



**Από το Σχεδιάσιμο ενός Αντικειμένου  
στην Κατασκευή του**

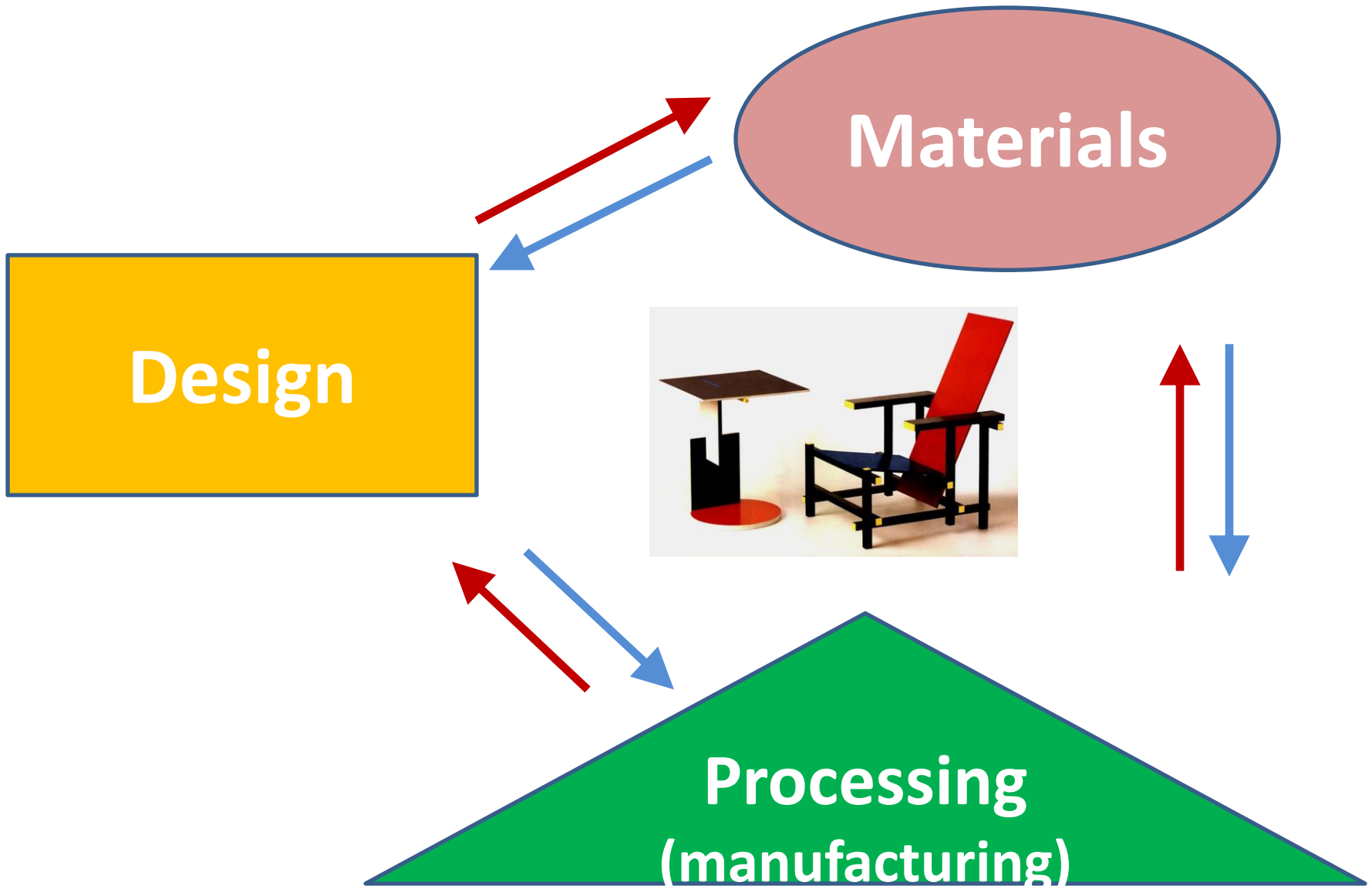
**ή**

**Πως Κατεργαζόμαστε τα Υλικά**

Κ. Χρόνη καλησπέρα σας

Ονομάζομαι ..... με αριθμό μητρώου ... και είμαι πρωτοετής φοιτήτρια της Σχολής Χημικών Μηχανικών. Με το παρών e mail θα ήθελα την βοήθειά σας σε ένα θέμα που μου έχει προκύψει. Στην εξέταση της προόδου στο autocad, ήμουν στο 3ο τμήμα που θα τελείωνε στις 17.30 και είχα ένα προγραμματισμένο ραντεβού σε ιατρό στις 19.00 ενώ μένω αρκετά μακριά από την σχολή. Αναγκάστηκα όμως να φύγω χωρίς να γράψω επειδή υπήρξε μία τεράστια καθυστέρηση ανάμεσα στα τμήματα(1 ώρα). Έτσι σκέφτηκα να σας στείλω το παρών μήπως γίνεται να βρεθεί κάποια λύση, από την στιγμή που είχα έρθει κανονικά να γράψω και μάλιστα ούσα άρρωστη. Σκεφτόμουν αν δεν γίνεται επαναληπτική εξέταση, μήπως μπορούσα να κάνω κάποια εργασία ή ό,τι άλλο εσείς κρίνετε. Αν θέλετε μπορώ να έρθω να σας μιλήσω και στο γραφείο σας όποια ώρα μπορείτε. Σας ευχαριστώ πολύ εκ των προτέρων για την κατανόησή σας!

Με εκτίμηση, ....., φοιτήτρια χημικών μηχανικών ΕΜΠ.



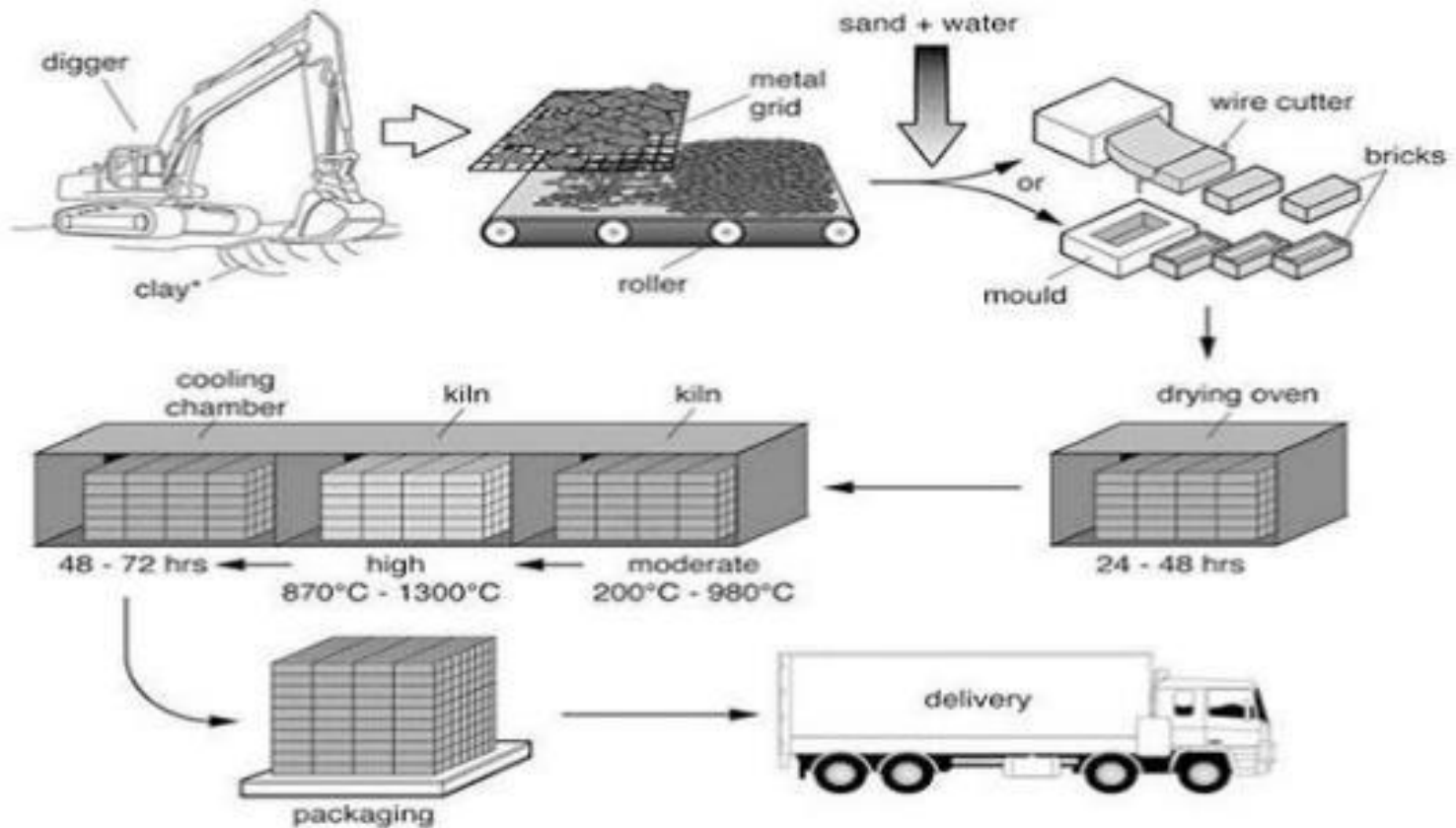
**Design**

**Materials**



**Processing  
(manufacturing)**

# Πως παράγεται ένα τούβλο



# Πρωτογενείς Κατεργασίες

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

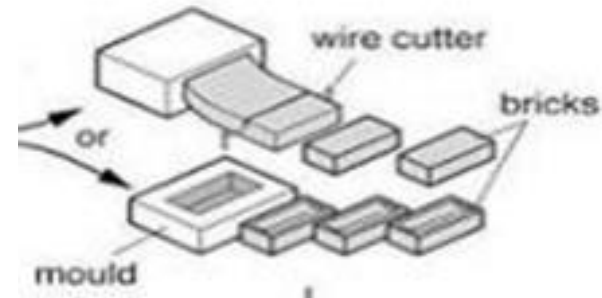
### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Αναγωγή οξειδίων,  
πολυμερισμός,  
εψήση αργίλου

### ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Χυτευση, ελαση,  
σφυρηλατηση,  
καμψη, κ.λ.π.

Chemical Reaction vessel



Η άμορφη μαζα του υλικού πρέπει καπώς να μορφοποιηθεί (χονδρική κατεργασία)

# Δευτερογενείς Κατεργασίες

## ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

### ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Αναγωγή οξειδίων,  
πολυμερισμός,  
εψηση αργίλου

### ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Χυτευση, ελαση,  
σφυρηλατηση,  
καμψη, κ.λ.π.

## ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

### ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΥΛΙΚΟΥ

Τόρνευση  
Φραιζάρισμα  
Διάτρηση  
Γραναζοκοπή  
Λείανση, κ.λπ.

### ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Συγκολλήσεις τόξου  
Συγκολλήσεις Laser  
Κολλήσεις  
Κοχλιοσυνδέσεις  
Ηλώσεις, κ.λπ.

### ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

Ανόπτηση  
Βαφή - επαναφορά  
κ.λπ.

### ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

Αμμοβολή  
Ενανθράκωση  
Εναζώτωση  
Επιμεταλλώσεις, κ.λπ.

ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΛΙΚΟΥ

## ΤΕΛΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ



**The Pyramids (~2500 B.C.)**

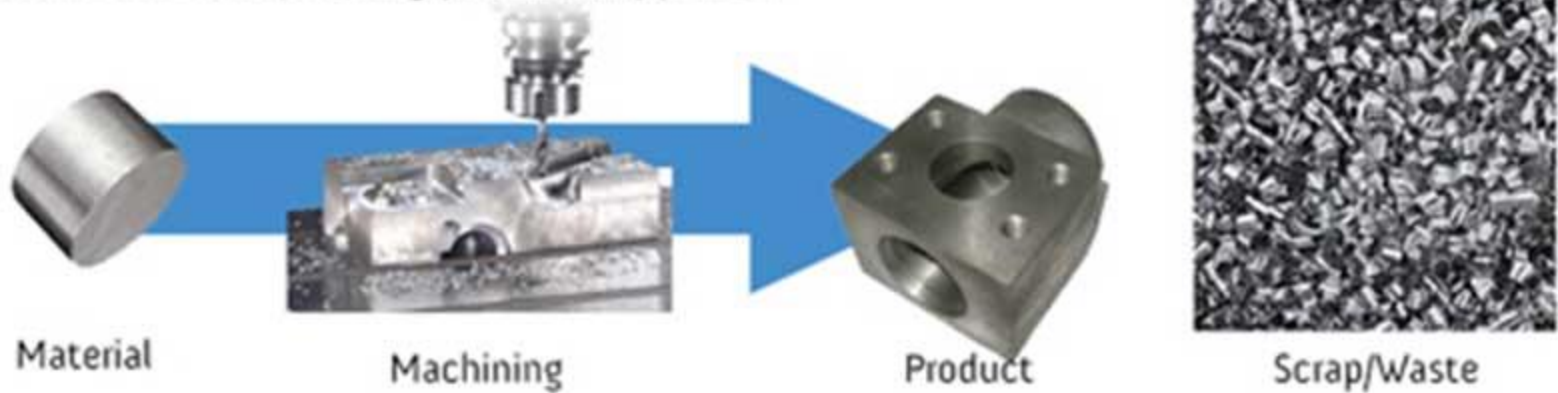


**Captain Hook**

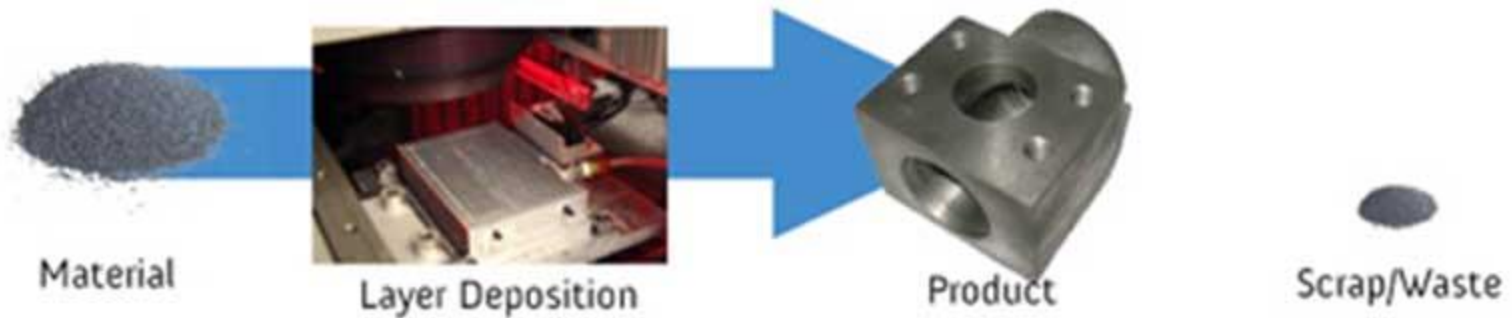
# Subtractive vs Additive Manufacturing



## ● Conventional Manufacturing (subtractive) process



## ● Additive Manufacturing Process



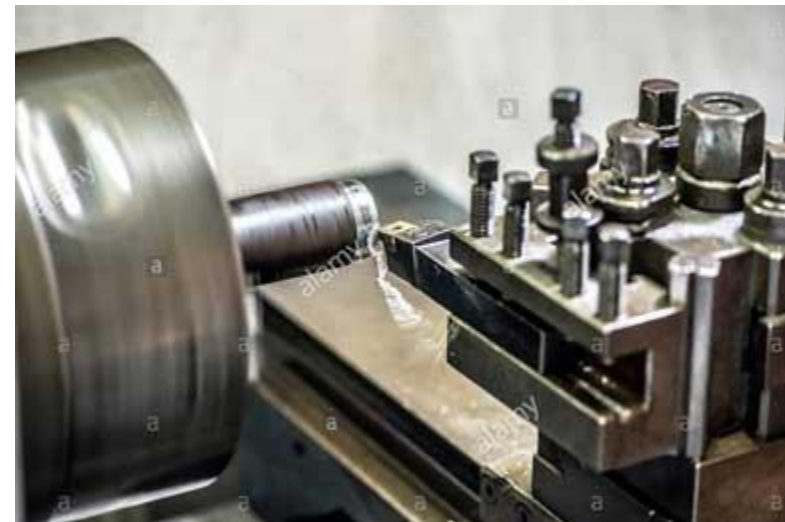
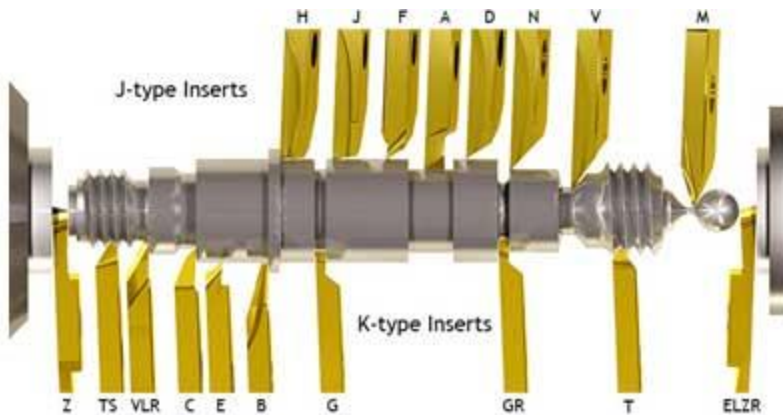
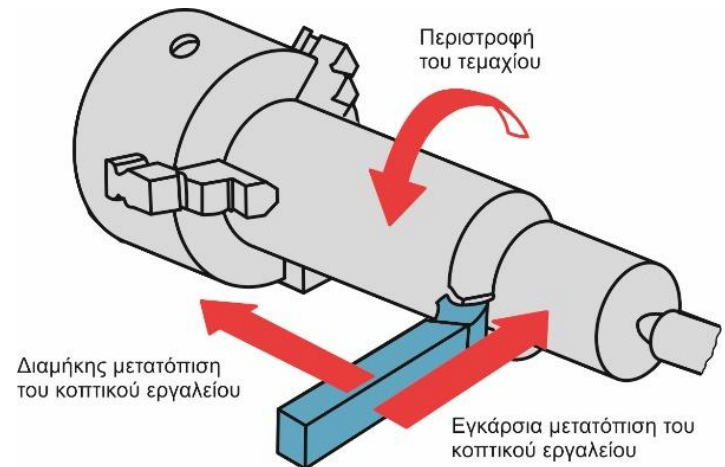
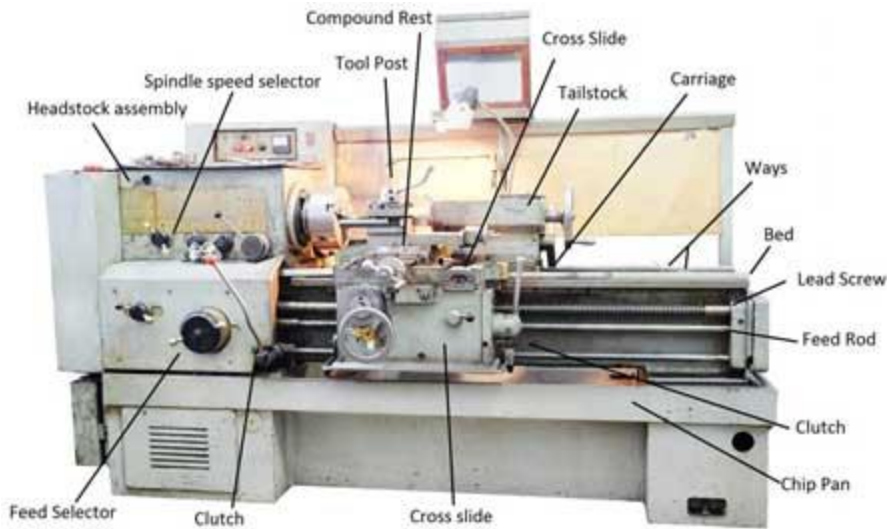


# Κατεργασίες με αφαίρεση υλικού

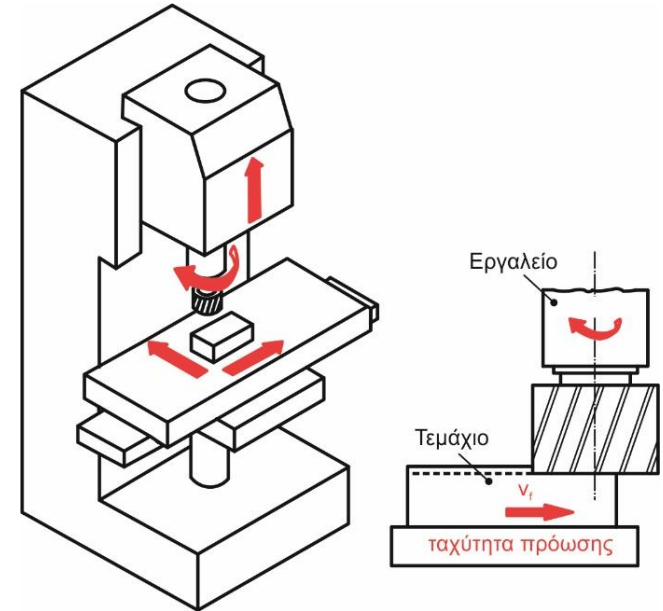
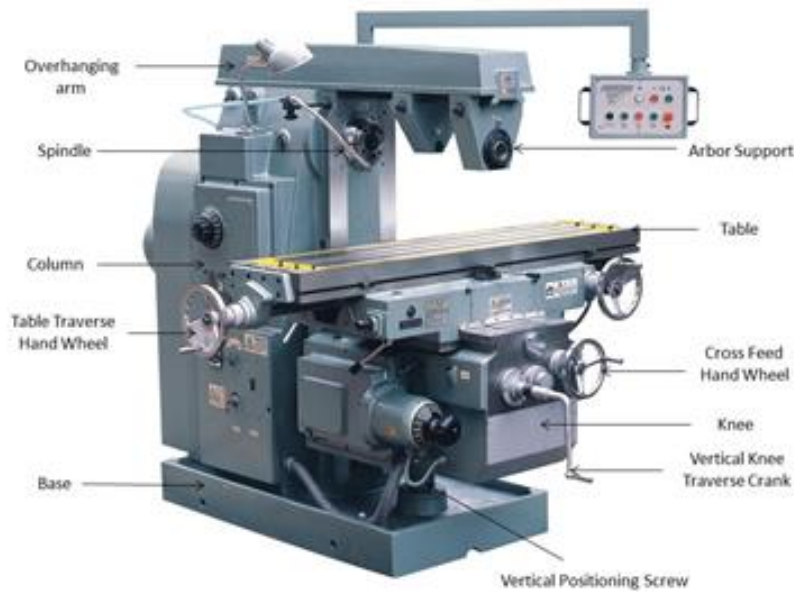


