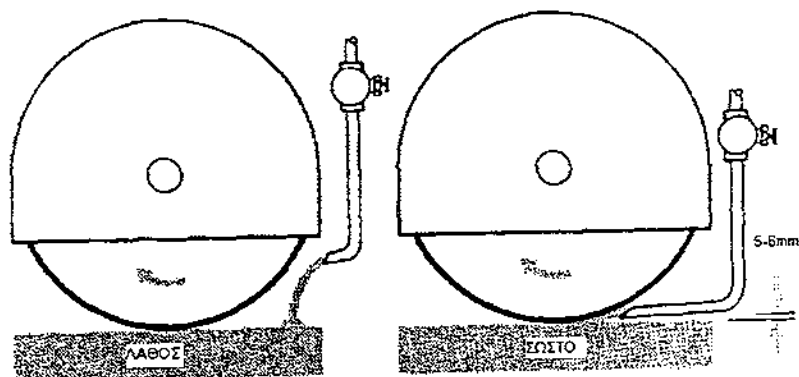
Για τις επίπεδες επιφάνειες λείανσης, ένα πλαίσιο «οδηγός» ελαφρώς χαμηλότερο από την επιφάνεια εργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε ο λειαντικός τροχός να μη λειαινεί ποτέ στεγνός. Σχήμα 3.18

Για τη λείανση ερπυσμού χρησιμοποιούνται δύο αντίθετα υψηλής πίεσης ακροφύσια για να εξασφαλιστεί η καλή ψύξη και λίπανση. Σχήμα 3.19

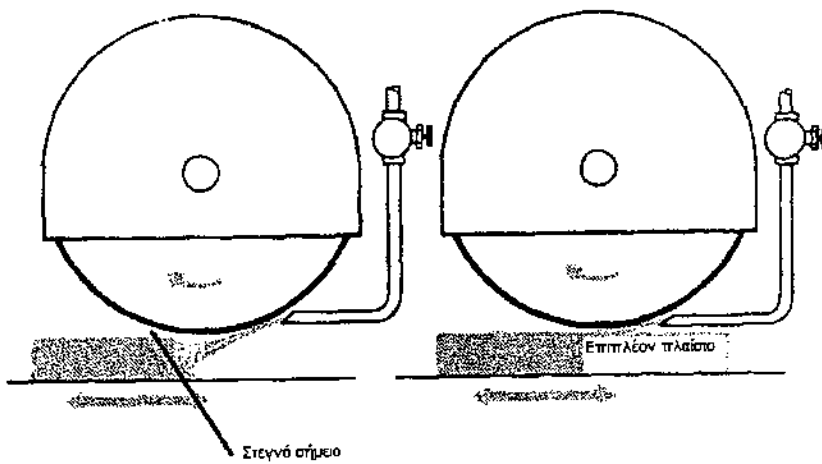
Για την εσωτερική λείανση, ο λειαντικός τροχός δεν πρέπει να είναι περισσότερο από τα τρία τέταρτα της διαμέτρου των οπών ώστε να αφήνονται περιθώρια για το κοπτικό υγρό για να αποδώσει κατάλληλα. Σχήμα 3.20

Για τη κυλινδρική λείανση, ένα ακροφύσιο ικανό να δώσει μια καλή ροή του κοπτικού υγρού στη διεπαφή λειαντικού τροχού-κατεργαζόμενου κομματιού είναι το συνιστώμενο. Σχήμα 3.21

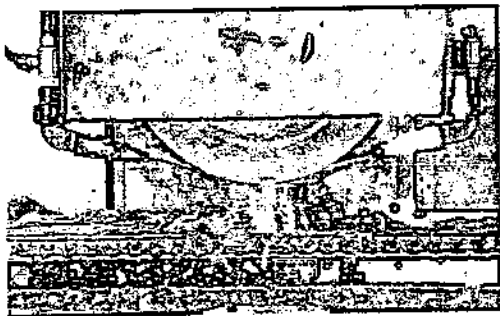
Για αυστηρές διαδικασίες λείανσης, τρία ακροφύσια υψηλής πίεσης κοπτικού υγρού πρέπει να χρησιμοποιηθούν: ένα στο σημείο όπου ξεκινάει η εργασία, ένα στο σημείο που τελειώνει και ένα στο πάνω μέρος του λειαντικού τροχού.



