

Τεχνικό Σχέδιο (1^ο εξάμηνο)

Διδακτική Ενότητα 10^η: Ποιότητα επιφάνειας



Δομή Μαθήματος

- Γενικά στοιχεία για τις κατεργασίες μορφοποίησης
- Ποιότητα επιφάνειας
 - Χαρακτηριστικά
- Τραχύτητα
- Χαρακτηριστικά μεγέθη τραχύτητας
- Καταχώρηση ποιότητας επιφάνειας στο Μηχανολογικό Σχέδιο
 - DIN 140/1931
 - DIN 3141/1960
 - ISO 1302/1980
- Συμβολισμός κατεύθυνσης και ιχνών κατεργασιών

Στόχοι Μαθήματος

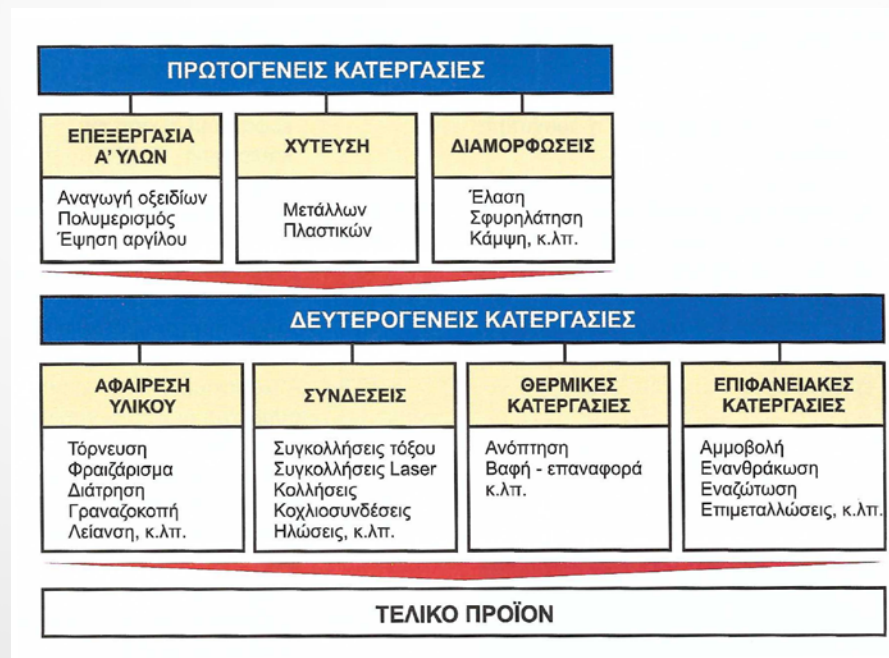
- Κατανόηση κατεργασιών μορφοποίησης
- Κατανόηση ποιότητα επιφάνειας & τραχύτητας
- Χρήση συμβολισμών καταχώρησης ποιότητας επιφάνειας

Κατεργασίες (1/2)

Κάθε εξάρτημα παίρνει την τελική του μορφή με κάποια ή κάποιο συνδυασμό κατεργασιών

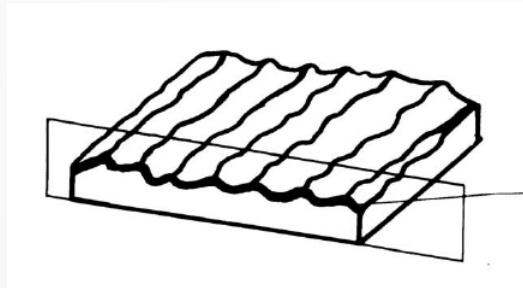
- Βασικές κατεργασίες μορφοποίησης
- Αρχέγονη μορφοποίηση
 - Χύτευση
 - Κονιομεταλλουργία
- Μορφοποίηση με αφαίρεση υλικού
 - Τόρνευση
 - Φραιζάρισμα
 - Λείανση κ.ά.
- Μορφοποίηση με παραμόρφωση
 - Απότμηση
 - Εξέλαση
- Μορφοποίηση με προσθήκη
 - Συγκόλληση
 - Επικάλυψη κ.ά.

Κατεργασίες (2/2)



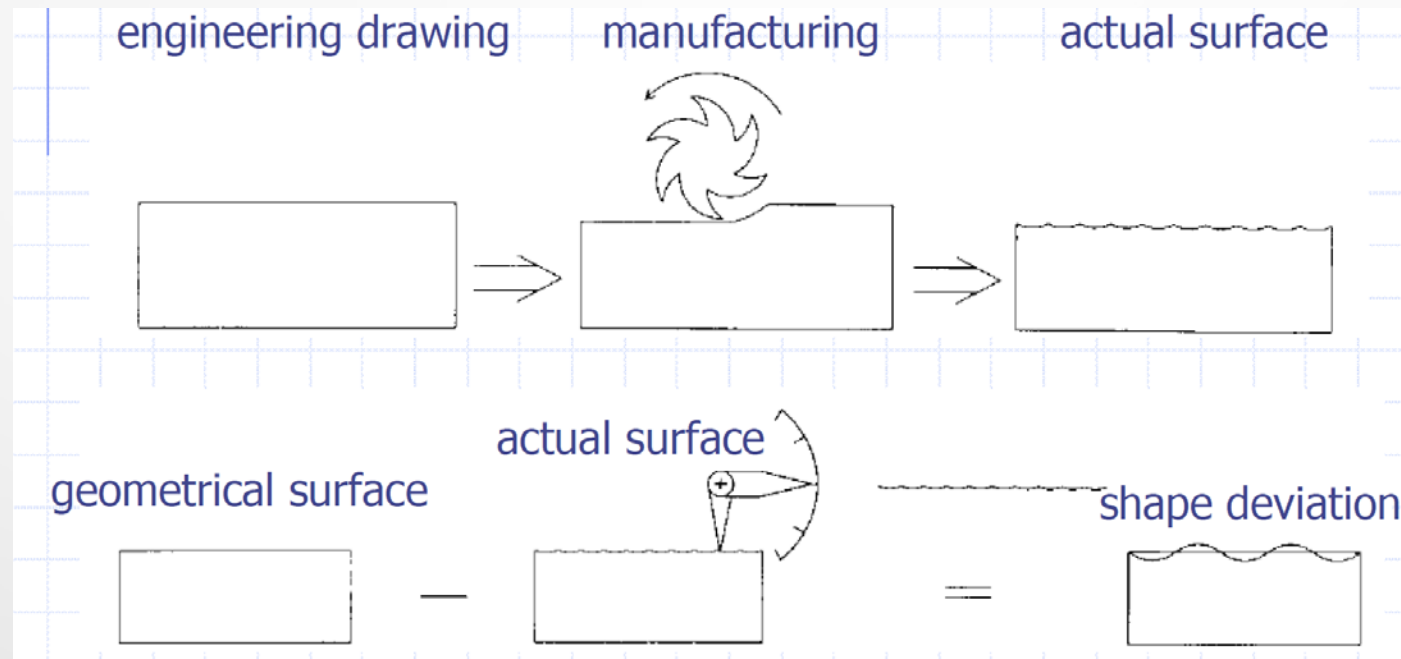
Βασικές έννοιες

- Προφίλ επιφάνειας: Η μορφή που παρουσιάζει μια κάθετη τομή σε μια επιφάνεια.