Ανάλογα με την κινηματική του κοπτικού εργαλείου - τεμαχίου

# Τόρνευση (lathing) (για κυλινδρικά τεμαχια)

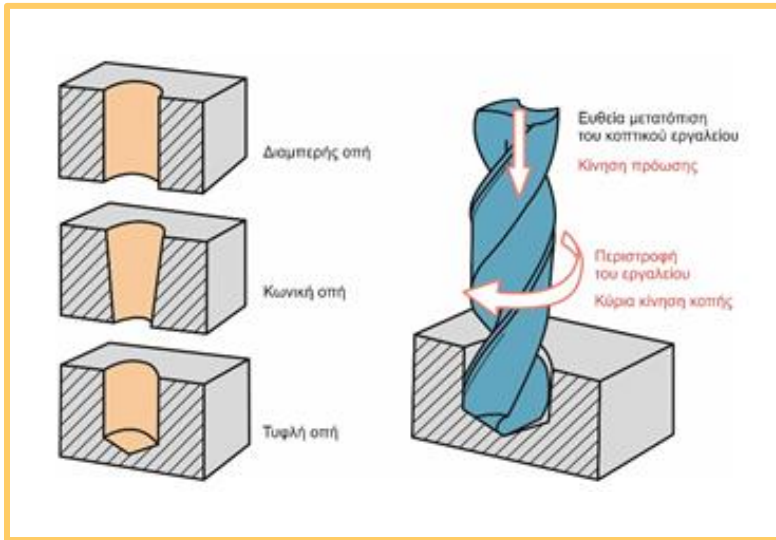


# Φραιζάρισμα (milling)

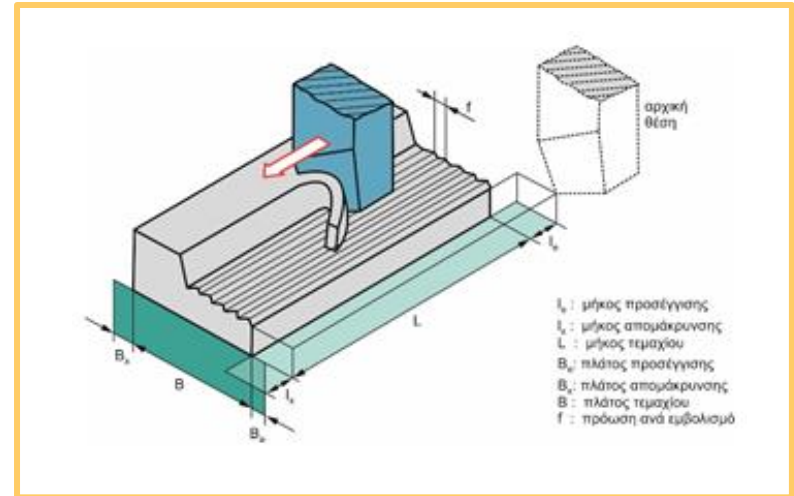


# Διάτρηση, Πλάνιση, Πριόνισμα

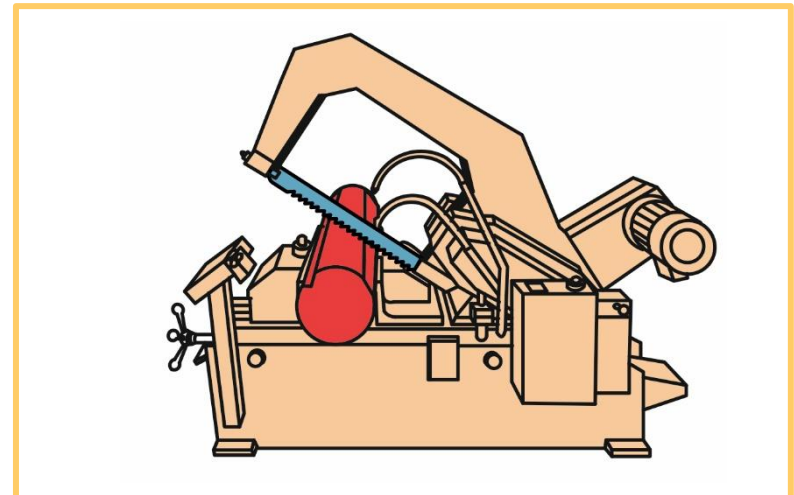
## ΔΙΑΤΡΗΣΗ



## ΠΛΑΝΙΣΗ



## ΠΡΙΟΝΙΣΜΑ





# Κατεργασίες με διαμόρφωση



# Βίντεο

## Κατεργασία με Τόρνο & Φραιζα



[Modern CNC Lathe Turning Machine Working, Amazing CNC Machining Machines \(youtube.com\)](#)



[Extreme Fast CNC Process Milling Machining \(youtube.com\)](#)

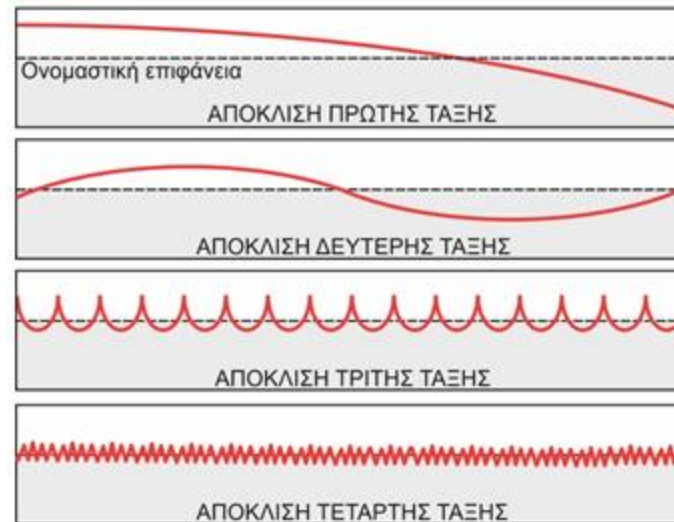
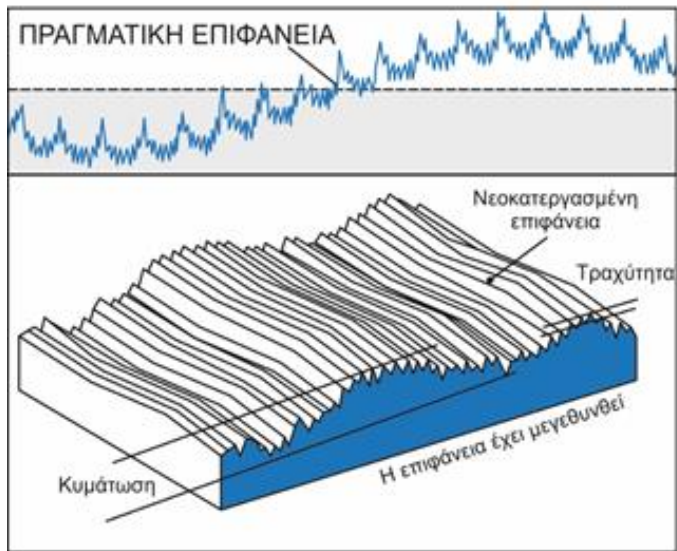
**Ιδιότητες Κατεργασμένων  
Επιφανειών:  
Τραχύτητα & Σκληρότητα**

# Μας ενδιαφέρει η Τραχύτητα της Επιφάνειας

	▽	▽▽		▽▽▽		
	N10	N9	N8	N7	N6	N5
HORIZONTAL MILLING						
VERTICAL MILLING						
TURNING						
μm Ra	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4
μ" AA	500	250	125	63	32	16



# Αποκλίσεις μιας νεο-κατεργασμένης επιφάνειας από τη θεωρητική επιφάνεια



Τραχύτητα  
Επιφάνειας

Οι αποκλίσεις 1ης τάξης οφείλονται σε λανθασμένη συγκράτηση του τεμαχίου ή σφάλματα στην εργαλειομηχανή και ιδιαίτερα στις γλισιέρες.

Οι αποκλίσεις 2ης τάξης οφείλονται επίσης σε λανθασμένη συγκράτηση του τεμαχίου (πιθανή εκκεντρότητα), ταλαντώσεις του συστήματος εργαλείου-τεμαχίου ή ακόμα και σε ανομοιογένεια του υλικού.

Οι αποκλίσεις 3ης τάξης οφείλονται στην κινηματική της κατεργασίας και προέρχονται από τη γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου.

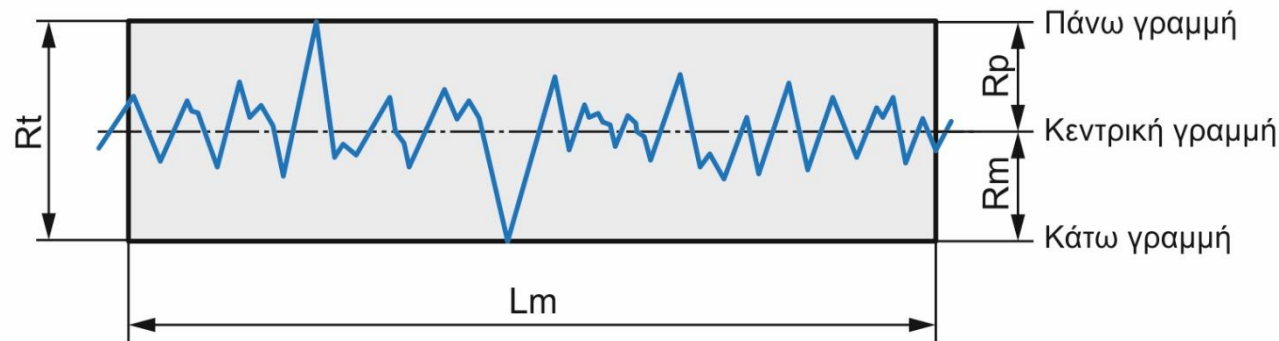
Οι αποκλίσεις 4ης τάξης οφείλονται κυρίως σε φθορά του εργαλείου, δημιουργία ψευδόκοψης, λανθασμένη τρόχιση του εργαλείου κ.λπ..

