

ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

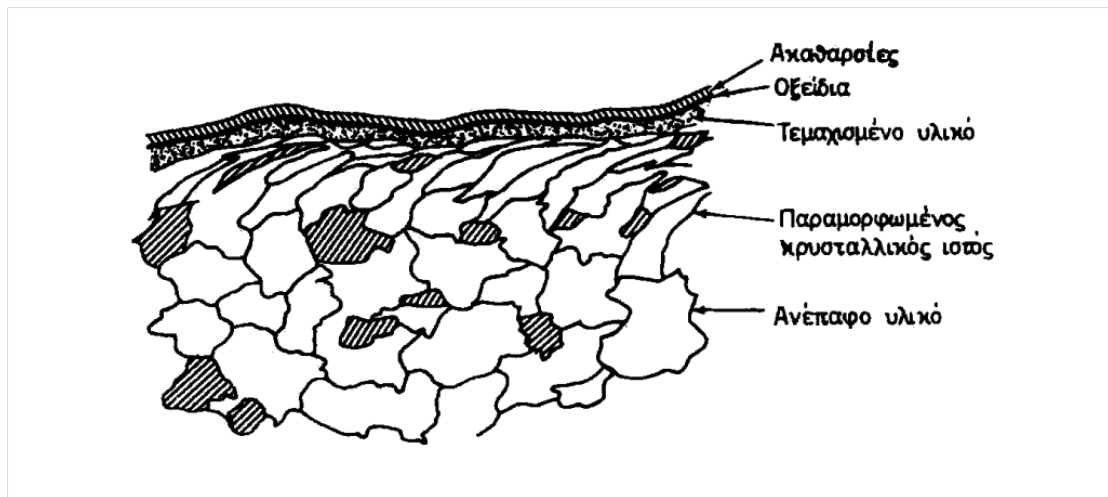
1. Έλεγχος και μέτρηση της τραχύτητας επιφάνειας.

1.1 Γενικά.

Στις ποικίλες μηχανουργικές κατασκευές συναντάμε συχνά μεταλλικές επιφάνειες (τις ονομάζουμε **τεχνικές επιφάνειες**) που συνεργάζονται, όπως π.χ. σε μία άτρακτο με τα έδρανά της, στο εργαλειοφορείο με τους ολισθητήρες μιας εργαλειομηχανής, στα ελατήρια του εμβόλου με τον κύλινδρο σε μία μηχανή εσωτερικής καύσης κ.ά. Η **ποιότητα** των επιφανειών αυτών συντείνει αποφασιστικά στην αποδοτική λειτουργία και στην ασφάλεια εργασίας των συναφών κομματιών.

Λέγοντας ποιότητα επιφάνειας εννοούμε στο σύνολό τους, τόσο τα γεωμετρικά όσο και τα φυσικά, χημικά και κρυσταλλογραφικά χαρακτηριστικά μιας οποιασδήποτε **κατεργασμένης επιφάνειας**. Κατεργασμένη επιφάνεια είναι εκείνη, που σχηματίζεται από το κοπτικό εργαλείο με κάποια από τις γνωστές μας κατεργασίες κοπής ή κατεργασίες διαμόρφωσης .

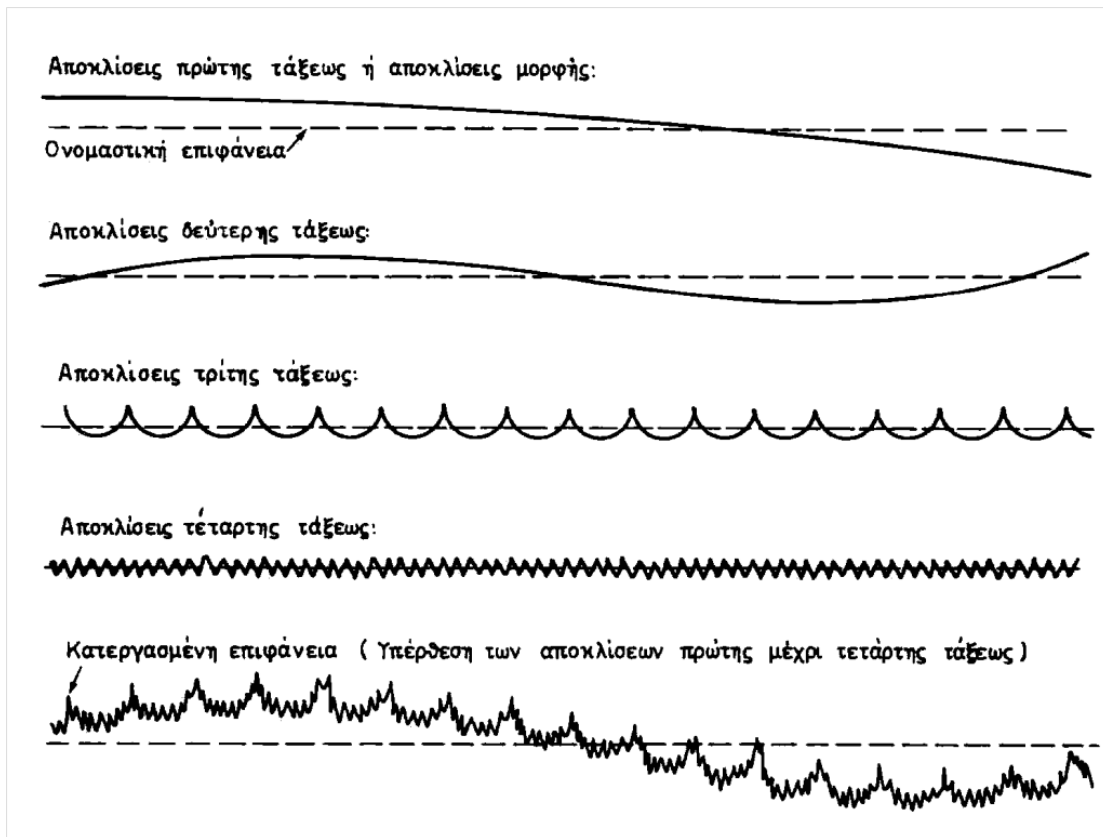
Η ποιότητα μιας κατεργασμένης επιφάνειας εξαρτάται από την κατεργασία, από την οποία προέρχεται. Η κατεργασία δεν προσδίδει μόνο τη χαρακτηριστική γεωμετρική μορφή στην επιφάνεια, αλλά επιδρά και στην επιφανειακή στοιβάδα προξενώντας διάφορες αλλαγές στο υλικό, τις οποίες μπορούμε να αποδώσουμε σε μηχανικές επιδράσεις, σε χημικές αντιδράσεις ή σε κρυσταλλογραφικούς μετασχηματισμούς. Στο σχήμα **1.1.α** εικονίζεται κάθετη τομή μιας κατεργασμένης με κοπή επιφάνειας, όπου η επιρροή της κατεργασίας, πέρα από τη γεωμετρική μορφή της επιφάνειας, παρουσιάζεται εμφανής στο υλικό με τη δημιουργία επαλλήλων κατά βάθος διαφορετικής φύσης στρωμάτων.