- Ιδανικό γεωμετρικό ή ονομαστικό προφίλ: Καθορίζεται από τη γραμμή του σχεδίου (μαθηματική έννοια)
- Τεχνικό ή πραγματικό προφίλ: προκύπτει κατά την παραγωγή (αποτέλεσμα κατεργασίας) και γίνεται αντιληπτό με όργανα μέτρησης τραχύτητας

Ποιότητα επιφάνειας (1/2)



Ποιότητα επιφάνειας (2/2)






- Η ποιότητα μιας επιφάνειας χαρακτηρίζεται από
 - Ομοιομορφία
 - Λειότητα

Επιφάνεια	Ομοιομορφία	Λειότητα
	Κακή	Κακή
	Καλή	Κακή
	Κακή	Καλή
	Καλή	Καλή

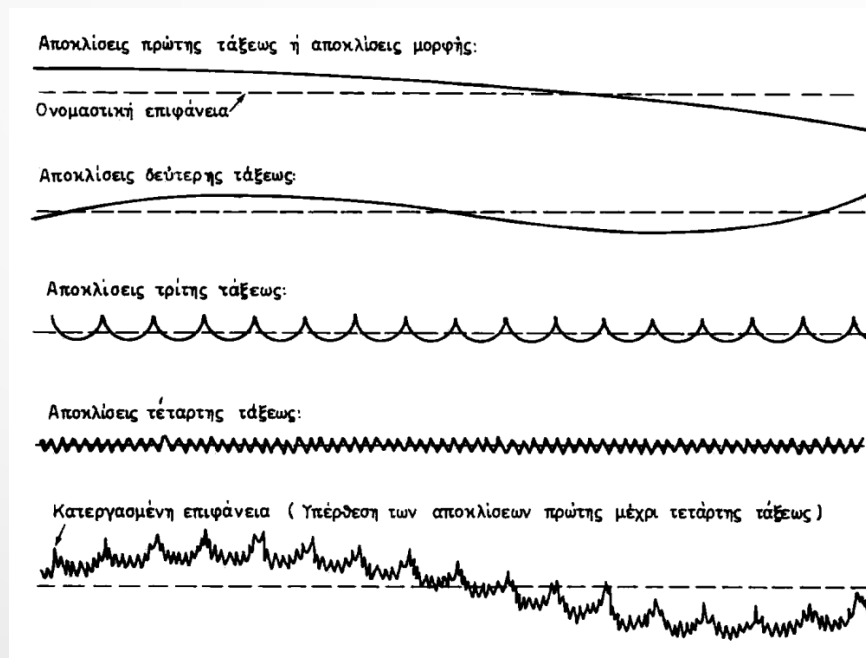
Αποκλίσεις επιφάνειας (1/2)

Πραγματικές επιφάνειες -> αποκλίσεις τεσσάρων τάξεων

- 3ης & 4ης τάξης: Τραχύτητα
- 5ης τάξης: Αποκλίσεις μικρογεωμετρικής μορφής λόγω χημικών επιδράσεων
- 6ης τάξης: Αποκλίσεις λόγω τοπικών μεταβολών κρυσταλλικής δομής

Παράδειγματα αποκλίσεων επιφάνειας	
Αποκλίσεις μορφής σε κλίμακα από μεγέθυνση	Χαρακτηρισμός και αιτίες
<p>1ης Τάξης Έλλειψη ομοιογένειας ή κλιμακωμότητας</p> 	Μακρογεωμετρικές αποκλίσεις, φθορές και παραμορφώσεις στις επιφάνειες της Εργαλειομηχανής, κακή στήριξη αντικειμένου ή Εργ/λής από συνδεδεμένες κοπές, μεταβολές σκληρότητας υλικού τεμαχίου.
<p>2ης Τάξης Κυματώσεις με μεγάλη περίοδο</p> 	Εκκεντρική τοποθέτηση κοπτικού εργαλείου (κλιμακωρ, φρέζα), ταλαντώσεις μηχανής ή/και αντικειμένου, κακή στήριξη αντικειμένου.
<p>3ης Τάξης Αυλακώσεις</p> 	Ελαττωματική μορφή κοπτικού εργαλείου, ακατάλληλη κρέωση σε συνδυασμό με βλάβες κοπής.
<p>4ης Τάξης Επιφανείς χαραγές</p> 	Είναι σωματιδίες μικρογεωμετρικής. Κακή τοξείωση ή φθορά του κοπτικού εργαλείου, φθοροακμή, διακεκομμένο απόβλητο.
	Μορφή της πραγματικής επιφάνειας από τη συνδυασμένη και υπέρθεση των αποκλίσεων 1...4.

Αποκλίσεις επιφάνειας (2/2)



Τραχύτητα (1/2)

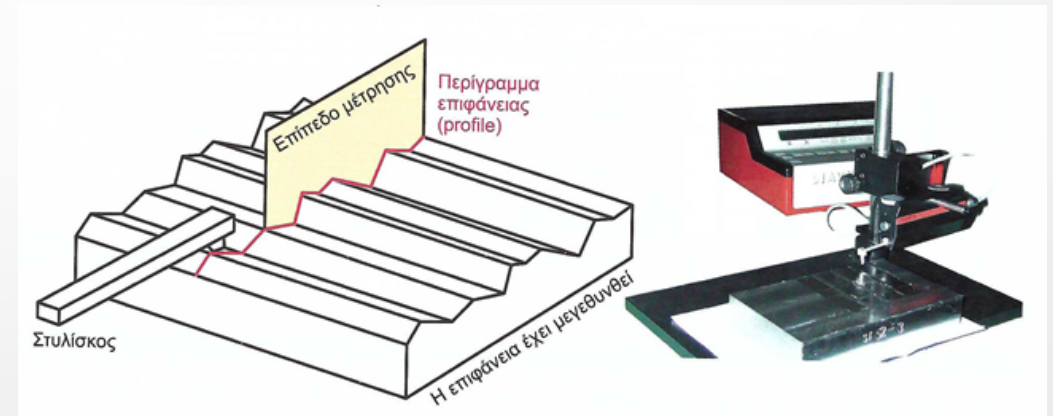
- Η λεπτή ανομοιομορφία (αποκλίσεις) που σχηματίζεται σε κάθε επιφάνεια αντικειμένου/εξαρτήματος, εκφράζεται σε μm και ποσοτικοποιεί την ποιότητα μιας επιφάνειας
- Η τραχύτητα των τεχνικών επιφανειών επιδρά σε:
 - συνθήκες επαφής ανάμεσα σε συναρμολογούμενες επιφάνειες (συντελεστής τριβής, χαρακτηριστικά λιπάνσεως, φθορά κλπ.).
 - αντοχή μετάλλων σε κόπωση
 - στεγανότητα (ροή ρευστών) κατά μήκος τοιχωμάτων.
 - συντελεστή μετάδοσης θερμότητας.
 - αντίσταση σε διάβρωση.
 - εμφάνιση κ.ά.