# Παράγοντες που επηρεάζουν την τραχύτητα

Οι παράγοντες που επηρεάζουν, σε διαφορετικό όμως βαθμό ο καθένας, την τραχύτητα κατεργασμένων επιφανειών, είναι συνοπτικά οι εξής:

- Η κινηματική της κατεργασίας (σχετική κίνηση εργαλείου - τεμαχίου).
- Το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
- Η γεωμετρική μορφή του κοπτικού εργαλείου, η τραχύτητα των κοπτικών επιφανειών του και η φθορά του.
- Οι συνθήκες κατεργασίας (ταχύτητα κοπής, πρόωση, βάθος κοπής).
- Το υγρό κοπής, αν χρησιμοποιείται.
- Η κατάσταση της εργαλειομηχανής όσον αφορά την επιτυγχανόμενη ακρίβεια
- Οι ταλαντώσεις του συστήματος (κατεργασία - εργαλειομηχανή – τεμάχιο, εργαλείο).

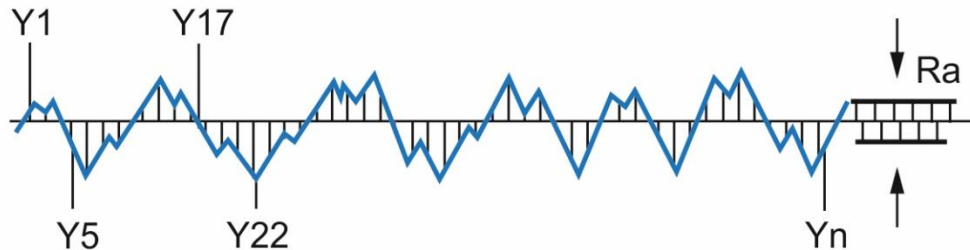
# Σύστημα Μέτρησης Τραχύτητας



( $L_m$  : δειγματοληπτικό μήκος)

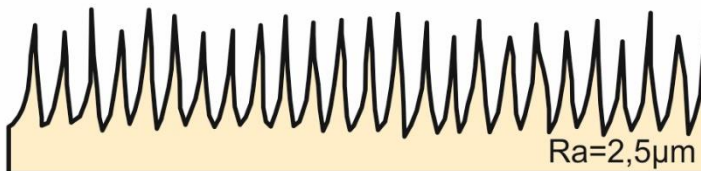
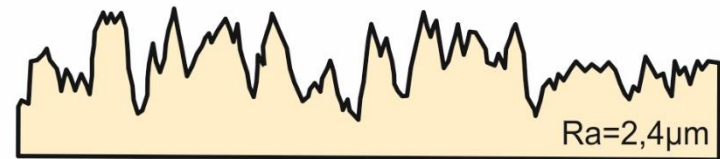
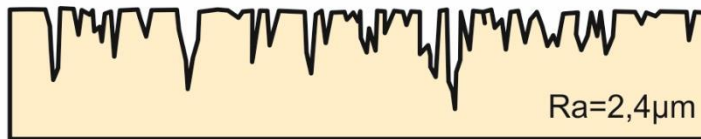
Για την μέτρηση της τραχύτητας χρησιμοποιείται κυρίως το σύστημα Κεντρικής γραμμής ή **σύστημα (M)** όπου μία κεντρική γραμμή ισομοιράζει, σε συγκεκριμένο μήκος, τα επάνω και κάτω από αυτήν εμβαδά.

# Μέσο ύψος τραχύτητας $R_a$



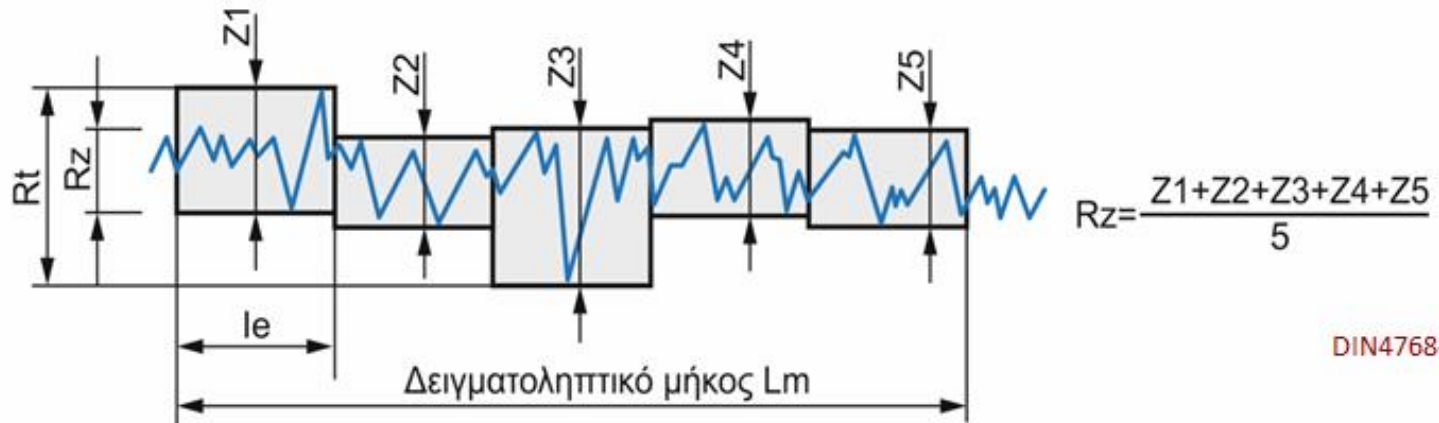
## Μέσο ύψος τραχύτητας $R_a$ :

Η αριθμητική μέση τιμή των αποκλίσεων όλων των σημείων του πραγματικού περιγράμματος από την **Κεντρική γραμμή**, μέσα στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος. Αυτές οι αποκλίσεις για τον υπολογισμό του  $R_a$  λαμβάνονται πάντα θετικές.



Επιφάνειες με την ίδια σχεδόν  $R_a$

# Ύψος Τραχύτητας Rz

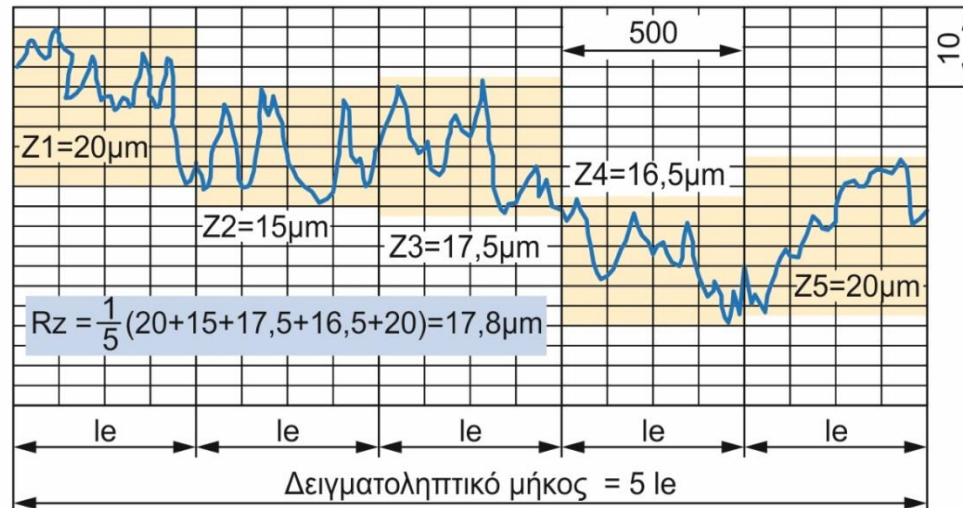


Το ύψος της τραχύτητας **Rz**, προσδιορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του συνόλου των πέντε υψηλότερων κορυφών με το σύνολο των πέντε βαθύτερων εσοχών του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας, διαιρούμενο δια πέντε.

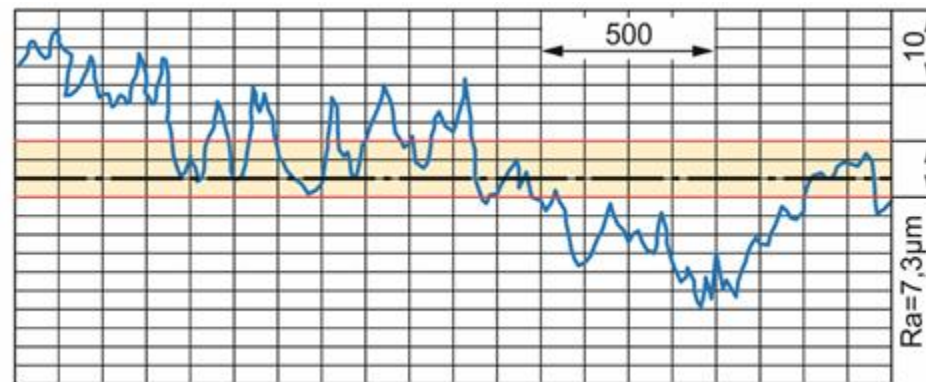
Οι υψηλότερες κορυφές και βαθύτερες εσοχές προσδιορίζονται μέσα σε 5 ίσα τμήματα  $le$ , στα οποία χωρίζεται το **δειγματοληπτικό μήκος**  $Lm$ . Το μήκος  $le$  ονομάζεται **μήκος αποκοπής** και η επιλογή του είναι σημαντική για την τραχυμέτρηση.