Σχ. 1.1.α

Κάθετη τομή μιας κατεργασμένης με κοπή επιφάνειας.

Η **τραχύτητα επιφάνειας**, με την οποία θα ασχοληθούμε εδώ, αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της τεχνικής επιφάνειας. Μια κατεργασμένη επιφάνεια παρουσιάζει γενικά αποκλίσεις από τη θεωρητική μορφή της (ή από τη λεγόμενη **ονομαστική επιφάνεια**, της οποίας η μορφή και οι διαστάσεις δίνονται στο κατασκευαστικό σχέδιο του κομματιού), οι οποίες μπορούν να καταταγούν στις κατηγορίες, που φαίνονται στο σχήμα **1.1.β**.



Σχ. 1.1.β

Κατηγορίες αποκλίσεων μιας κατεργασμένης επιφάνειας από την ονομαστική επιφάνεια.

Εδώ ως ονομαστική επιφάνεια θεωρείται η επίπεδη επιφάνεια, τα ίδια όμως ισχύουν και για άλλες μορφές επιφάνειας από αυτές που απαντούμε στις μηχανουργικές κατασκευές.

Θα έχουμε έτσι:

- **Αποκλίσεις πρώτης τάξης.** Είναι μακρογεωμετρικές αποκλίσεις από την ονομαστική επιφάνεια (πχ. αποκλίσεις από επιπεδότητα, παραλληλότητα, καθετότητα, κυλινδρικότητα κλπ). Τις ονομάζουμε και **αποκλίσεις μορφής**. Οφείλονται σε σφάλματα στους ολισθητήρες της εργαλειομηχανής, σε σοβαρές παραμορφώσεις της εργαλειομηχανής, του εργαλείου ή του κομματιού, σε κακή στήριξη του κομματιού ή του εργαλείου κλπ.
- **Αποκλίσεις δεύτερης τάξης.** Αναφέρονται στις κυματώσεις της επιφάνειας με μεγάλη σχετικά περίοδο, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε εκκεντρότητα του κομματιού ή του εργαλείου, σε ταλαντώσεις κλπ.
- **Αποκλίσεις τρίτης τάξης.** Είναι ανωμαλίες της επιφάνειας συνήθως υπό μορφή αυλακώσεων, που οφείλονται στη μορφή των εργαλείων και στην κινηματική των κατεργασιών.
- **Αποκλίσεις τέταρτης τάξης.** Είναι μικρογεωμετρικές ανωμαλίες της επιφάνειας, οι οποίες

οφείλονται σε ατέλειες στο τρόχισμα του εργαλείου, στη φθορά του εργαλείου, στην ψευδόκοψη κ.ά.

– **Αποκλίσεις πέμπτης και ανώτερης τάξης.** Είναι ανωμαλίες της επιφάνειας, μικρογεωμετρικής βέβαια μορφής, τις οποίες μπορούμε να αποδώσουμε σε χημικές επιδράσεις, σε μεταβολές στον κρυσταλλικό ιστό του μετάλλου και σε άλλες αιτίες.

Οι αποκλίσεις τρίτης και ανώτερης τάξεως, αναφερόμενες στη μικρομορφή της επιφάνειας, συνιστούν ότι ονομάζουμε «τραχύτητα επιφάνειας».

Τις απαιτήσεις των συγχρόνων μηχανουργικών κατασκευών σε ότι αφορά την τραχύτητα συναρμοζόμενων επιφανειών είναι δυνατό να τις συνοψίσουμε στα παρακάτω τρία σημεία:

α) Στον προσδιορισμό του βαθμού της τραχύτητας επιφάνειας, που απαιτείται για κάθε δοσμένη εφαρμογή.

β) Στη γνώση του βαθμού της τραχύτητας, τον οποίο μπορούν να αποδώσουν, με συμφέρον κόστος, οι χρησιμοποιούμενες στην πράξη κατεργασίες κοπής (ή διαμόρφωσης).