Τραχύτητα (2/2)

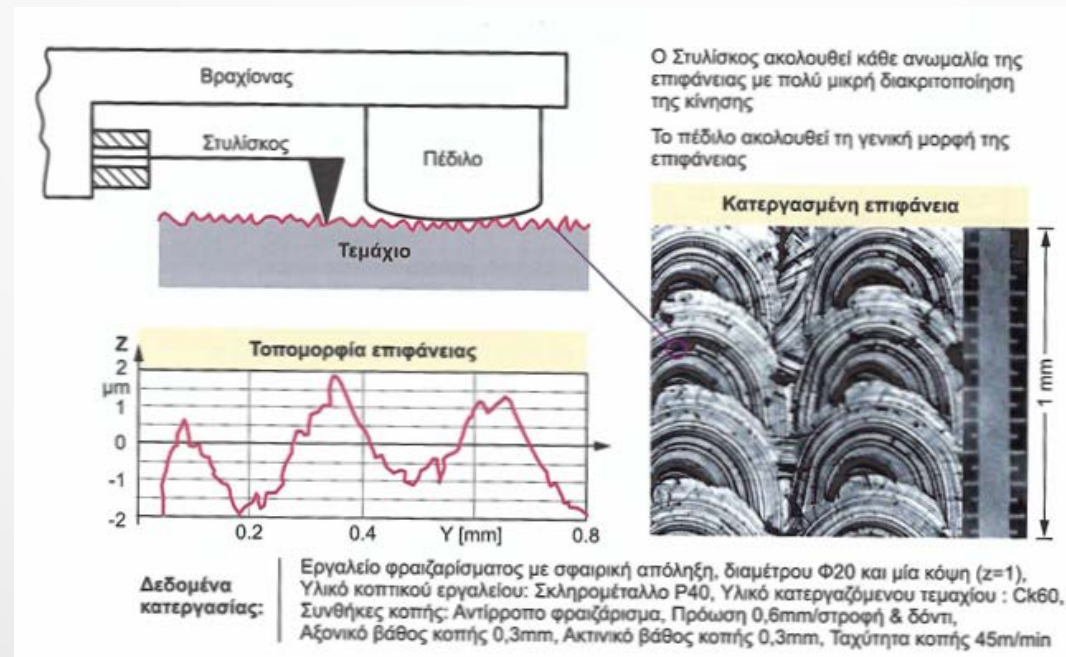
- Απαιτείται προτυποποίηση χαρακτηριστικών μεγεθών της τραχύτητας, όπως και μεθόδων και συναφών οργάνων για τη μέτρηση ή τον έλεγχο των μεγεθών αυτών.
- Κατά την σχεδίαση / κατασκευή ενός εξαρτήματος / συναρμολογήματος απαιτείται:
 - Προσδιορισμός του βαθμού τραχύτητας επιφάνειας, που απαιτείται για κάθε δοσμένη εφαρμογή.
 - Γνώση του βαθμού της τραχύτητας, τον οποίο μπορούν να αποδώσουν με συμφέρον κόστος, οι χρησιμοποιούμενες στην πράξη κατεργασίες κοπής (ή διαμόρφωσης).

Μέτρηση τραχύτητας

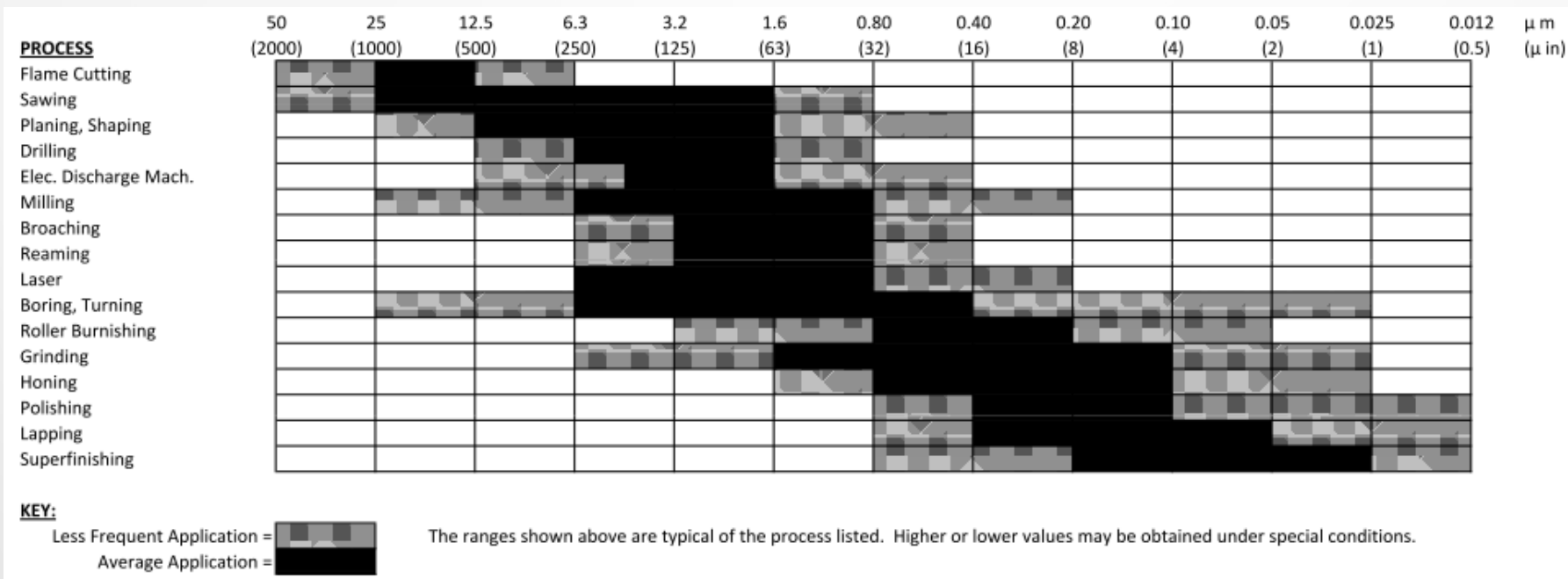
- Τραχύμετρο στυλίσκου
- Εντοπίζει και μετρά ανομορφίες (αποκλίσεις) της επιφάνειας με τη βοήθεια ακίδας.
- Αρχή λειτουργίας
 - Ο στυλίσκος έχει αδαμάντινη ακίδα πάνω στην επιφάνεια και ανάλογα με τις ανωμαλίες της επιφάνειας εμφανίζονται αλλαγές στην κίνηση της ακίδας.
 - Οι αλλαγές μετατρέπονται κατάλληλα σε αλλαγές τάσης ή έντασης, οι οποίες ηλεκτρονικά ενισχυμένες παρουσιάζονται ως οι αποκλίσεις του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας από την κεντρική γραμμή.