# Παράδειγμα υπολογισμού τραχυτήτων Rz & Ra

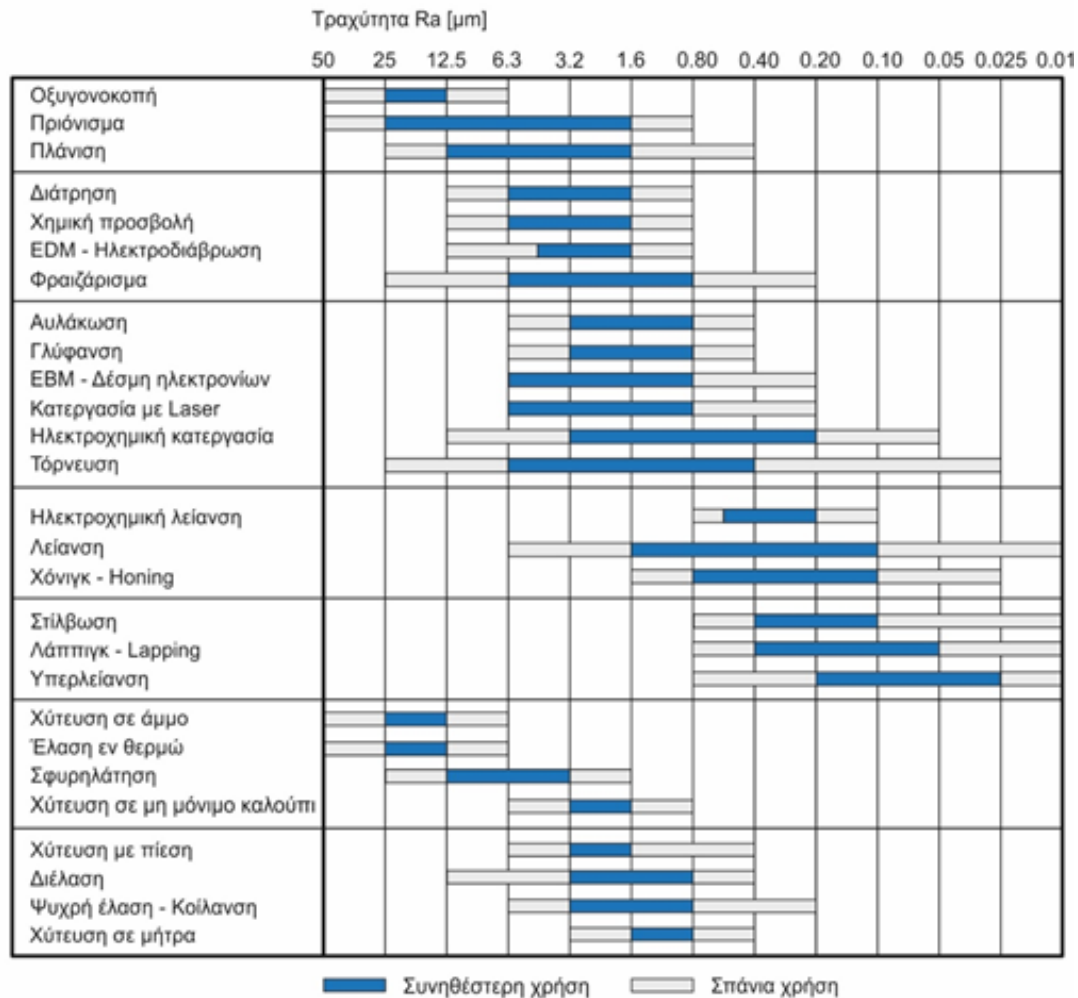
Rz



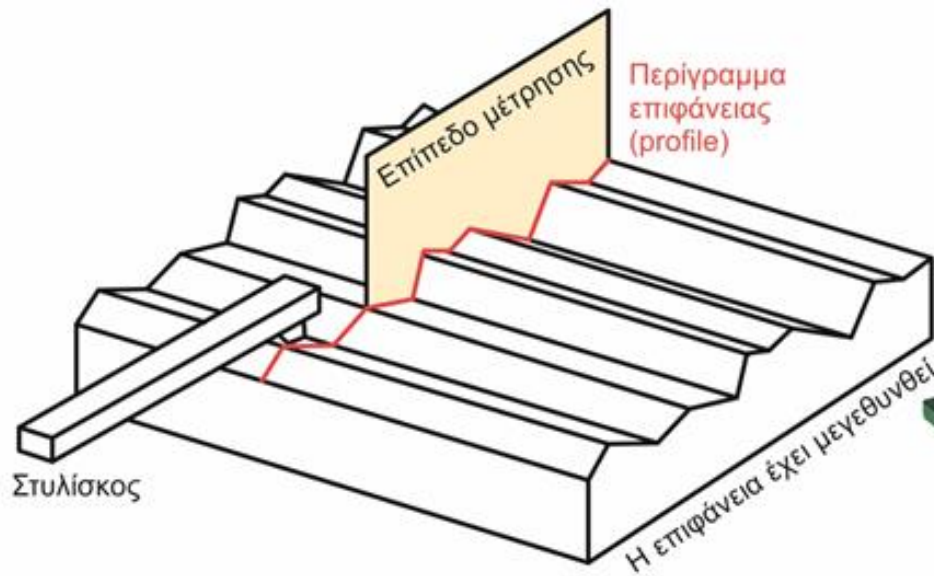
Ra



# Τραχύτητα επιφάνειας δημιουργούμενη από συνήθεις κατεργασίες

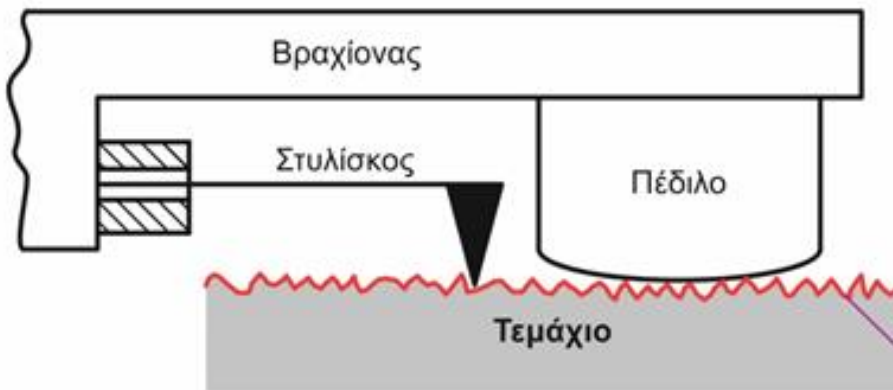


# Τραχύμετρο ακίδας



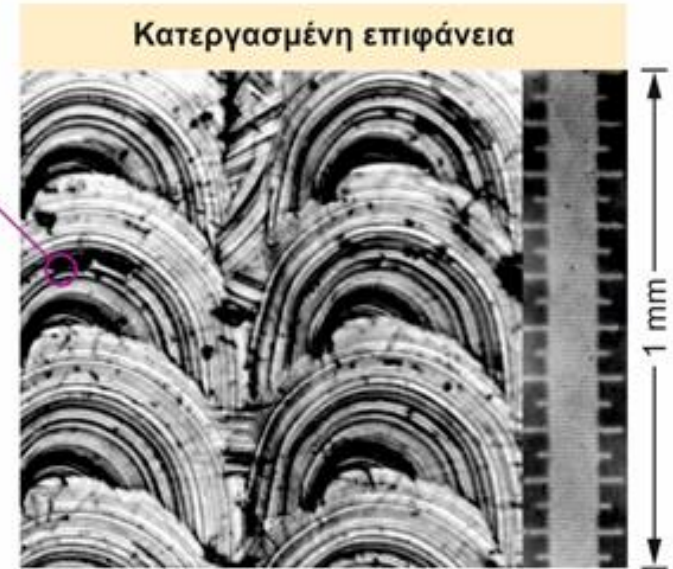


# Αρχή λειτουργίας τραχυμέτρου τύπου στυλίσκου



Ο Στυλίσκος ακολουθεί κάθε ανωμαλία της επιφάνειας με πολύ μικρή διακριτοποίηση της κίνησης

Το πέδιλο ακολουθεί τη γενική μορφή της επιφάνειας



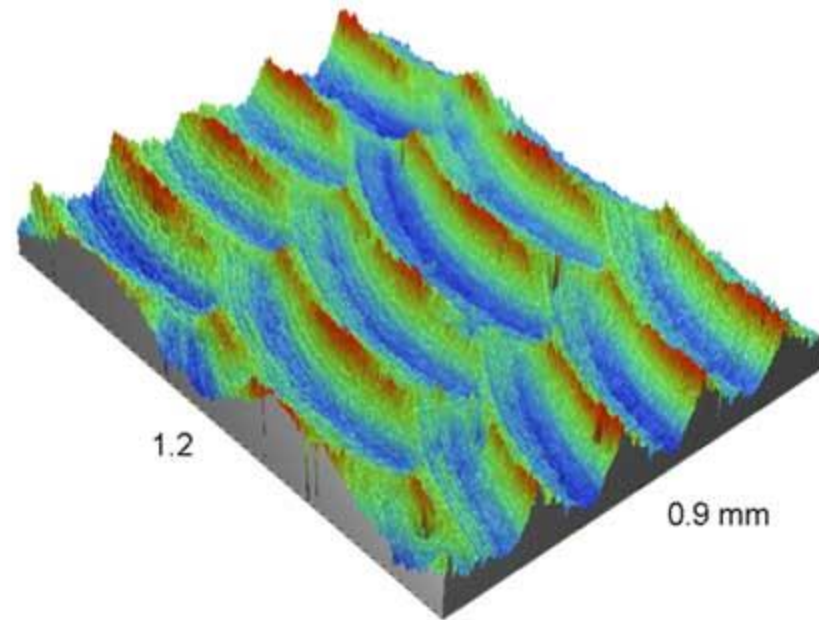
**Δεδομένα κατεργασίας:**

Εργαλείο φραιζαρίσματος με σφαιρική απόληξη, διαμέτρου  $\Phi 20$  και μία κόψη ( $z=1$ ), Υλικό κοπτικού εργαλείου: Σκληρομέταλλο P40, Υλικό κατεργαζόμενου τεμαχίου : Ck60, Συνθήκες κοπής: Αντίρροπο φραιζάρισμα, Πρόωση  $0,6\text{mm}/\text{στροφή}$  & δόντι, Αξονικό βάθος κοπής  $0,3\text{mm}$ , Ακτινικό βάθος κοπής  $0,3\text{mm}$ , Ταχύτητα κοπής  $45\text{m}/\text{min}$

# Κατεργασμένη επιφάνεια από εργαλείο σφαιρικής απόληξης – 3D Προφιλόμετρο

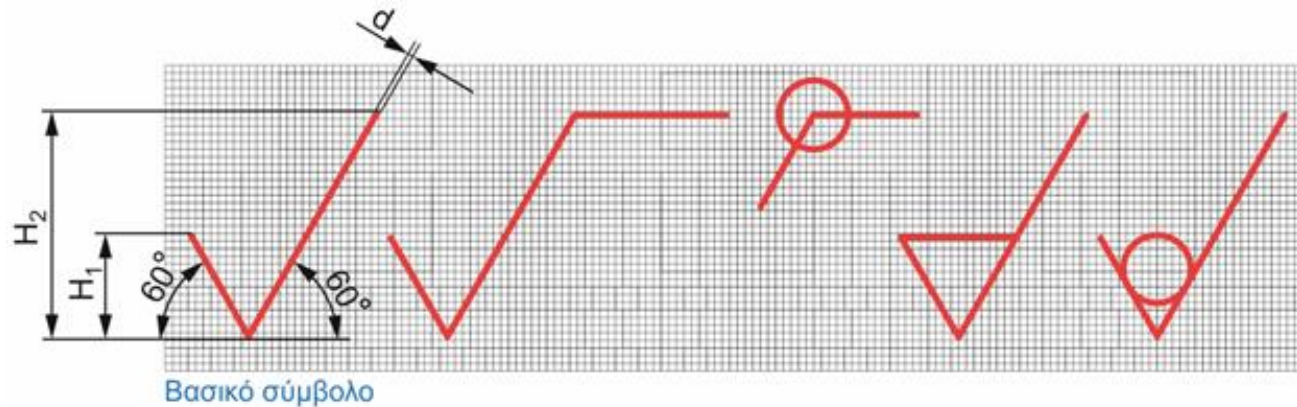


Κοπτικό εργαλείο αποπεράτωσης  
σφαιρικής απόληξης



Τρισδιάστατη προφίλομετρία

# Βασικό σύμβολο ποιότητας κατεργασίας (ISO 1302 του 2002)



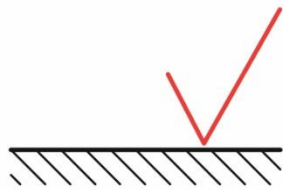
	Διαστάσεις σε mm						
ύψος γραμμάτων και αριθμών κατά ISO 3098-2	2,5	3,5	5	7	10	14	20
πάχος γραμμής για σύμβολα d'	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
πάχος γραμμής για γράμματα d							
ύψος H <sub>1</sub>	3,5	5	7	10	14	20	28
ελάχιστο ύψος H <sub>2</sub> *	7,5	10,5	15	21	30	42	60

\* εξαρτάται από το πλήθος των ενδεικτικών γραμμών)

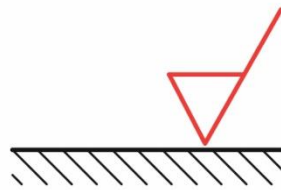
Το βασικό σύμβολο κατεργασίας αποτελείται από δύο άνισες ευθείες γραμμές οι οποίες σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 60°.