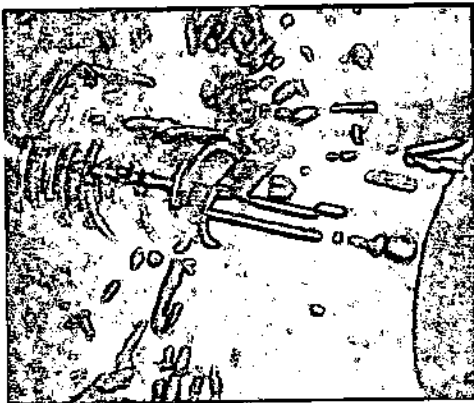
Σχήμα 3.17 Πάντα τοποθετούνται ακροφύσια όσο πιο κοντά γίνεται στο κομμάτι και το κοπτικό τροχό για τα καλύτερα αποτελέσματα στην επιφάνεια αποπεράτωσης



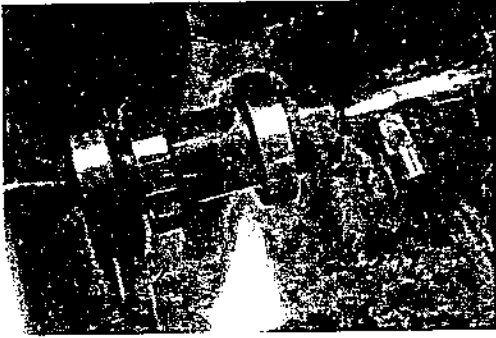
Σχήμα 3.18 Τοποθετείται 'επιπλέον πλαίσιο' για να διασφαλιστεί ότι το σημείο διεπαφής δέχεται συνέχεια κοπτικό υγρό



Σχήμα 3.19 Η χρήση δύο ακροφυσίων κοπτικού υγρού βελτιώνει την αποδοτικότητα των διαδικασιών λείανσης ερπυσμού.



Σχήμα 3.20 Για εσωτερικές λείανσης θα πρέπει να είναι επαρκής η παροχή.



Σχήμα 3.21 Για τα καλύτερα ποσοστά αφαίρεσης υλικού, θα πρέπει να εφαρμόζεται ένας καλός ανεφοδιασμός του κοπτικού υγρού στη διαπαφή .



## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ

Όταν εφαρμόζεται κατάλληλα, στη σωστή συγκέντρωση και σωστά διατηρημένο κοπτικό υγρό, τα καλά αποτελέσματα της λείανσης είναι άριστα ακόμη και κατά τη διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων. Ακολουθώντας τη σωστή υπόδειξη από τον κατασκευαστή για τα κοπτικά υγρά αποφεύγονται πολλά προβλήματα π.χ. δεν θα πρέπει να αναμιγνύονται ποτέ δύο διαφορετικά υγρά ή να προστίθενται ουσίες στο υγρό. Η ενσωματωμένη χημική ισορροπία που καθιστά τα κοπτικά υγρά αποτελεσματικά μπορεί να καταστραφεί. Μερικά από τα κοινά προβλήματα σχετικά με τη χρήση των κοπτικών υγρών, τις αιτίες και προτάσεις αποκατάστασης παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα

Προβλήματα	Αιτία	Αποκατάσταση
Ποικιλία και άβρωση	Φτωχό διάλυμα. Το νερό εξατμίστηκε αφήνοντας μεταλλεύματα ή άλατα. Νερό πάρα πολύ σκληρό. Ψυκτικό μέσο μολυσμένο.	Προσθέστε το κατάλληλο ποσό συμπύκνωσης. Προσθέστε απιονισμένο νερό. Χρήση ενός παράγοντα χαλάρωσης του νερού. Αντικατάσταση με καθαρό κοπτικό υγρό.
Κοκκιανισμός του υγρού	Άλλα ξένα υγρά. Ψυκτικό μέσο μολυσμένο.	Πλύσιμο συχνά με σαπούνι και θερμό νερό. Γάντια ένδυσης ή προστατευτική κρέμα χεριών. Αντικατάσταση με καθαρό κοπτικό υγρό.
Αναμίξιμο - Αλλοδίωξη Gummings	Ανακριβής συγκέντρωση μίγματος. Μεταλλικά υπολειπόμενα στοιχεία. Υπόλειμμα προηγούμενου υγρού. Υπολείμματα λαδιών στο υγρό. Υπερβολική βακτηριακή μόλυνση.	Κατάλληλη συγκέντρωση χρήσης. Χρήση του υποδεικνυόμενου νερού από το κατασκευαστή. Καθαρισμός στο σύστημα κοπτικού υγρού λεπτομερώς. Έλεγχος και επισκευάσει των διαρροών λαδιού. Καθαρισμός και αντικατάσταση με νέο διάλυμα.
Αφαίρεση της βαφής της μηχανής	Λανθασμένη ρευστή συγκέντρωση. Χαμηλής ποιότητας χρώμα μηχανών.	Σωστή συγκέντρωση χρήσης. Επικοινωνία με το κατασκευαστή του υγρού. Ξέπλυμα και ξαναγέμισμα με καινούριο κοπτικό υγρό.
Υπερβολική θερμότητα	Λάθος συγκέντρωση μίγματος. Υψηλή ταχύτητα κοπής και πρόωσης.	Πρόσθεση νερού στο μίγμα για τον έλεγχο της θερμότητας. Μείωση ταχύτητας κοπής και πρόωσης ώστε να μειωθεί η θερμότητα.
Μικρή ζωή λειαντικού τροχού.	Η μικροδομή του μετάλλου δεν είναι σταθερή. Λάθος επιλογή λειαντικού τροχού. Λειαντικός τροχός ανισόρροπος (ανανέωση) του λειαντικού τροχού.	Έλεγχος μικροδομής του μετάλλου. Σωστή επιλογή λειαντικού τροχού. Αποκατάσταση και άνοιγμα (ανανέωση) του λειαντικού τροχού.
Ρυτίδα επιφάνεια αποπεράτωσης	Οι κόκκοι του τροχού είναι πολύ χοντροί. Ανεπαρκείς ψύξη και λίπανση.	Τροχός με λεπτότερους κόκκους. Υψηλότερης συγκέντρωσης κοπτικό υγρό. Αύξηση της πίεσης του υγρού και κατεύθυνσή του στη διεπαφή. Χρήση ειδικού ακροφυσίου για την αφαίρεση του στρώματος αέρα που δημιουργείται στη διεπαφή.
Υπερφόρτωση τροχού.	Πολύ πλούσια συμπύκνωση μίγματος. Λανθασμένη ταχύτητα και πρόωση λειαντικού τροχού. Σκληρός λειαντικός τροχός.	Χρησιμοποίηση μαλακότερου, ανοικτότερου τροχού. Χρησιμοποίηση κοπτικού υγρού με μικρότερη λιπαντική ικανότητα. Μείωση της ταχύτητας κοπής ή αύξηση της πρόωσης.
Καμένη επιφάνεια εργασίας.	Φτωχή ψυκτική ικανότητα υγρού. Υπερβολικά σκληρός λειαντικός τροχός.	Χρησιμοποίηση ψυκτικού υγρού με μικρότερη λιπαντική ικανότητα και μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα. Αύξηση του όγκου και της πίεσης του υγρού. Τοποθέτηση του ακροφυσίου κατάλληλα. Χρήση μαλακότερου τροχού με μεγαλύτερους κόκκους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Grinding technology. Second edition. Steve Krag.
2. Μηχανουργική Τεχνολογία, Εργαστήριο Π. Ελευθερία Παπαδανιήλ ,  
Μιχαήλ Σφαντζικοπούλου .
3. Εργαλειομηχανές Ι . Σ. Μαντέμης.
4. Σειρά λεξικών "Μηχανολογία" Γεώργιος Γιαννόπουλος – Κυριάκος  
Ευσταθίου – Ροδούλα Παρασκευοπούλου.
5. [www.igt.bris.ac.uk](http://www.igt.bris.ac.uk)
6. [www.e-class.gr](http://www.e-class.gr) Σημειώσεις τριβολογίας Dr. Dionisios T. G. Katerelos Dipl.  
Mechanical Engineer