Αρχή λειτουργίας τραχυμέτρου



Βαθμός τραχύτητας ανά κατεργασία



Βασικές έννοιες

- Δειγματοληπτικό μήκος (l_m): Μήκος του προφίλ στο οποίο γίνονται μετρήσεις.
- Μέση γραμμή: Γραμμή που χωρίζει σε ίσα εμβαδά το πραγματικό προφίλ μέσα στο δειγματοληπτικό μήκος
- Προφίλ αναφοράς: Εφάπτεται στην υψηλότερη κορυφή και είναι παράλληλο στη μέση γραμμή
- Βασικό προφίλ: Εφάπτεται στο χαμηλότερο σημείο και είναι παράλληλο προς τη μέση γραμμή

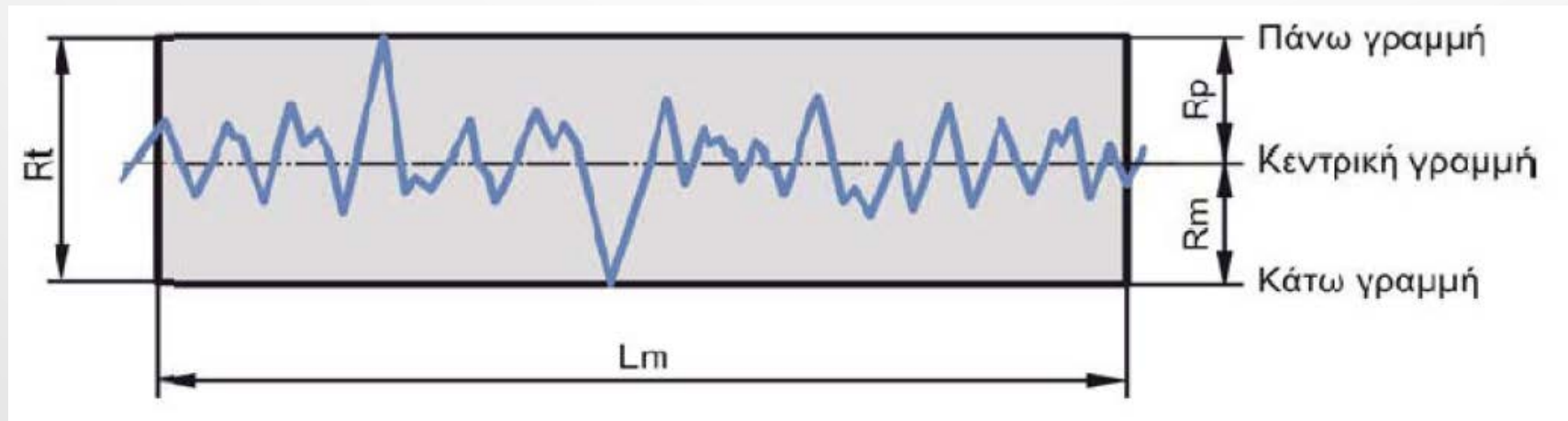


Χαρακτηριστικά μεγέθη τραχύτητας (1/4)

- Μέγιστο βάθος τραχύτητας R_t (DIN 3141/1960)
- Μέση τραχύτητα R_a (ISO 1302/1980)
- Τραχύτητα των 10 θέσεων R_z (ISO 1302/1980)
- R_a & R_z μέσες τιμές συνεπώς αντιπροσωπευτικότερες

Χαρακτηριστικά μεγέθη τραχύτητας (2/4)

- Μέγιστο βάθος τραχύτητας R_t
- Απόσταση μεταξύ βασικού προφίλ και προφίλ αναφοράς (Κατακόρυφη απόσταση υψηλότερης κορυφής από βαθύτερη κοιλότητα)

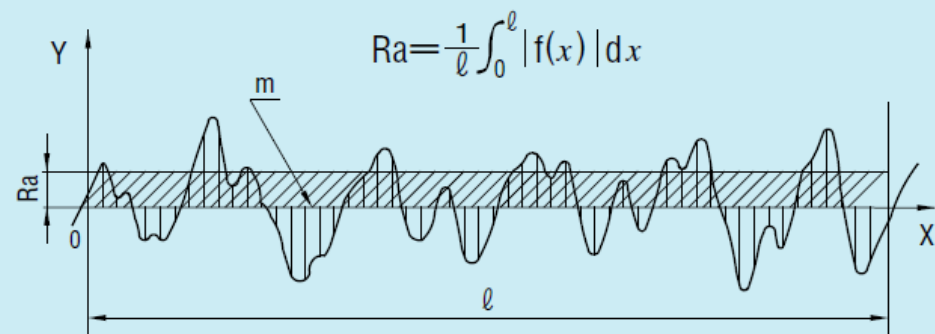


Χαρακτηριστικά μεγέθη τραχύτητας (3/4)

- Μέση τραχύτητα Ra
- Αριθμητική μέση τιμή των απόλυτων τιμών των αποστάσεων γι των σημείων του πραγματικού προφίλ από τη μέση γραμμή

Arithmetical mean roughness (Ra)

A section of standard length is sampled from the mean line on the roughness chart. The mean line is laid on a Cartesian coordinate system wherein the mean line runs in the direction of the x-axis and magnification is the y-axis. The value obtained with the formula on the right is expressed in micrometer (μm) when $y=f(x)$.



Χαρακτηριστικά μεγέθη τραχύτητας (4/4)

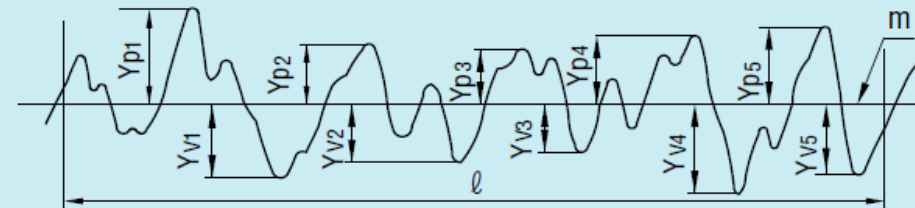
- Τραχύτητα 10 θέσεων R_z
- Αριθμητική μέση τιμή των αποστάσεων του υψηλότερου από το βαθύτερο σημείο σε κάθε ισοδιάστημα δειγματοληπτικού μήκους

Ten-point mean roughness (R_z)

A section of standard length is sampled from the mean line on the roughness chart. The distance between the peaks and valleys of the sampled line is measured in the y direction.

Then, the average peak is obtained among 5 tallest peaks (Y_p), as is the average valley between 5 lowest valleys (Y_v).

The sum of these two values is expressed in micrometer (μm).



$$R_z = \frac{|Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}| + |Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5}|}{5}$$






$Y_{p1}, Y_{p2}, Y_{p3}, Y_{p4}, Y_{p5}$: Tallest 5 peaks within sample

$Y_{v1}, Y_{v2}, Y_{v3}, Y_{v4}, Y_{v5}$: Lowest 5 peaks within sample

Συμβολισμός τραχύτητας DIN 140/1931

- Τρίγωνα (DIN 140/1931)
 - Ισόπλευρα
 - Λεπτή συνεχή γραμμή
 - Χαράσσονται στη γραμμή του σχεδίου που αντιστοιχεί στην επιφάνεια
- Εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε απλές κατασκευές

Συμβολισμός τραχύτητας DIN 140/1931

Συμβολισμός	Ποιότητα επιφάνειας
Κανένα σύμβολο 	Όπως βγαίνει από παραγωγή χωρίς διαμόρφωση με κοπή (π.χ. χύτευση, καμίνευση, διαμόρφωση σε κρέσσα, έλαση). Καμμιά ακαίτηση ποιότητας.
Σύμβολο "κερίσκου" 	Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση αλλά με περισσότερο προσεγμένη και εκμελημένη διαδικασία παραγωγής.
Ένα τρίγωνο 	Όπως προκύπτει από κατεργασία κοπής με ένα ή περισσότερα κόσσα ξεχονδρίσματος. Τα ύψη του κοπτικού εργαλείου είναι πολύ ορατά και αισθητά στην αφή από το χέρι.
Δύο τρίγωνα 	Κατεργασία με ένα ή περισσότερα κόσσα με μικρή πρόωση. Τα ύψη κοπής είναι ακόμη ορατά με γυμνό μάτι.
Τρία τρίγωνα 	Κατεργασία τελειώματος (φινιρίσμα) με κόσσα λεπτής πρόωσης. Τα ύψη του κοπτικού εργαλείου δεν είναι πλέον ορατά με γυμνό μάτι.