Το σύμβολο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μόνο του χωρίς να περιλαμβάνει επιπλέον πληροφορίες.

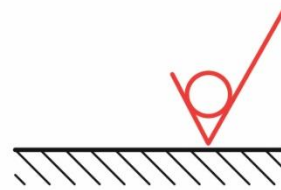
# Παραλλαγές βασικού συμβόλου ποιότητας κατεργασίας



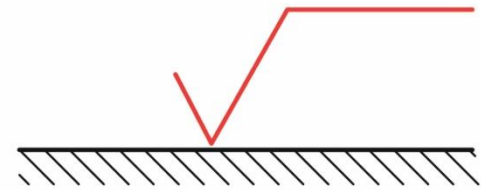
Βασικό σύμβολο



Αφαίρεση υλικού

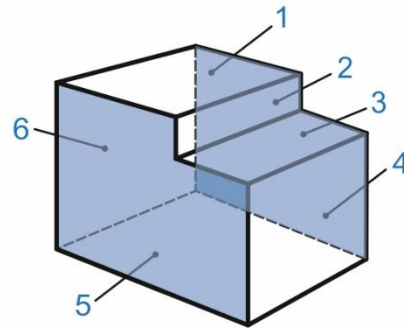
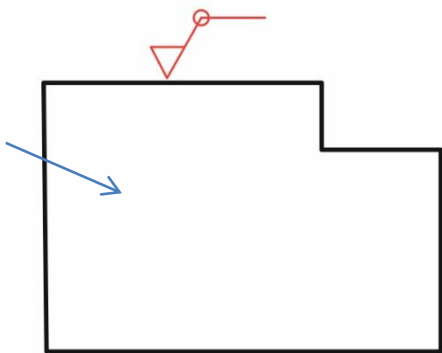


ΌΧΙ αφαίρεση υλικού



Επιτρέπεται οποιαδήποτε κατεργασία

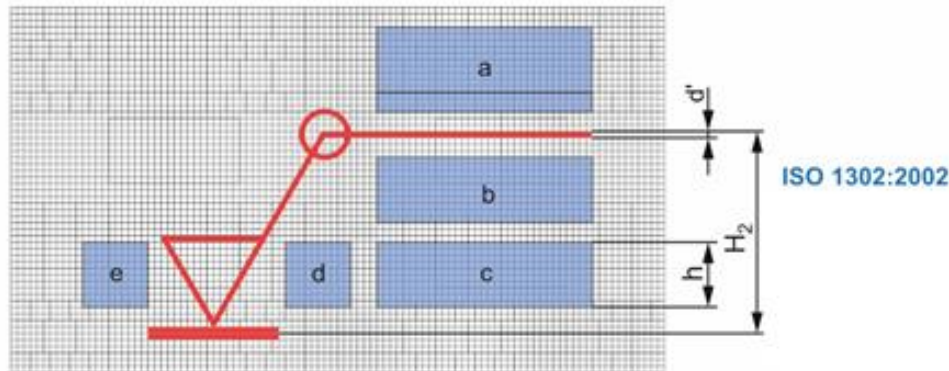
Εμπρός επιφάνεια

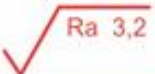


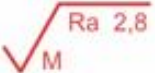



το σύμβολο χαρακτηρίζει τις 6 επιφάνειες στις οποίες περιέχονται οι γραμμές του περιγράμματος χωρίς τις εμπρός και πίσω επιφάνειες.

Ένα σύμβολο ποιότητας σε ένα περίγραμμα σε μια όψη σημαίνει ότι η ποιότητα χαρακτηρίζει όλες τις επιφάνειες στις οποίες περιέχονται οι γραμμές του περιγράμματος, εκτός από την εμπρός και πίσω επιφάνεια, σύμφωνα με τη θέαση της όψης αυτής.

# Βασικό σύμβολο ποιότητας κατεργασίας και παραδείγματα

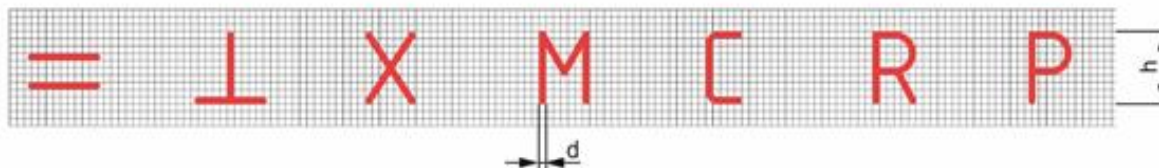


α		Επιφάνεια με μέγιστη τιμή μέσης τραχύτητας $Ra = 3,2\mu\text{m}$ . Δεν καθορίζεται ο τρόπος κατεργασίας.
β		Επιφάνεια με ελάχιστη τιμή μέσης τραχύτητας $Ra = 2,0\mu\text{m}$ και μέγιστη επιτρεπόμενη $Ra = 3,2\mu\text{m}$ . Δεν καθορίζεται ο τρόπος κατεργασίας.
γ		Επιφάνεια που θα επεξεργαστεί σε εργαλειομηχανές αφαίρεσης υλικού και ιδιαίτερα με φραιζάρισμα.
δ		Επιφάνεια με μέγιστη τιμή μέσης τραχύτητας $Ra = 2,8\mu\text{m}$ . Δεν καθορίζεται ο τρόπος κατεργασίας αλλά θα είναι με αφαίρεση υλικού και τυχαία ίχνη χωρίς συγκεκριμένη μορφή.
ε		Επιφάνεια που θα επεξεργαστεί σε εργαλειομηχανές αφαίρεσης υλικού και ιδιαίτερα με τórνευση. Μετά το πέρας της κατεργασίας θα παραμείνει υλικό 1mm

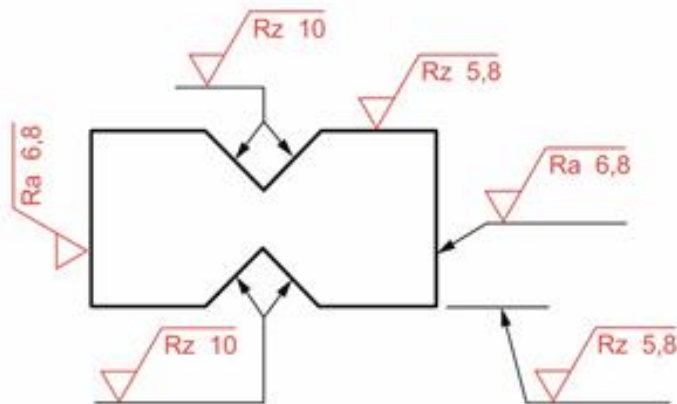
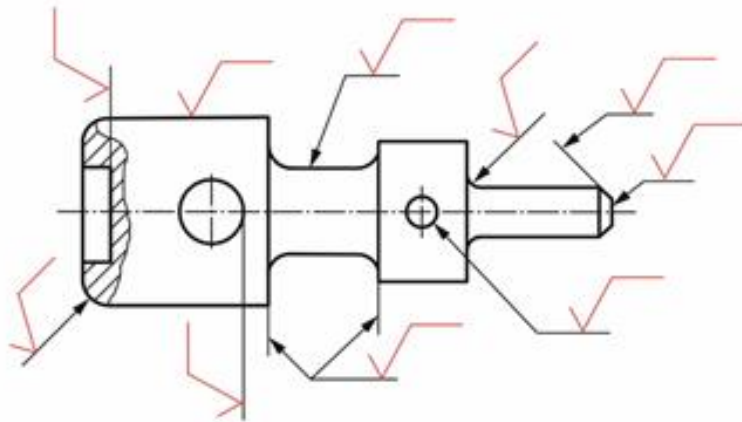


# Συμβολισμός ιχνών κατεργασίας

Σύμβολο	Σχέδιο	Περιγραφή
=		Ίχνη κατεργασίας παράλληλα προς το επίπεδο προβολής της όψης στην οποία τοποθετήθηκε το σύμβολο
⊥		Ίχνη κατεργασίας κάθετα προς το επίπεδο προβολής της όψης στην οποία τοποθετήθηκε το σύμβολο
X		Ίχνη κατεργασίας που διασταυρώνονται σε δύο κατευθύνσεις με κλίση ως προς το επίπεδο προβολής της όψης στην οποία τοποθετήθηκε το σύμβολο
M		Τυχαία ίχνη κατεργασίας χωρίς συγκεκριμένη μορφή
C		Ίχνη κατεργασίας σε ομόκεντρους κύκλους με κέντρο το κέντρο της κυκλικής επιφάνειας που τοποθετήθηκε το σύμβολο
R		Ακτινικά ίχνη κατεργασίας ως προς το κέντρο της κυκλικής επιφάνειας που τοποθετήθηκε το σύμβολο
P		Σωματιδιακή υφή της κυκλικής επιφάνειας που τοποθετήθηκε το σύμβολο. Μη κατευθυνόμενα ή προεξέχοντα ίχνη



# Παράδειγμα τοποθέτησης συμβόλων ποιότητας επιφάνειας

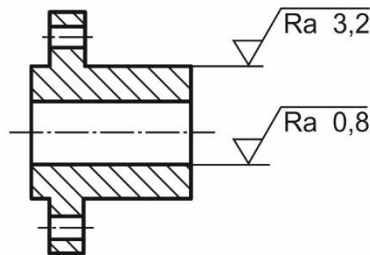


Τα σύμβολα ποιότητας επιφάνειας τοποθετούνται αντίστοιχα με την τοποθέτηση των διαστάσεων, δηλαδή θα πρέπει να διαβάζονται από κάτω προς τα πάνω και από αριστερά προς τα δεξιά.

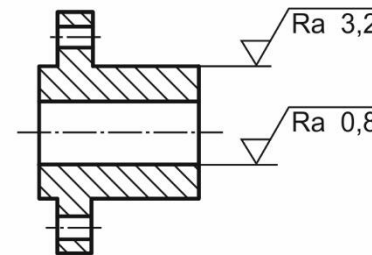
# Καταχώρηση γενικών συμβόλων ποιότητας

Χαρακτηρίζει όλες τις επιφάνειες

→  $\sqrt{Ra\ 10,5}$  (✓)

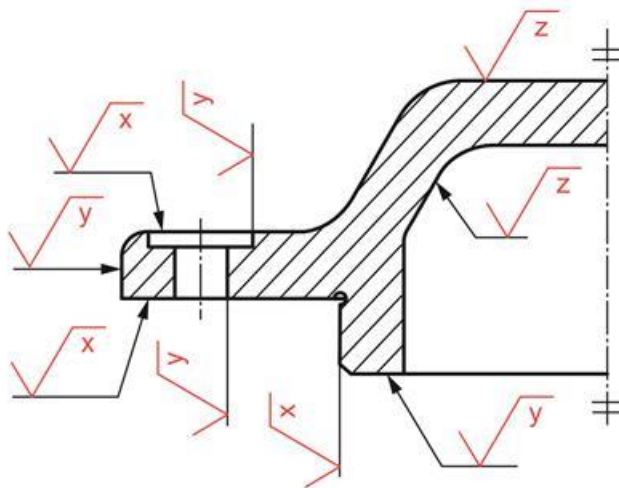


$\sqrt{Ra\ 10,5}$  (  $\sqrt{Ra\ 3,2}$   $\sqrt{Ra\ 0,8}$  )



Για συγκεκριμένες επιφάνειες

Σε περιπτώσεις που οι περισσότερες από τις επιφάνειες ενός αντικείμενου πρέπει να χαρακτηριστούν με την ίδια ποιότητας επιφάνειας τοποθετείται κοντά στο υπόμνημα του σχεδίου ένα μόνο σύμβολο ποιότητας επιφάνειας που θεωρείται ότι χαρακτηρίζει όλες τις επιφάνειες.