γ) Στην προτυποποίηση χαρακτηριστικών μεγεθών της τραχύτητας, όπως και μεθόδων και συναφών οργάνων για τη μέτρηση ή τον έλεγχο των μεγεθών αυτών. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι η μηχανουργική παραγωγή έχει ανάγκη απλών και φθηνών οργάνων μετρήσεως. Αυτό όμως δυστυχώς δεν έχει μέχρι τώρα επιτευχθεί .

Η τραχύτητα των τεχνικών επιφανειών ασκεί επίδραση:

- Στις συνθήκες επαφής ανάμεσα σε συναρμοζόμενες επιφάνειες (συντελεστής τριβής, χαρακτηριστικά λιπάνσεως, φθορά κλπ.).
- Στην αντοχή σε κόπωση των μετάλλων.
- Στην στεγανότητα (ροή ρευστών) κατά μήκος τοιχωμάτων.
- Στους συντελεστές μετάδοσης θερμότητας.
- Στην αντίσταση σε διάβρωση.
- Στην εμφάνιση κλπ.

1.2 Προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας.

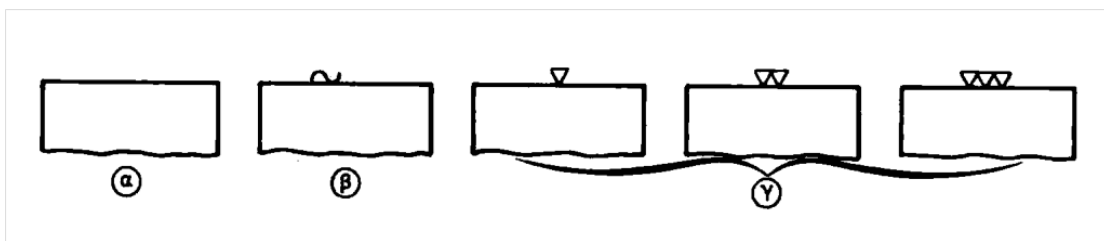
A. Τα συστήματα προτυποποίησης.

1. Το απλό σύστημα με ανεστραμμένα τρίγωνα (V).

Είναι το πρώτο σύστημα προτυποποίησης της τραχύτητας επιφάνειας, που αναπτύχθηκε στην

Ευρώπη. Σήμερα χρησιμοποιείται ακόμα σε μερικές χώρες ανάμεσα στις οποίες συγκαταλέγεται και η Ελλάδα.

Κατά το σύστημα αυτό (DIN 140) στο κατασκευαστικό σχέδιο, και συγκεκριμένα στις επιφάνειες, για τις οποίες επιθυμούμε χαρακτηρισμό του βαθμού της τραχύτητάς τους, αναγράφουμε μόνο το γνωστό μας συμβολισμό με τα αναστραμμένα τρίγωνα (∇ , $\nabla\nabla$, $\nabla\nabla\nabla$, **σχ.1.2.α**), χωρίς να προβλέπεται οποιοσδήποτε τρόπος μέτρησης της τραχύτητας.



Σχ.1.2.α

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας με τα αναστραμμένα τρίγωνα: (α) Επιφάνεια που δεν έχει υποστεί κατεργασία κοπής. Παραμένει χωρίς σύμβολο τραχύτητας, (β) Επιφάνεια, όπως η προηγούμενη, αλλά κατεργασμένη πιο επιμελημένα, (γ) Επιφάνειες κατεργασμένες με κοπή και με τραχύτητα επιφάνειας, που καλυτερεύει καθώς πηγαίνουμε από το σύμβολο ∇ στο $\nabla\nabla\nabla$.

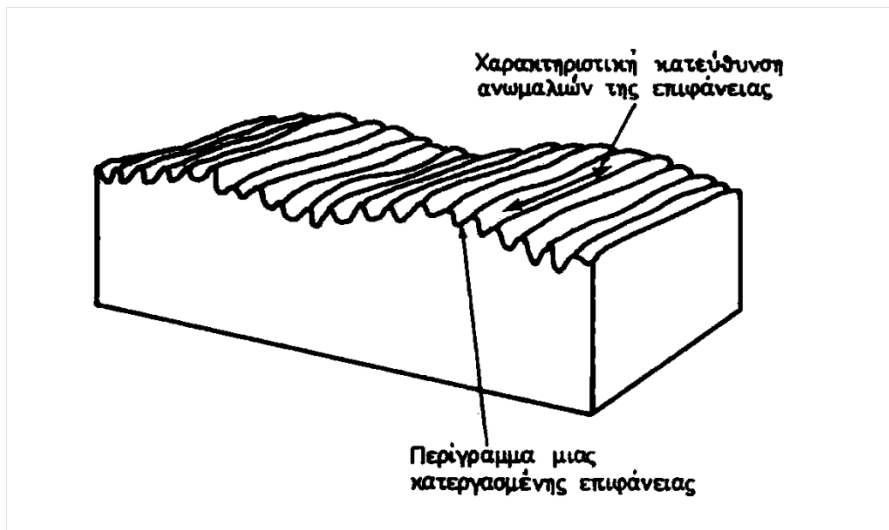
2.Το σύστημα Κεντρικής Γραμμής ή σύστημα «M».