Συμβολισμός τραχύτητας DIN 3141/1960

- Τρίγωνα με άμεση αντιστοιχία του μέγιστου βάθους τραχύτητας R_t (DIN 3141/1960)
- 4 κλάσεις κατεργασίας προϊόντος
 - Πολύ χονδρική
 - Χονδρική
 - Μέση
 - Λεπτή

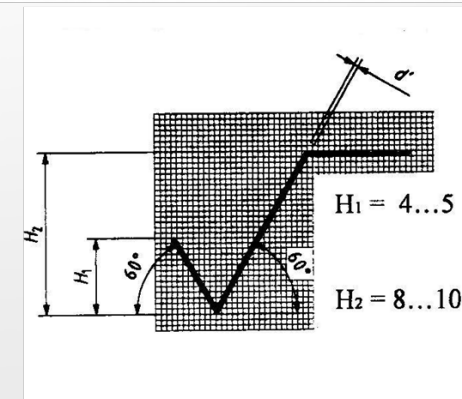
Συμβολισμός τραχύτητας DIN 3141/1960

Συμβολισμός	Μέγιστο επιτρεπόμενο βάθος τραχύτητας Rt ($1\mu\text{m}=0,001\text{mm}$)				Σημασία
	Σειρά 1	Σειρά 2	Σειρά 3	Σειρά 4	
	Οποιαδήποτε τραχύτητα				Για επιφάνειες χωρίς καμμία απαίτηση ποιότητας.
	Οποιαδήποτε τραχύτητα				Για επιφάνειες με απαιτήσεις μεγαλύτερης ομοιομορφίας με καλύτερη εμφάνιση
	160 ¹⁾	100	63	25	Επιφάνειες όπου η τραχύτητα δεν πρέπει να ξεπεράσει τη μέγιστη επιτρεπόμενη. Μπορεί να φθάσει τα 250 σε ορισμένες περιπτώσεις. *) Μπορεί να φθάσει τα 250 σε ορισμένες περιπτώσεις.
	40	25	16	10	
	16	6,3	4	3,5	
	—	1	1	0,4	

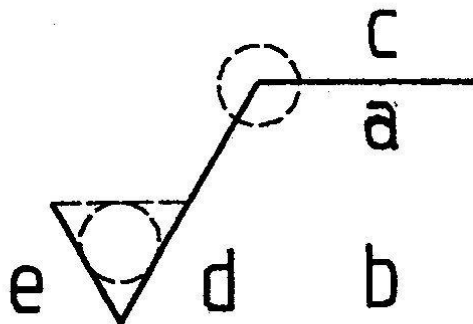
Συμβολισμός τραχύτητας ISO 1302/1980

- ISO 1302/1980
- Στοιχεία που μπορούν να ελεγχθούν και να μετρηθούν
 - Μέση τραχύτητα R_a
 - Τραχύτητα πέντε (δέκα) θέσεων R_z

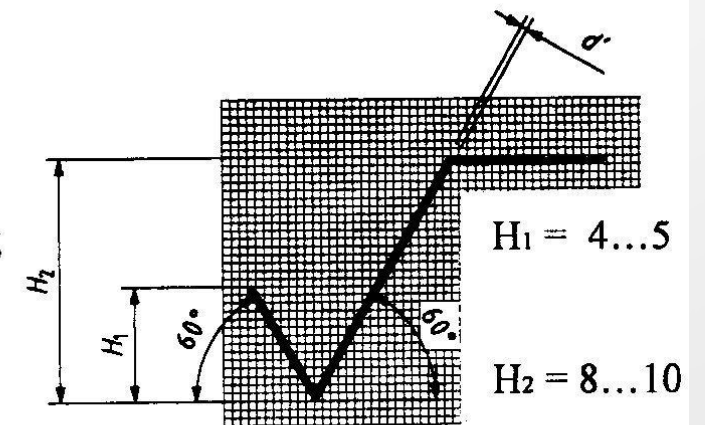
✓	Βασικό σύμβολο που υποδηλώνει ελεύθερη μέθοδο κατεργασίας (κοπή ή διαμόρφωση της επιφάνειας).
✓	Το σύμβολο αυτό προσδιορίζει ως μέθοδο κατεργασίας την κοπή
✓	Αποκλείεται η αφαίρεση υλικού. Η επιφάνεια παραμένει όπως είναι ή υποβάλλεται σε κατεργασία χωρίς αφαίρεση υλικού.



Συμβολισμός τραχύτητας ISO 1302/1980



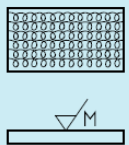

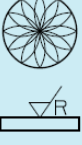
- a: τραχύτητα R_a
- b: δεύτερο όριο τραχύτητας
- c: μέθοδος κατεργασίας ή επικάλυψης ή επιφανειακής επεξεργασίας
- d: κατεύθυνση ιχνών κατεργασίας
- e: περιθώριο κατεργασίας



Σύμβολα για κατεύθυνση & ίχνη κατεργασιών

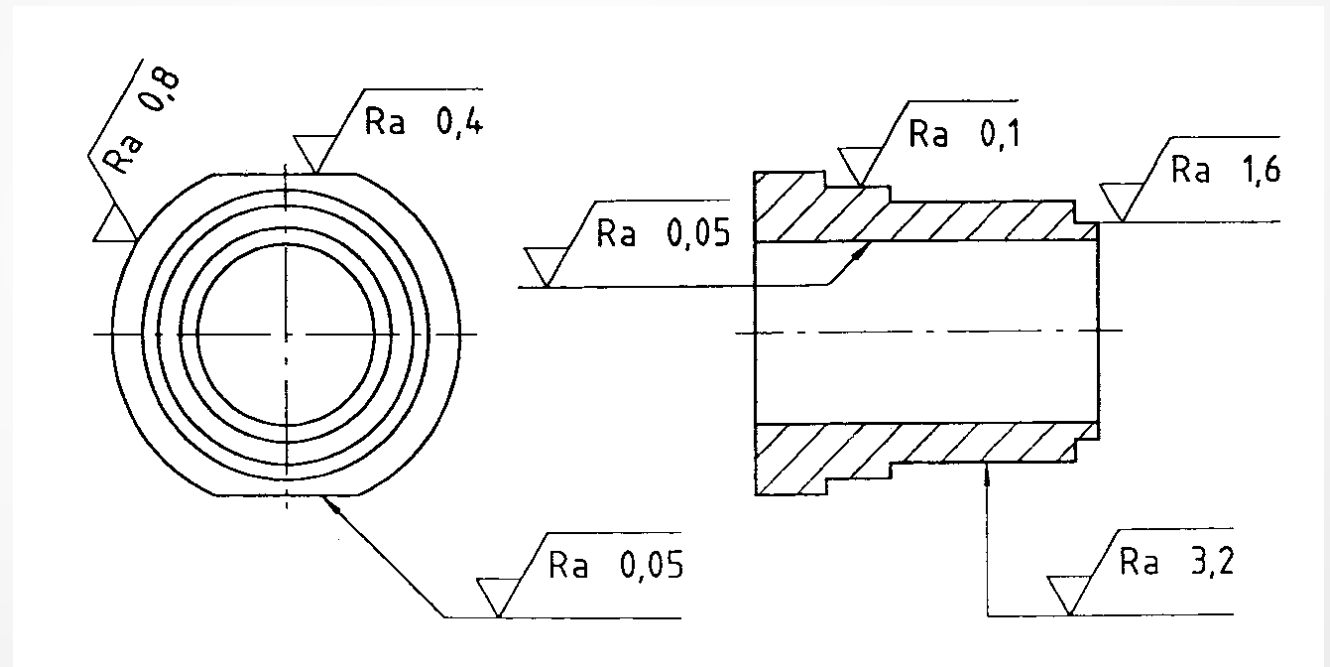
Symbol	Meaning	Figure
=	Parallel to the projected surface on which the direction of lay of the cutting blade is indicated. (ex) Shaped surface	
⊥	Perpendicular to the projected surface on which the direction of lay of the cutting blade is indicated. (ex) Shaped surface (when viewed from the side), machined or cylindrical ground surface.	
X	Intersection of two diagonal lines on the projected surface on which the direction of lay of the cutting blade is indicated. (ex) Honing finished surface	