$\sqrt{x} = \sqrt{Ra\ 1,8}$

$\sqrt{y} = \sqrt{Ra\ 3,5}$

$\sqrt{z} = \sqrt{\text{✓}}$

Στις επιφάνειες που έχουν κοινή ποιότητα μπορείς να χρησιμοποιείται ενιαίο σύμβολο ποιότητας με χρήση ενός γράμματος. Δίπλα στο υπόμνημα του σχεδίου τοποθετείται η αντιστοίχιση του κάθε συμβόλου που περιλαμβάνει γράμμα με το πραγματικό σύμβολο με τα δεδομένα της ποιότητας

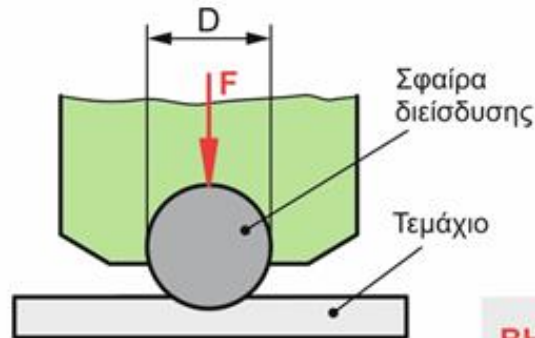


# Σκληρότητα (hardness)

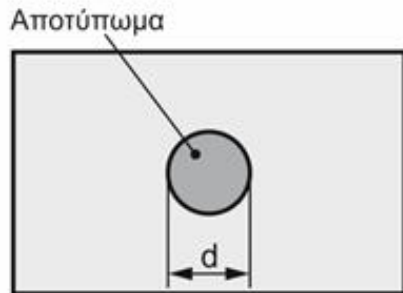
**Σκληρότητα** ενός υλικού είναι η αντίσταση που εμφανίζει το υλικό αυτό στη διείσδυση ενός ξένου σώματος. Η σκληρότητα συνδέεται και με άλλες μηχανικές ιδιότητες του υλικού: την αντοχή σε εφελκυσμό, την πλαστικότητα (επιμήκυνση κατά τη θραύση) και τη δυσθραυστότητα. Όταν αυξάνεται η σκληρότητα ενός υλικού, αυξάνεται η αντοχή του και μειώνονται η πλαστικότητα και η δυσθραυστότητά του. Άρα, ένα πολύ σκληρό υλικό είναι πολλές φορές και ψαθυρό (εύθραυστο).

Κοινά παραδείγματα σκληρων υλικων είναι τα κεραμικά, ορισμένα μέταλλα, τα διαμάντια.

# Σκληρότητα κατά Brinell



$$BHN = \frac{2F}{D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$



320 HB 2.5 / 187.5 / 30

- Διάρκεια επίδρασης [sec]
- Δύναμη δοκιμής [N]
- Διάμετρος σφαίρας [mm]
- Σκληρότητα κατά Brinell
- Τιμή σκληρότητας

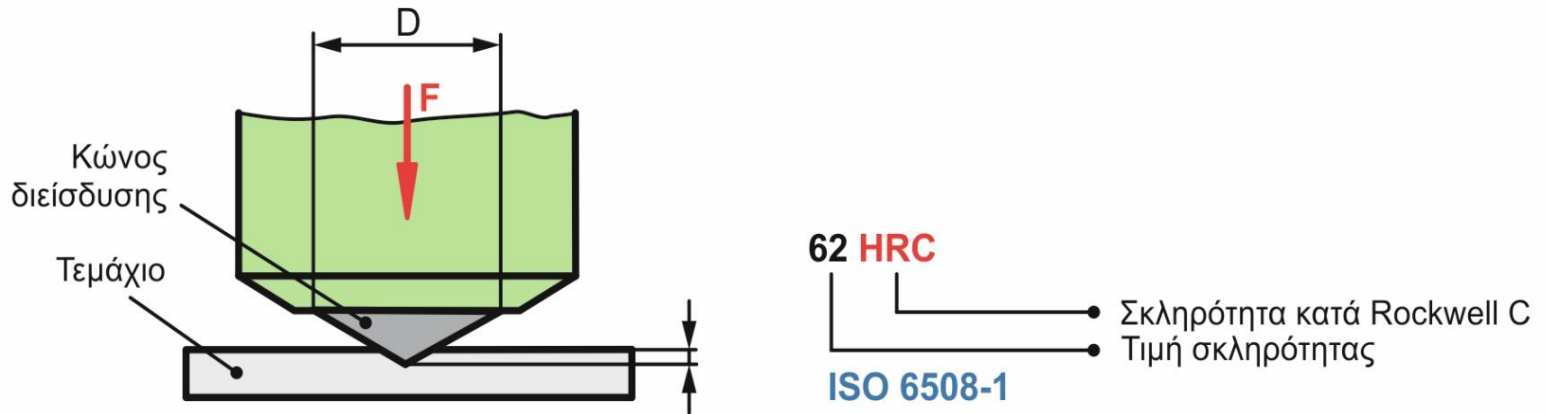
ISO 6506-1

BHN = Brinell Hardness Number (kgf/mm<sup>2</sup>)

d = η διαμετρος του αποτυπωματος

**Σκληρότητα** ενός υλικού είναι η αντίσταση που εμφανίζει το υλικό αυτό στη διείσδυση ενός ξένου σώματος

# Σκληρότητα κατά Rockwell



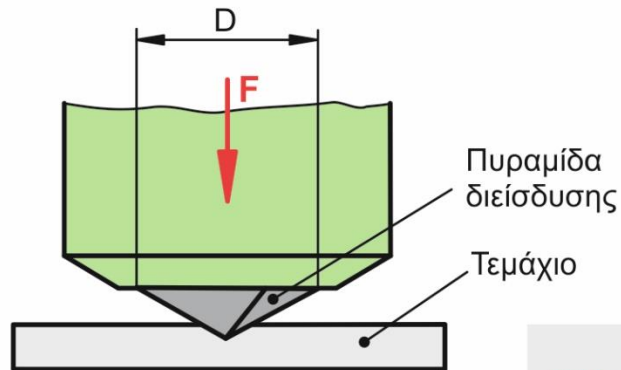
Η δοκιμή σκληρότητας κατά **Rockwell** βασίζεται στη μέτρηση του βάθους του αποτυπώματος (και όχι της διαμέτρου) που προκαλεί ο διείδυτής κατά τη διάρκεια δύο φάσεων:

- της προφόρτισης, που χρησιμοποιείται μικρή δύναμη (10 Kp) και
- της φόρτισης, που χρησιμοποιείται μεγαλύτερη δύναμη, η οποία είναι καθορισμένη (100 ή 150 Kp).

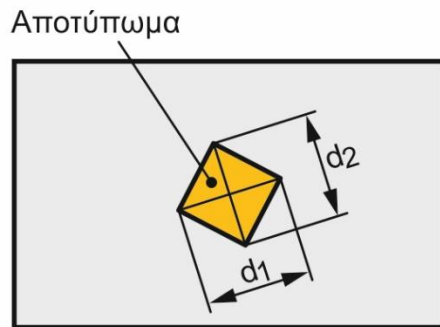
**Rockwell C:** Χρησιμοποιείται ως διείδυτής **κώνος** από διαμάντι, γωνίας 120° και ακμής με ακτίνα καμπυλότητας 0.02 mm. Πρέπει να σημειωθεί ότι η δοκιμή σκληρότητας κατά Rockwell C εφαρμόζεται ευρύτατα στην περίπτωση θερμικά κατεργασμένων χαλύβων και γενικότερα μετάλλων και κραμάτων μετά από κατεργασίες σκλήρυνσης όπως είναι βαμμένοι χάλυβες, επιφανειακά κατεργασμένοι χάλυβες, κράματα αλουμινίου μετά από γήρανση (ντουραλουμίνιο), κ.λπ..

**Rockwell B:** Χρησιμοποιείται ως διείδυτής **σφαίρα** από σκληρυμένο χάλυβα, διαμέτρου 1/16 in. (περίπου 1,59 mm). Τα υλικά που μπορούν να σκληρομετρηθούν είναι κοινοί χάλυβες, ακατέργαστοι κραματωμένοι χάλυβες, κράματα χαλκού, κράματα αλουμινίου και γενικά υλικά που δεν έχουν υποστεί κατεργασίες σκλήρυνσης.

# Σκληρότητα κατά Vickers



$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \text{ όπου: } d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$



860 HV 50 / 30

- Διάρκεια επίδρασης [sec]
- Δύναμη δοκιμής [N]
- Σκληρότητα κατά Vickers
- Τιμή σκληρότητας

ISO 6507-1

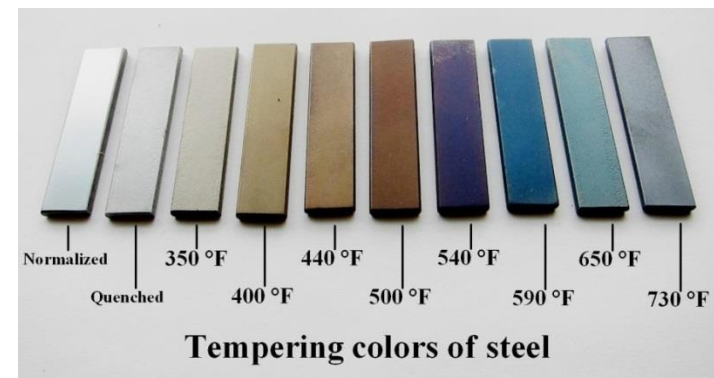
Η δοκιμή σκληρότητας κατά **Vickers** χρησιμοποιεί ως διεισδυτή πυραμίδα διαμαντιού, γωνίας 136°. Με τη διείδυση της πυραμίδας μέσα στο υλικό, δημιουργείται στην ιδανικότερη περίπτωση ένα τετραγωνικό αποτύπωμα. Στην πραγματικότητα, το αποτύπωμα που δημιουργείται είναι σχήματος ρόμβου και οφείλεται στη μικροσκοπική ανισοτροπία του υλικού.