Πριν να μιλήσουμε για το σύστημα αυτό, όπως και για το επόμενο, θεωρούμε σκόπιμο να δώσουμε τους εξής τρεις ορισμούς:

- **Περιγράμμα επιφάνειας.** Είναι η μορφή, την οποία μας παρουσιάζει μια καθορισμένη τομή της θεωρούμενης επιφάνειας με ένα κάθετο προς αυτήν επίπεδο.
- **Ονομαστικό περίγραμμα επιφάνειας.** Είναι το θεωρητικό περίγραμμα της επιφάνειας χωρίς τις διάφορες ανωμαλίες (μακρογεωμετρικές ή μικρογεωμετρικές, παράγρ. 1.1).
- **Πραγματικό περίγραμμα επιφάνειας (σχ. 1.2.β).** Είναι η παράσταση του περιγράμματος της κατεργασμένης επιφάνειας όπως μας το αποδίδουν διάφορα όργανα [π.χ. το καταγραφικό ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο, παράγρ. 1.3.(B)]

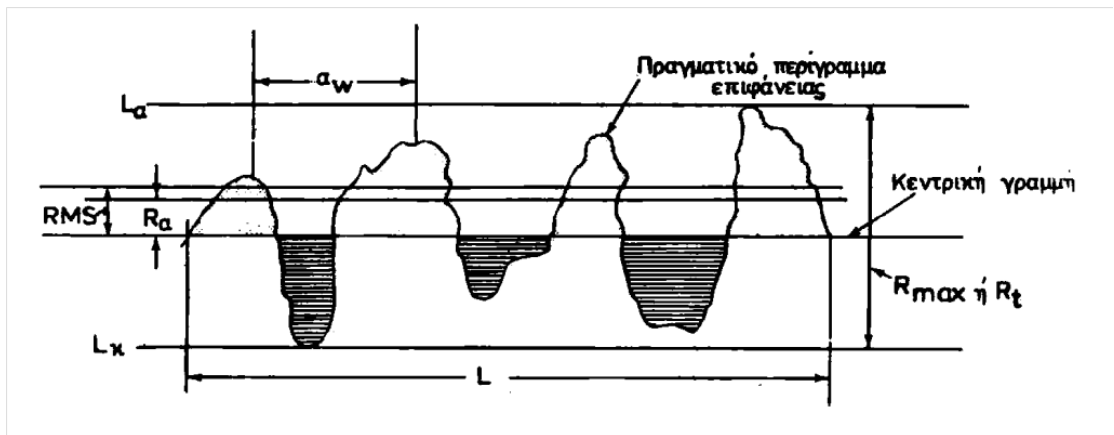
Και τα δύο, δηλαδή το πραγματικό και το ονομαστικό περίγραμμα, τα παίρνουμε σε επίπεδο κάθετο προς την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών της επιφάνειας (**σχ. 1.2.β**). Οι ανωμαλίες αυτές για τις κατεργασίες κοπής είναι τα ίχνη του κοπτικού εργαλείου επάνω στην κατεργασμένη

επιφάνεια. Το πραγματικό (και το ονομαστικό) π.χ. περίγραμμα μιας κυλινδρικής επιφάνειας κατεργασμένης με



Σχ.1.2.β

Η υφή μιας επιφάνειας που έχει υποστεί κατεργασία κοπής



Σχ.1.2.γ

Χαρακτηριστικά στοιχεία της τραχύτητας επιφάνειας κατά το σύστημα Κεντρικής Γραμμής (M).

τόρνευση λαμβάνεται σε ένα επίπεδο, που να περιέχει τον άξονα του κομματιού.

Παρακάτω θα μιλήσουμε για το σύστημα Κεντρικής Γραμμής και θα ορίσουμε τα σχετικά βασικά μεγέθη της τραχύτητας επιφάνειας.

Κατά το σύστημα αυτό σύρομε (σχ. 1.2.γ) στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας την καλούμενη **κεντρική γραμμή** έτσι, ώστε η γραμμή αυτή να ισομοιράζει τα επάνω και κάτω της εμβαδά (τα περιεχόμενα ανάμεσα στο πραγματικό περίγραμμα και στην κεντρική γραμμή), μέσα όμως σε καθορισμένο μήκος **L**, το οποίο καλούμε **δειγματοληπτικό μήκος**. Η κεντρική αυτή γραμμή, στα τραχύμετρα με στυλίσκο, που μετρούν την τραχύτητα σύμφωνα με το σύστημα τούτο, υλοποιείται μηχανικά με ένα ειδικό πέδιλο.

Παράλληλα τώρα προς την κεντρική γραμμή, φέρονται δύο ευθείες αναφορές, από τις οποίες η ανώτερη **L_a** εφάπτεται στην ψηλότερη μέσα στο δειγματοληπτικό μήκος κορυφή, ενώ η κατώτερη **L_κ** εφάπτεται στη βαθύτερη εσοχή.

Για να καθορισθεί με πληρότητα η γεωμετρική μορφή μιας επιφάνειας, όπως μας την παρουσιάζει το πραγματικό περίγραμμά της, χρειάζονται πολλά μεγέθη, που μπορούν να μετρηθούν είτε κατά βάθος, δηλαδή κάθετα προς την κεντρική γραμμή, είτε κατά μήκος της, όπως και διάφοροι δείκτες, οι οποίοι δίνονται ως λόγοι τέτοιων μεγεθών. Μάλιστα, σύμφωνα με ισχύουσες προδιαγραφές τραχύτητας επιφάνειας, προβλέπεται πληθώρα από τέτοια μεγέθη και δείκτες. Αυτό όμως περιπλέκει και δυσκολεύει τις μετρήσεις στην παραγωγή και ακόμα τα κατάλληλα για μετρήσεις πολλών τέτοιων χαρακτηριστικών στοιχείων της τραχύτητας όργανα είναι πανάκριβα.