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....</b>	<b>1</b>
<b>ΛΕΙΑΝΣΗ.....</b>	<b>1</b>
Γενικά.....	1
Χαρακτηριστικά στοιχεία λειάνσεως.....	1
Είδη λειάνσεων.....	2
Λειαντικός τροχός. Η σύσταση του και ο μηχανισμός κοπής.....	4
Υλικό κόκκου.....	9
Φυσικά λειαντικά.....	9
Τεχνητά λειαντικά.....	9
Κόκκωση.....	12
Είδη κόκκων.....	13
Συνδετικό υλικό.....	14
Σκληρότητα τροχού.....	16
Υφή τροχού.....	16
Συγκέντρωση.....	19
Γενικοί κανόνες για την εκλογή λειαντικού τροχού.....	20
Σήμανση των τροχών.....	21
Μορφές, μεγέθη, τυποποίηση τροχών.....	23
Κονδύλια και λίμες από σμύριδα.....	24
Ετοιμασία του τροχού λειάνσεως.....	25
Έλεγχος ποιότητας του τροχού και συγκράτηση στον άξονα του.....	30
Ζυγοστάθμιση του τροχού.....	33
α) Στατική ζυγοστάθμιση.....	34
β) Δυναμική ζυγοστάθμιση τροχού και η έννοια της.....	35
Χαρακτηριστικά στοιχεία κατεργασίας λειάνσεως.....	38
α) Περιφερειακή ταχύτητα του σμυριδοτροχού (ταχύτητα κοπής).....	38
β) Περιφερειακή ταχύτητα κατεργαζόμενου κομματιού.....	39
Ταχύτητα πλάγιας μεταθέσεως τροχού σχετικά με το κατεργαζόμενο κομμάτι (πλευρική πρόωση).....	41
Βάθος λειάνσεως (κοπής).....	41
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....</b>	<b>42</b>
<b>Είδη λειαντικών μηχανών και κατεργασιών.....</b>	<b>42</b>
Λειαντικές μηχανές επιπέδων επιφανειών.....	42
Λειαντικές μηχανές κυλινδρικών επιφανειών.....	47
Παρελκόμενα για κυλινδρικές κατεργασίες.....	50
Προβλήματα στην κυλινδρική λείανση.....	53
Λειαντικά μηχανήματα εσωτερικών κυλινδρικών επιφανειών.....	56

Πλανητικές Μηχανές Εσωτερικής λείανσης.....	60
Λείανση εσωτερικής παράλληλης διαμέτρου .	61
Χαρακτηριστικά κομματιών προς κατεργασία.....	61
Ταχύτητα τροχού και κομματιού .....	62
Λειαντικό μηχάνημα για κοπτικά εργαλεία .....	63
α) Τρόχιση της κόφης με ορισμένη γωνία ελευθερίας α. ....	64
β) Τρόχιση της επιφάνειας κοπής των δοντιών για την ορισμένη γωνία αποβλήτου κοπής γ	66
.....	66
Γενικά περί κοπτικών φρέζας και τη λείανση τους .....	67
Άκκεντρη λείανση .....	72
Μηχανήματα για άκκεντρη λείανση εξωτερικών κυλινδρικών επιφανειών .....	72
Πλεονεκτήματα .....	73
Μέθοδοι άκκεντρης λείανσης.....	74
α) Διαμήκης (Through feed).....	74
β) Τεμάχια με πατούρα.(Infeed).....	76
γ) Κωνικών κομματιών (Endfeed).....	77
Δ) Συνδυασμός διαμήκη και με πατούρα.....	78
Προβλήματα άκκεντρης λείανσης.....	80
Λειαντική μηχανή στροφαλοφόρων αξόνων.....	82
α) Αναγκαιότητα .....	82
β) Ιδιομορφία για τη συγκράτηση και περιστροφή .....	83
γ) Περιγραφή της μηχανής.....	84
δ) Αλλαγή από συγκράτηση για λείανση τριβέων βάσεως σε συγκράτηση για λείανση	85
κομβίων.....	85
ε) Συμπληρωματικά για τα λειαντικά στροφαλοφόρων.....	87
Ειδικές λειαντικές μηχανές για εξαρτήματα κινητήρων αυτοκινήτων.....	88
Χόνινγκ (Honing).....	91
<b>ΚΑΦΑΛΑΙΟ 3.....</b>	<b>94</b>
<b>ΤΡΙΒΗ-ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ-ΚΟΠΤΙΚΑ ΥΓΡΑ.....</b>	<b>94</b>
<b>Η ΤΡΙΒΗ ΣΤΗΝ ΚΟΠΗ.....</b>	<b>94</b>
<b>Η ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΚΟΠΗ.....</b>	<b>95</b>
1. ΓΕΝΙΚΑ .....	95
<b>ΣΥΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΠΟΣΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ..</b>	<b>97</b>
<b>ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ</b>	
<b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ ΚΟΠΗΣ .....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>Φθορά Λείανσης.....</b>	<b>103</b>
<b>Κοπτικά υγρά.....</b>	<b>108</b>
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ.....	108
ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ .....	108
ΜΗ-ΚΟΠΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ.....	110
<b>ΤΥΠΟΙ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ .....</b>	<b>111</b>
Χημικά υγρά (συνθετικά υγρά).....	112
Γαλακτώματα (διαλυτά ορυκτέλαια).....	113
Ημιχημικά υγρά.....	115
Απλά κοπτικά .....	115
<b>ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ .....</b>	<b>116</b>

‘ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ’ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ.....	119
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΛΕΙΑΝΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ.....	120
Διατήρηση καθαρότητας του κοπτικού υγρού .....	120
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	121
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ .....	125
<i>Βιβλιογραφία.....</i>	<i>126</i>