Σύμβολα για κατεύθυνση & ίχνη κατεργασιών

M	Multidirectional intersection or non-directional point on the projected surface on which the direction of lay of the cutting blade is indicated. (ex) Rapping finished surface, super finished surface, face milled or end milled surface in surfacing feed direction	
C	Concentric circles roughly centered on the same on the surface on which the direction of lay of the cutting blade is indicated. (ex) Facing surface	
R	Radiating shape roughly centered on the same point on the surface on which the direction of lay of the cutting blade is indicated.	

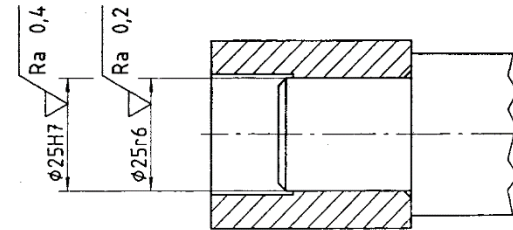
Σύμβολα τραχύτητας σε κυλίνδρους

Η τραχύτητα αναγράφεται σε μια από τις συμμετρικές γραμμές

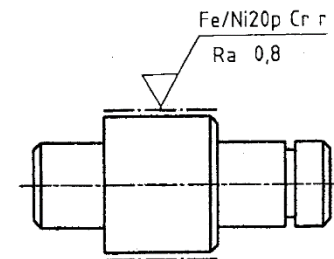


Τραχύτητα & διαστάσεις

Καθορισμός ποιότητας κατεργασίας επιφανειών σε συνδυασμό με τις διαστάσεις τους.

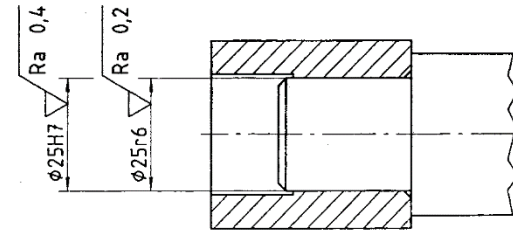


Καθορισμός ποιότητας κατεργασίας σε επιφάνεια με επίστρωση χρωμίου – νικελίου.

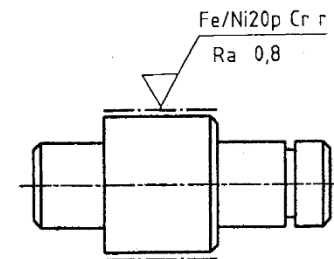


Τραχύτητα & επίστρωση

Καθορισμός ποιότητας κατεργασίας επιφανειών σε συνδυασμό με τις διαστάσεις τους.



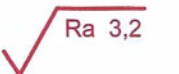


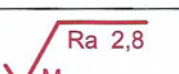

Καθορισμός ποιότητας κατεργασίας σε επιφάνεια με επίστρωση χρωμίου – νικελίου.



Τραχύτητα & Ανοχές

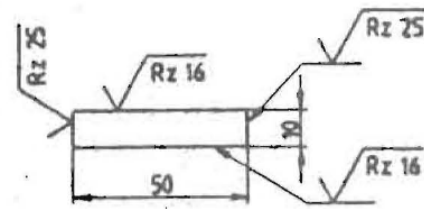
- Μικρές ανοχές IT5 ή IT6 απαιτούν καλή ποιότητα επιφανείας (μικρά Ra ή Rz)
- Το αντίθετο δεν ισχύει (π.χ. λαβή κλειδαριάς)

Παραδείγματα συμβολισμών

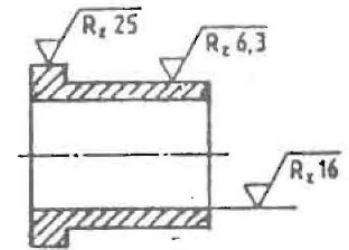
α		Επιφάνεια με μέγιστη τιμή μέσης τραχύτητας $Ra = 3,2\mu\text{m}$. Δεν καθορίζεται ο τρόπος κατεργασίας.
β		Επιφάνεια με ελάχιστη τιμή μέσης τραχύτητας $Ra = 2,0\mu\text{m}$ και μέγιστη επιτρεπόμενη $Ra = 3,2\mu\text{m}$. Δεν καθορίζεται ο τρόπος κατεργασίας.
γ		Επιφάνεια που θα επεξεργαστεί σε εργαλειομηχανές 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 τόρνευση. Μετά το πέρας της κατεργασίας θα παραμείνει υλικό 1mm

Παράδειγμα 1

Καθορίζεται χωριστά σε κάθε επιφάνεια η τραχύτητα Rz



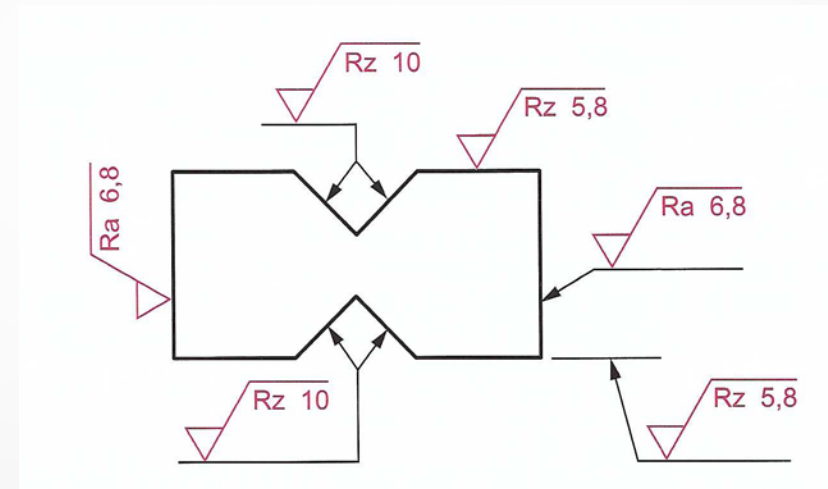
Καθορίζεται τραχύτητα Rz χωριστά χωριστά για κάθε μία από τις 4 επιφάνειες.