Έτσι για πρακτικούς λόγους έχουν επιλεγεί ένα ή δύο βασικά μεγέθη της τραχύτητας, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω, τα οποία, συνδυαζόμενα και με το είδος της κατεργασίας από την οποία προέρχεται η επιφάνεια, θεωρούνται ικανοποιητικά στην πράξη για το χαρακτηρισμό της

τραχύτητας τεχνικών επιφανειών.

Τέτοια βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας στο σύστημα Κεντρικής Γραμμής είναι:

α) Το μέσο ύψος της τραχύτητας R_a , που ορίζεται από την αριθμητική μέση τιμή των αποκλίσεων όλων των σημείων του πραγματικού περιγράμματος από την κεντρική γραμμή μέσα στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος (όλες οι αποκλίσεις παίρνονται θετικές).

Θα δούμε, όταν μιλήσουμε για τα ταχύμετρα που μετρούν βάσει του συστήματος αυτού, ότι το μέσο ύψος R_a δίνεται κατ' ευθείαν από το όργανο σε ενδεικτική πλάκα.

β) Το μέγιστο ύψος της τραχύτητας R_{max} ή R_t . Ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ των γραμμών αναφοράς L_a και L_k στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας μέσα πάλι στο εκλεγμένο δειγματοληπτικό μήκος. Είναι ένα μέγεθος της τραχύτητας, που έχει φυσική έννοια, γιατί μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτό με την όραση ή την αφή.

γ) Το ενδεικνυόμενο ύψος της τραχύτητας RMS (από τα αρχικά των λέξεων Root Mean Square), που ορίζεται ως η τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής των τετραγώνων των αποκλίσεων όλων των σημείων του πραγματικού περιγράμματος από την κεντρική γραμμή.

Η τιμή αυτή της τραχύτητας ίσχυε στις ΗΠΑ μέχρι το έτος 1955, οπότε αντικαταστάθηκε από το μέσο ύψος της R_a .

Η τιμή **RMS** προκύπτει συνήθως κατά 10% περίπου μεγαλύτερη από το μέσο ύψος R_a .

3. Το σύστημα περιβάλλουσας ή σύστημα «Ε».

Κατά το σύστημα αυτό, τα χαρακτηριστικά στοιχεία της τραχύτητας ορίζονται με βάση την **περιβάλλουσα** του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας, όπως θα εξηγήσουμε ευθύς αμέσως.

Ένας κύκλος [σχ. 1.4.β(α)] με ακτίνα **$R = 250 \text{ mm}$** κυλιέται επάνω στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας με κατεύθυνση συνήθως κάθετη προς τις χαρακτηριστικές της ανωμαλίες. Ο γεωμετρικός τόπος του κέντρου του κυλιόμενου αυτού κύκλου, αν μεταφερθεί παράλληλα στον εαυτό του στο επίπεδο του πραγματικού περιγράμματος, ώστε να εφάπτεται στις ψηλότερες κορυφές του περιγράμματος, αποτελεί τη λεγόμενη **καμπύλη μορφής** της επιφάνειας.

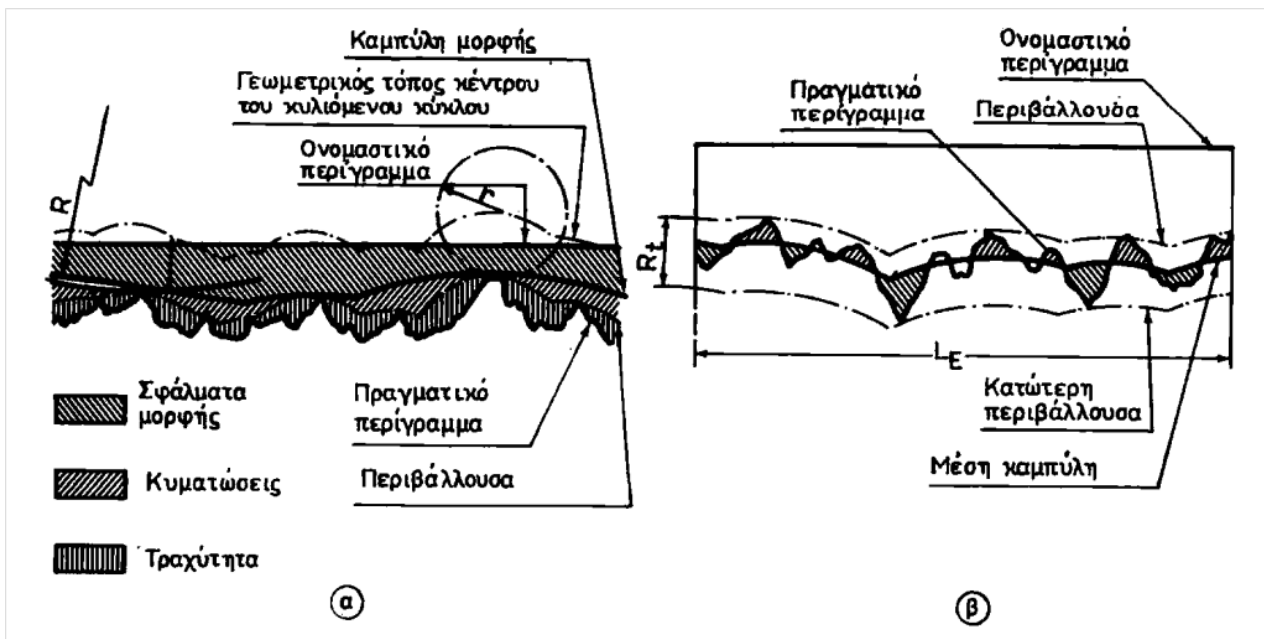
Κατά τον ίδιο τρόπο, άλλος κύκλος με πολύ μικρότερη ακτίνα (**$r = 25 \text{ mm}$**) κυλιέται και αυτός επάνω στο πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας. Ο γεωμετρικός τόπος, τον οποίο διαγράφει το κέντρο του κύκλου αυτού παράλληλα μετατιθέμενος, όπως και προηγουμένως, ώστε να εφάπτεται στα ανώτερα επάρματα του περιγράμματος, μας δίνει ότι ονομάζουμε **περιβάλλουσα** της επιφάνειας.