# Θερμικές Κατεργασίες χαλύβων

**Ανόπτηση:** Είναι θερμική κατεργασία με **μικρή ταχύτητα απόψυξης**. Συνίσταται στη θέρμανση του χάλυβα για κάποιο ορισμένο χρονικό διάστημα, που πραγματοποιείται συνήθως σε θερμοκρασία **μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία αναक्रυστάλλωσης** και στόχος της είναι η **εξάλειψη των εσωτερικών τάσεων**, που έχουν προέλθει από την ψυχρή μορφοποίηση του υλικού (έλαση, διέλαση, κ.λπ.). Ακολουθεί βραδεία απόψυξη του υλικού έως τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

**Βαφή:** Είναι θερμική κατεργασία σκλήρυνσης με **μεγάλη ταχύτητα απόψυξης** και περιλαμβάνει ένα στάδιο θέρμανσης και παραμονής του χάλυβα σε κατάλληλη υψηλή θερμοκρασία και ένα ακόλουθο στάδιο απότομης ψύξης, με εμβάπτιση του χάλυβα σε κάποιο μέσο ψύξης (αλατόνερο, νερό, λάδι, αέρας). Στόχος της βαφής είναι η βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του χάλυβα (σκληρότητα, αντοχή), που απαιτούνται για τη λειτουργία του (π.χ. εργαλεία κοπής, καλούπια διαμόρφωσης, κ.λπ.). Έτσι, ένας χάλυβας με αρχική σκληρότητα 150-250 HV μπορεί να αποκτήσει σκληρότητα πάνω από 750-800 HV, έπειτα από βαφή.

**Επαναφορά:** Είναι θερμική κατεργασία αναθέρμανσης, σε κατάλληλες θερμοκρασίες, του χάλυβα με στόχο την αύξηση της δυσθραυστότητας που δημιουργείται με τη βαφή.



# Επιφανειακές θερμικές κατεργασίες

**Ενανθράκωση:** Είναι ο εμπλουτισμός σε άνθρακα της επιφάνειας μαλακού χάλυβα (0.10-0.25%C) με θέρμανσή του σε κατάλληλη θερμοκρασία μέσα σε περιβάλλον κάποιου ενανθρακωτικού μέσου. Το ενανθρακωτικό μέσο μπορεί να είναι αέριο (π.χ. CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>) είτε υγρό (π.χ. τηγμένα άλατα NaCN, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) είτε στερεού (π.χ. ξυλάνθρακας, BaCO<sub>3</sub>, κ.λπ.).

**Εναζώτωση:** Είναι ο εμπλουτισμός της επιφάνειας του χάλυβα με άζωτο, που επιτυγχάνεται με θέρμανση περί τους 500°C, είτε σε αέριο περιβάλλον αμμωνίας (NH<sub>3</sub>) είτε σε υγρό περιβάλλον (τηγμένα άλατα KCl, KCN), και έχει ως στόχο την επιφανειακή σκλήρυνση του υλικού. Ο μηχανισμός σκλήρυνσης οφείλεται στη δημιουργία επιφανειακού στρώματος νιτριδίων του σιδήρου (ενώσεων αζώτου με σίδηρο). Οι εναζωτωμένοι χάλυβες παρουσιάζουν αξιοσημείωτη αντίσταση σε φθορά-τριβή.

**Φλογοβαφή:** Είναι η επιφανειακή θέρμανση με τη βοήθεια φλόγας, που δημιουργείται από καύση μείγματος καυσίμου - οξυγόνου (π.χ. ασετυλίνη-οξυγόνο). Η θέρμανση ακολουθείται από ψύξη, κατά την οποία συντελείται επιφανειακή βαφή.

**Επαγωγική σκλήρυνση:** Στη διαδικασία αυτή το υλικό τοποθετείται κατάλληλα μέσα σε ένα πηνίο εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής συχνότητας. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής προκαλεί υψίσυχνα επαγωγικά ρεύματα, τα οποία διεισδύουν σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του υλικού, θερμαίνοντάς το ταυτόχρονα τοπικά. Η θέρμανση αυτή σε κατάλληλη θερμοκρασία ακολουθείται από απότομη ψύξη (βαφή) για τη σκλήρυνση της επιφάνειας.

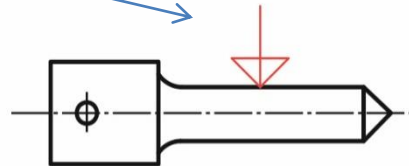
**Επιφανειακή βαφή με δέσμη LASER:** Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, το κατεργαζόμενο υλικό ακτινοβολείται με δέσμη laser υψηλής πυκνότητας ισχύος (περίπου 106 W/cm<sup>2</sup>) και στη συνέχεια ψύχεται στον αέρα (αυτοβαφή).



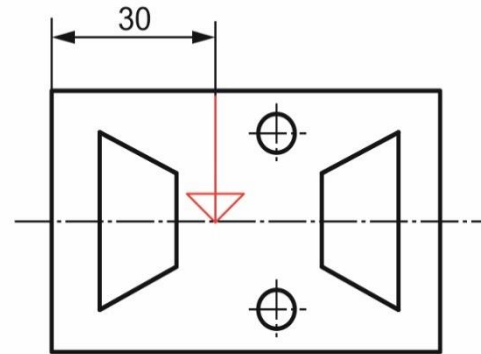
# Τοποθέτηση τιμής σκληρότητας επιφάνειας

Που πρέπει να γίνει η μετρηση

Για ολο το αντικείμενο

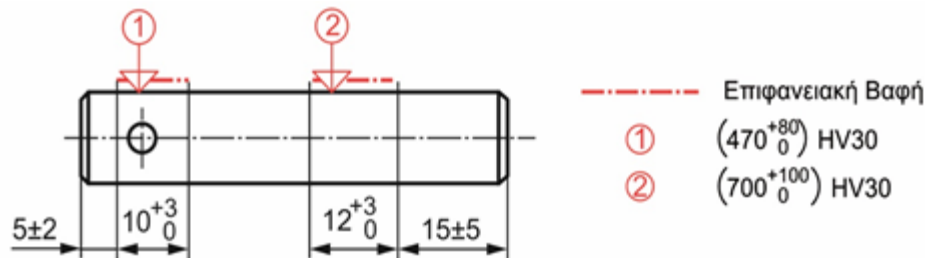


Επιφανειακή βαφή  
( $52^{+6}_0$ ) HRC



Επιφανειακή βαφή  
( $60^{+6}_0$ ) HRC

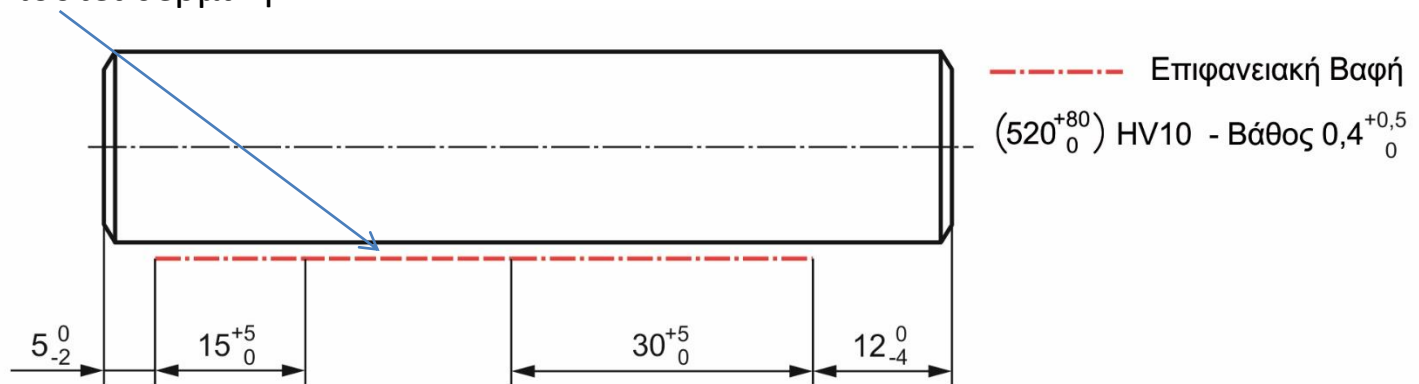
Η σκληρότητα επιφάνειας τοποθετείται στα μηχανολογικά σχέδια ως σκληρότητα **Vickers** σύμφωνα με τον κανονισμό ISO 6507-1 ή ως σκληρότητα **Brinell** σύμφωνα με τον κανονισμό ISO 6506-1 ή ως σκληρότητα **Rockwell** σύμφωνα με τον κανονισμό ISO 6508-1. Η τιμή της σκληρότητας που απαιτείται κάθε φορά, τοποθετείται μαζί με την θερμική κατεργασία κάτω από την όψη και αναφέρεται σε όλο το αντικείμενο.



Επιπρόσθετες τιμές για τη σκληρότητα μπορούν να δίνονται όταν αντικείμενα που υφίστανται θερμική κατεργασία πρέπει να έχουν επιφάνειες με διαφορετική σκληρότητα

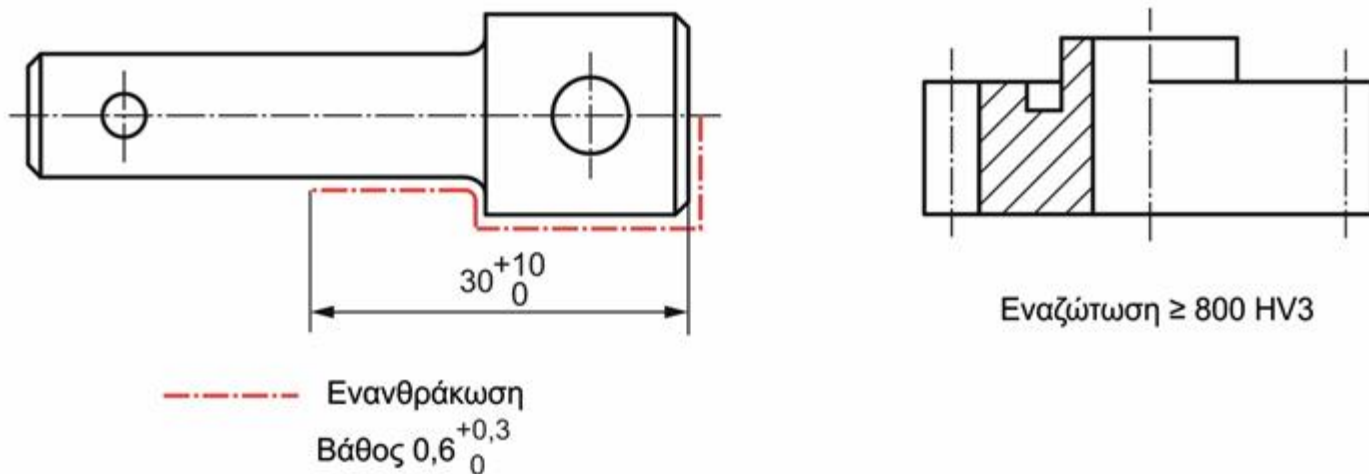
# Τοποθέτηση συμβόλων θερμικών κατεργασιών

Παχια διακεκομμενη: περιοχή που  
αναγκαστικά θα υποστεί θερμική  
επεξεργασία





# Παραδείγματα συμβολισμών επιφανειακών κατεργασιών



Δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα από εξαρτήματα που υπέστησαν επιφανειακή κατεργασία. Στο αριστερό εξάρτημα η περιοχή που έχει υποστεί ενανθράκωση χαρακτηρίζεται με παχιά αξονική γραμμή ενώ αντίστοιχα ο οδοντωτός τροχός στο δεξιό μέρος του σχήματος έχει υποστεί εναζώτωση.