Σε κυλινδρικά κομμάτια το σύμβολο γράφεται μόνο σε μία από τις δύο συμμετρικές γραμμές του σχεδίου.

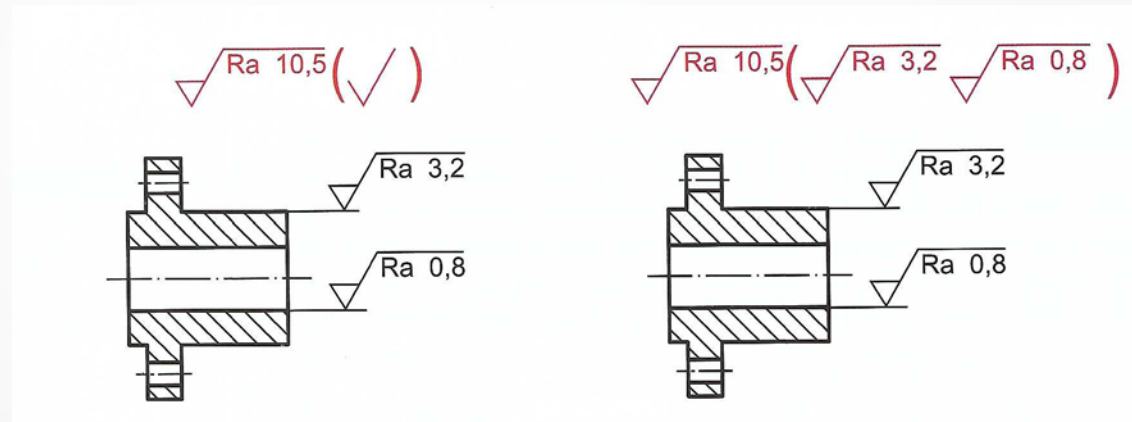
Παράδειγμα 2

Καθορίζεται χωριστά σε κάθε επιφάνεια
η τραχύτητα Rz ή Ra



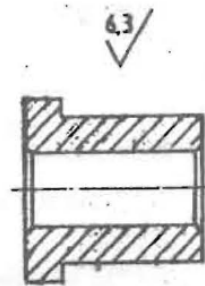
Παράδειγμα 3

Καταχώρηση γενικών συμβόλων
τραχύτητας

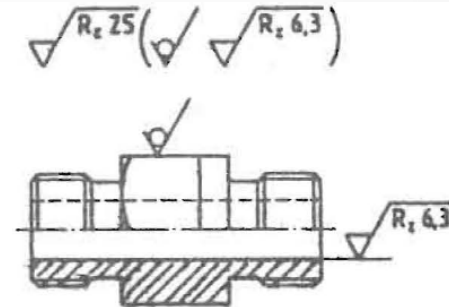


Παράδειγμα 4

Σε όλες τις επιφάνειες η τραχύτητα είναι $R_z=25 \mu\text{m}$ με εξαίρεση την οπή και για την εξωτερική επιφάνεια στη μέση όπου δε γίνεται κατεργασία



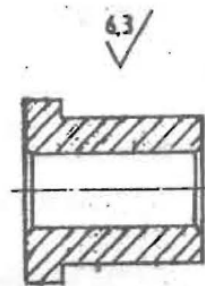
Η τραχύτητα είναι η ίδια ($R_a=6,3$) σε όλες τις επιφάνειες του κομματιού. Το σύμβολο γράφεται κοντά στο κομμάτι.



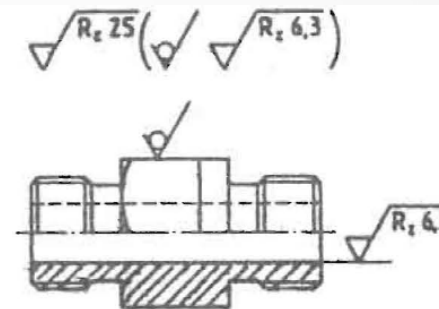
Η τραχύτητα σ' όλες τις επιφάνειες είναι $R_z=25$ με εξαίρεση την οπή ($R_z=6,3$) και την εξωτερική επιφάνεια στη μέση όπου δε γίνεται κατεργασία.

Παράδειγμα 5

Η τραχύτητα είναι ίδια ($R_a=6.3 \mu\text{m}$) σε όλες τις επιφάνειες του κομματιού.



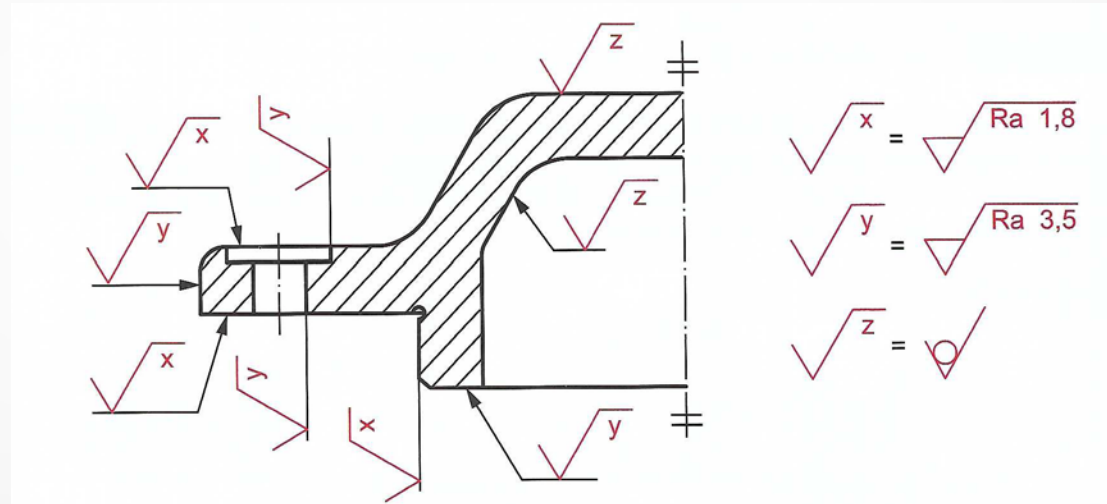
Η τραχύτητα είναι η ίδια ($R_a=6,3$) σε όλες τις επιφάνειες του κομματιού. Το σύμβολο γράφεται κοντά στο κομμάτι.



Η τραχύτητα σε όλες τις επιφάνειες είναι $R_z=25$ με εξαίρεση την οπή ($R_z=6,3$) και την εξωτερική επιφάνεια στη μέση όπου δεν γίνεται κατεργασία.

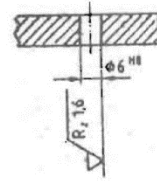
Παράδειγμα 6

Οι τραχύτητες έχουν καταχωρηθεί με γράμματα και ισοδυναμούν στις αριθμητικές τιμές και στα σύμβολα που φαίνονται δεξιά

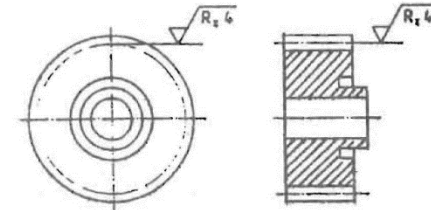


Παράδειγμα 7

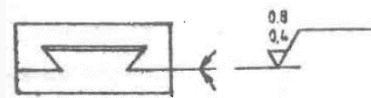
Η επιφάνεια με τραχύτητα $R_z = 1.6 \mu\text{m}$ είναι η επιφάνεια κυλινδρικής οπής διάστασης $\Phi 6$ με ανοχή H8.