Με το σύστημα αυτό των δύο κυλιόμενων κύκλων, με διαφορετικές όμως ακτίνες (η μεγαλύτερη

είναι δεκαπλάσιο της μικρότερης), μπορούμε εύκολα να διαχωρίσουμε τις διάφορες αποκλίσεις της πραγματικής επιφάνειας από την ονομαστική επιφάνεια (σχ. 1.1.β). Έτσι λοιπόν [σχ. 1.2.γ(α)] ανάμεσα στο ονομαστικό περίγραμμα και στην καμπύλη μορφής της επιφάνειας διακρίνομε σφάλμα μορφής (αποκλίσεις πρώτης τάξεως) μεταξύ καμπύλης μορφής και περιβάλλουσας κείνται κυματώσεις (αποκλίσεις δεύτερης τάξεως), ενώ ανάμεσα στην περιβάλλουσα και στο πραγματικό περίγραμμα συναντούμε την τραχύτητα (αποκλίσεις τρίτης και ανώτερης τάξεως).

Εάν τώρα η περιβάλλουσα μετατεθεί παράλληλα προς τον εαυτό της, στο επίπεδο του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας, είναι δυνατό να πάρει τη θέση της **μέσης καμπύλης** [σχ. 1.2.γ(β)]. Η θέση αυτή καθορίζεται, όπως και η θέση της κεντρικής γραμμής με βάση την ισότητα των επάνω και κάτω από τη μέση καμπύλη και μέχρι το πραγματικό περίγραμμα εμβαδών, μέσα σε καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος L . Με προς τα κάτω ακόμα παράλληλη μετάθεση της περιβάλλουσας, ώστε αυτή να εφάπτεται στις βαθύτερες εσοχές του περιγράμματος, λαμβάνομε την καλούμενη **κατώτερη περιβάλλουσα**.

Και κατά το σύστημα περιβάλλουσας μπορούμε να ορίσουμε χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας παρόμοια με εκείνα, που ορίσαμε σύμφωνα με το σύστημα Κεντρικής Γραμμής αντιστοιχίζοντας τη μέση καμπύλη, την περιβάλλουσα και την κατώτερη περιβάλλουσα του συστήματος «E» με την κεντρική γραμμή, την ανώτερη και την κατώτερη γραμμή αναφοράς του συστήματος «M».



Σχ.1.2.γ

Χαρακτηριστικά στοιχεία της τραχύτητας επιφάνειας κατά το σύστημα Περιβάλλουσας (E).

B. Βασικές εθνικές προδιαγραφές για την τραχύτητα επιφάνειας.

1. Η βρετανική προδιαγραφή, BS 1134:1961.

Βασίζεται στο σύστημα «M» και προτυποποιεί ένα μόνο μέγεθος της τραχύτητας το μέσο της ύψος R_a ή την τιμή **CLA** (από τα αρχικά των λέξεων Centre Line Average, που σημαίνουν «μέση τιμή από την κεντρική γραμμή»), που μετρείται σε μικροίντσες (μ "). Είναι μια πολύ απλή και πρακτική προδιαγραφή.

Οι προτυποποιημένες τιμές του μέσου ύψους της τραχύτητας κυμαίνονται από **1 μ "** έως **1000 μ "** με τις ακόλουθες διαβαθμίσεις:

1,2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500 και 1000

Η μέτρηση της τραχύτητας προβλέπεται να γίνεται με τη βοήθεια τραχυμέτρου με στυλίσκο και γι' αυτό η προδιαγραφή αυτή προτυποποιεί τις ακόλουθες τιμές του μήκους κύματος αποκοπής του οργάνου:

0,003 0,01 0,03 0,10 0,30 1,00 ["]

Η τιμή **0,03"** του μήκους κύματος αποκοπής συνιστάται για μετρήσεις σε σχετικά λείες επιφάνειες. Η τραχύτητα επιφάνειας συμβολίζεται στα κατασκευαστικά σχέδια σύμφωνα με την προδιαγραφή BS 1134 ως εξής:



Στο σύμβολο αναγράφονται βασικά το μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο ύψος της τραχύτητας R_a (π.χ. 16 μ "), η τιμή του μήκους κύματος αποκοπής που συνιστάται (π.χ. 0,03") και το αρχικό γράμμα της κατεργασίας (π.χ. G για τη λείανση από το Grinding, T για την τόννευση από το Turning κλπ), η οποία ενδείκνυται κατά περίπτωση.

Για το συμβολισμό της τραχύτητας σε άλλες περιπτώσεις εκτός από το μηχανολογικό σχέδιο (π.χ. στις προδιαγραφές), το πρότυπο αυτό προβλέπει τους παρακάτω τρόπους, που ο καθένας τους παρέχεται με ένα αντίστοιχο παράδειγμα:

α) **16CLA**: Η επιφάνεια με μέσο ύψος της τραχύτητας μικρότερο ή ίσο προς **16 μ "** είναι παραδεκτή.

β) **$\frac{8}{16}$ CLA ή 8-16CLA**: Το μέσο ύψος της τραχύτητας θα πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα σε **8 μ "** και **16 μ "**.

γ) **8CLA (0,01)**: Όπως στο (α), με την ένδειξη όμως ότι ο αριθμός μέσα στην παρένθεση δηλώνει τη συνιστώμενη τιμή του μήκους κύματος αποκοπής του τραχυμέτρου, με το οποίο θα γίνει η μέτρηση, αν είναι διαφορετική από την τιμή **0,03"**. Στην περίπτωση που η τιμή αυτή είναι **0,03"** παραλείπεται.

2. Το αμερικανικό πρότυπο **ASA B46.1-1962**. **ASA** από τα αρχικά των λέξεων **American Standards Association**.

Προσπάθειες για την προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας στις ΗΠΑ άρχισαν από το 1932 και από τότε δημοσιεύθηκαν σχετικές προδιαγραφές κατά τα έτη 1940, 1947, 1952, 1955 με τελευταία προδιαγραφή την B46.1 του 1962.

Το τελευταίο αυτό αμερικανικό πρότυπο για την τραχύτητα επιφάνειας είναι ένα ενοποιημένο Αμερικανικό - Βρετανικό - Καναδικό πρότυπο, που αντιστοιχεί στο βρετανικό BS 1134 και στο καναδικό CSA B95-1962. **CSA** από τα αρχικά των λέξεων Canadian Standards Association.

Και το πρότυπο αυτό, όπως και το βρετανικό, που προηγουμένως αναπτύξαμε, βασίζεται στο σύστημα Κεντρικής Γραμμής. Υιοθετεί το μέσο ύψος της τραχύτητας **R_a**, το οποίο συμβολίζεται ως **AA** (από τα αρχικά των λέξεων Arithmetic Average, που σημαίνει «αριθμητικός μέσος όρος»).

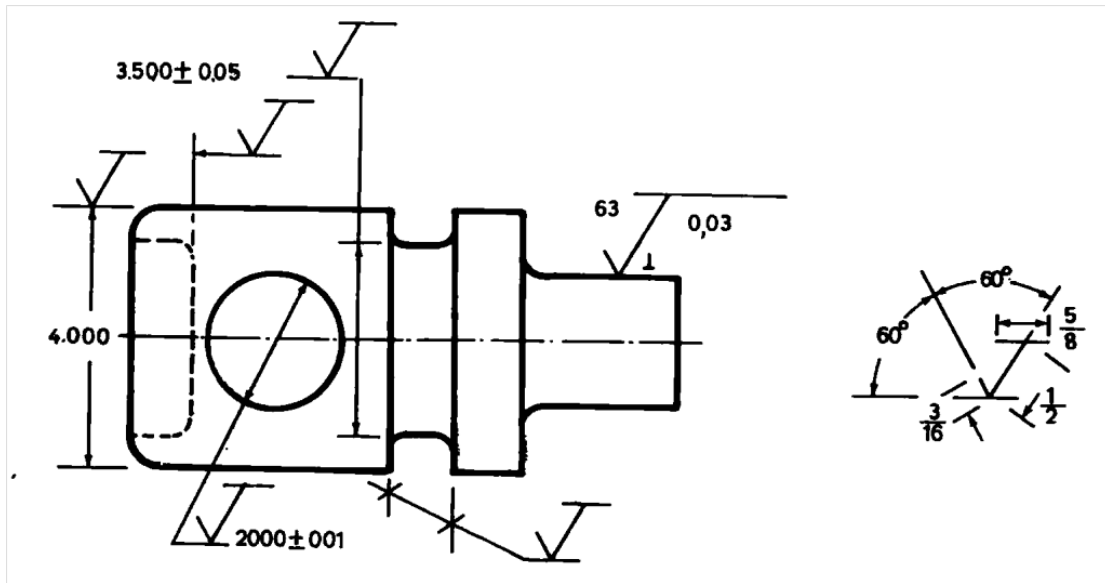
Προβλέπει τις ακόλουθες τιμές του μέσου ύψους της τραχύτητας σε μικροΐντσες (**μ"**):

	5	20	80	320
	6	25	100	400
1	<u>8</u>	<u>32</u>	<u>125</u>	<u>500</u>
<u>2</u>	10	40	160	600
3	13	50	200	800
<u>4</u>	<u>16</u>	<u>63</u>	<u>250</u>	<u>1000</u>

Οι προδιαγραφόμενες τιμές για το μήκος κύματος αποκοπής συμπίπτουν με εκείνες, που προβλέπονται από τη βρετανική προδιαγραφή.

Η παράσταση της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο γίνεται με το σύμβολο $\sqrt{\quad}$, που μπορούμε να το σχεδιάσουμε είτε επάνω στη γραμμή, η οποία παριστάνει τη θεωρούμενη

επιφάνεια στο σχέδιο (**σχ. 1.2.δ**) είτε έξω από τη γραμμή, σε συνδυασμό όμως πάντοτε με κάποιο βέλος που να τη δείχνει.