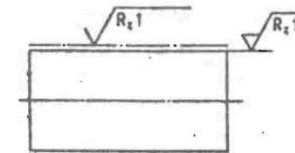
Η ανοχή H8 δεν καθορίζει και ορισμένη τραχύτητα. Όταν χρειάζεται πρέπει ειδικά να αναγράφεται ($R_z=1,6$)



Σε γρανάζια όπου συνήθως δεν παρουσιάζεται το προφίλ του δοντιού, η ένδειξη της τραχύτητας σημειώνεται όπως στο σχήμα.



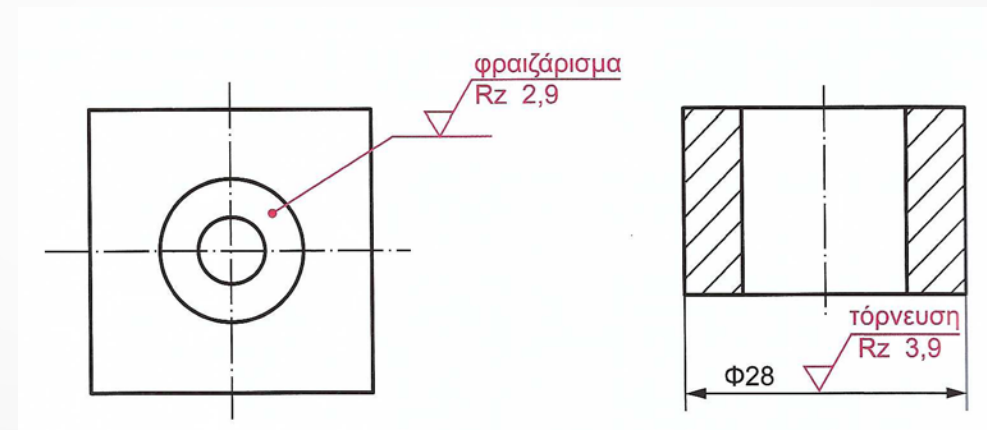
Και οι δύο επαφτόμενες επιφάνειες θα έχουν R_a μέγιστο 0,8 και R_a ελάχιστο 0,4.



Η παραπάνω επιφάνεια θα είναι και κατεργασμένη (με $R_z=1$) και επικρωμωμένη.

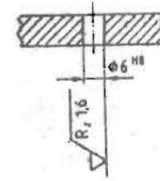
Παράδειγμα 8

Τοποθέτηση συμβόλου ποιότητας
επιφάνειας στη γραμμή διάστασης ή σε
επιπλέον γραμμή

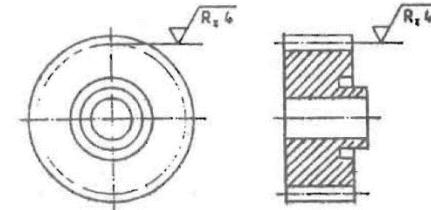


Παράδειγμα 9

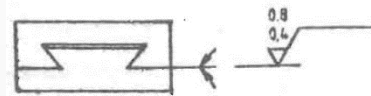
Τρόπος κατάδειξης ποιότητας επιφάνειας σε οδοντωτούς τροχούς, όπου συνήθως δεν παρουσιάζεται το προφίλ του δοντιού



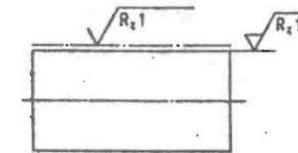
Η ανοχή H8 δεν καθορίζει και ορισμένη τραχύτητα. Όταν χρειάζεται πρέπει ειδικά να αναγράφεται ($Rz=1,6$)



Σε γρανάζια όπου συνήθως δεν παρουσιάζεται το προφίλ του δοντιού, η ένδειξη της τραχύτητας σημειώνεται όπως στο σχήμα.



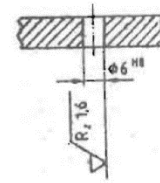
Και οι δύο επαφτόμενες επιφάνειες θα έχουν Ra μέγιστο 0,8 και Ra ελάχιστο 0,4.



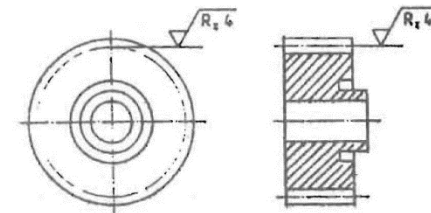
Η παραπάνω επιφάνεια θα είναι και κατεργασμένη (με $Rz=1$) και εκχρωμιωμένη.

Παράδειγμα 10

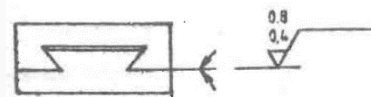
Οι δύο επαπτόμενες επιφάνειες θα έχουν μέγιστο R_a 0.8 μm και ελάχιστο 0.4 μm



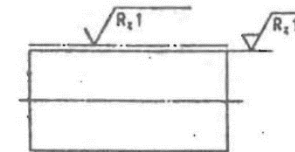
Η ανοχή H8 δεν καθορίζει και ορισμένη τραχύτητα. Όταν χρειάζεται πρέπει ειδικά να αναγράφεται ($R_z=1,6$)



Σε γρανάζια όπου συνήθως δεν παρουσιάζεται το προφίλ του δοντιού, η ένδειξη της τραχύτητας σημειώνεται όπως στο σχήμα.



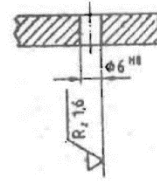
Και οι δύο επαπτόμενες επιφάνειες θα έχουν R_a μέγιστο 0,8 και R_a ελάχιστο 0,4.



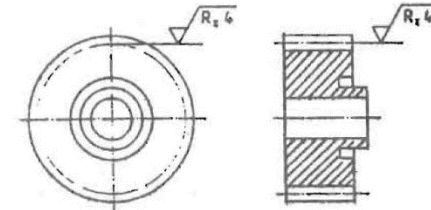
Η παραπάνω επιφάνεια θα είναι και κατεργασμένη (με $R_z=1$) και επικρωμωμένη.

Παράδειγμα 11

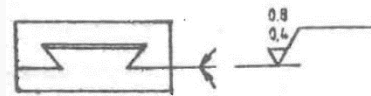
Η επιφάνεια είναι κατεργασμένη με $R_z=1\mu\text{m}$ και είναι επιχρωμιωμένη



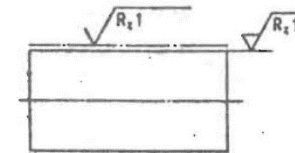
Η ανοχή H8 δεν καθορίζει και ορισμένη τραχύτητα. Όταν χρειάζεται πρέπει ειδικά να αναγράφεται ($R_z=1,6$)



Σε γρανάζια όπου συνήθως δεν παρουσιάζεται το προφίλ του δοντιού, η ένδειξη της τραχύτητας σημειώνεται όπως στο σχήμα.



Και οι δύο επαφτόμενες επιφάνειες θα έχουν R_a μέγιστο $0,8$ και R_a ελάχιστο $0,4$.



Η παραπάνω επιφάνεια θα είναι και κατεργασμένη (με $R_z=1$) και επιχρωμιωμένη.