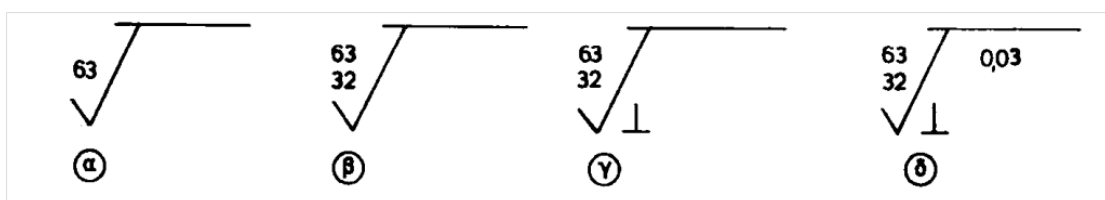
Σχ.1.2.δ

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο σύμφωνα με την αμερικανική προδιαγραφή ASA B46.1-1962

Στο **σχήμα 1.2.δ** παραθέτομε μερικά παραδείγματα σχετικά με το συμβολισμό της τραχύτητας στα μηχανολογικά σχέδια, σύμφωνα με την εξεταζόμενη αμερικανική προδιαγραφή.

Παρακάτω δίνουμε χρήσιμες επεξηγήσεις για τους συμβολισμούς αυτούς της τραχύτητας.

- Αναγράφουμε το τυποποιημένο μέσο ύψος της τραχύτητας. Κάθε τιμή ίση με αυτό ή μικρότερή του είναι παραδεκτή.
- Το επιθυμητό μέσο ύψος της τραχύτητας είναι δυνατό να κυμαίνεται ανάμεσα στα αναγραφόμενα όρια (ανώτερο και κατώτερο).
- Όπως στο (β) με την προσθήκη του συμβόλου \perp που σημαίνει ότι η μέτρηση πρέπει να γίνει κάθετα προς την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών της κατεργασμένης επιφάνειας (για μέτρηση παράλληλη προς εκείνη των χαρακτηριστικών ανωμαλιών χρησιμοποιείται το σύμβολο **II**).
- Όπως στο (γ) με επιπρόσθετη αναγραφή του μήκους κύματος αποκοπής (**0,03"**).



Σχ. 1.2.ε

Μερικά παραδείγματα συμβολισμού της τραχύτητας επιφάνειας κατά το αμερικανικό σύστημα.

Έτσι μπορούμε να πούμε ότι ο συμβολισμός για την τελευταία περίπτωση, δηλαδή τη (δ), μας λέγει τα εξής:

Το μέσο ύψος της τραχύτητας, που θα πρέπει να μετρηθεί κάθετα προς την κατεύθυνση των χαρακτηριστικών ανωμαλιών της επιφάνειας με τη βοήθεια τραχυμέτρου με στυλίσκο (κατά το σύστημα «M») ρυθμισμένου σε μήκος κύματος αποκοπής **0,03"**, οφείλει να κυμαίνεται μέσα στην περιοχή από **32μ"** μέχρι **63μ"**.

2. Οι γερμανικές προδιαγραφές.

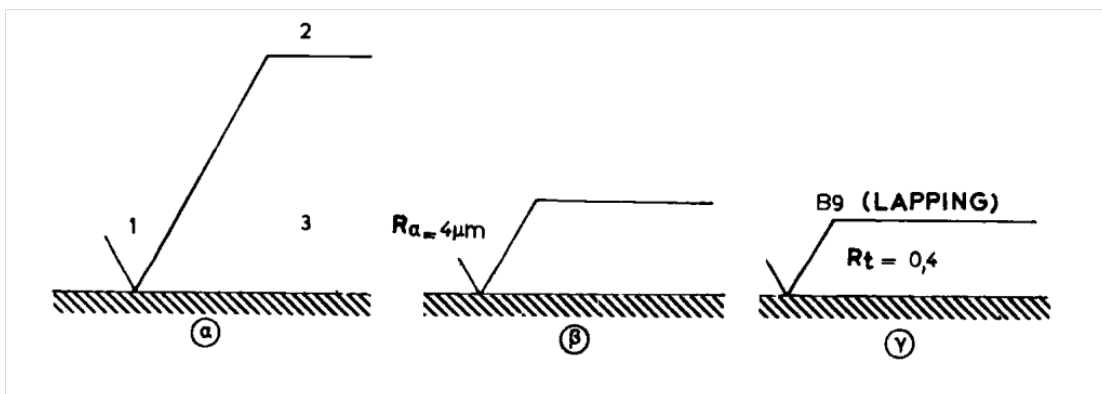
Η προδιαγραφή DIN 4760 (του 1960) αναφέρεται σε θεμελιώδεις ορισμούς σχετικά με τη γεωμετρία της κατεργασμένης επιφάνειας και η προδιαγραφή DIN 4762 (του 1960) εισάγει το σύστημα περιβάλλουσας και δίνει ορισμούς για χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας επιφάνειας. Το πρότυπο DIN 4763 προτυποποιεί τιμές για το μέγιστο ύψος της τραχύτητας **R_t** από **0,04 μm** έως **2500 μm** και για το μέσο της ύψος **R_a** από **0,05 μm** μέχρι **250 μm**. Οι προβλεπόμενες αυτές τιμές για την **R_t** και **R_a** ακολουθούν γεωμετρική πρόοδο με λόγο **1,6**.

Σχετικά με την παράσταση της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο, από το ένα μέρος το DIN 3141 χρησιμοποιεί τα γνωστά ανεστραμμένα τρίγωνα συσχετίζοντάς τα όμως με το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος της τραχύτητας **R_t** (για τέσσερις σειρές βαθμού τραχύτητας. **Πίνακας 1**) και από το άλλο σύμφωνα με το DIN 3142 προβλέπεται το σύμβολο που βλέπομε στο **σχήμα 1.2.στ**.

Συμβολισμός	Επιτρεπόμενη μέγιστη τιμή της τραχύτητας R_t σε μm			
	Σειρά 1	Σειρά 2	Σειρά 3	Σειρά 4
	160	100	63	25
	40	25	16	10
	16	6,3	4	2,5
	—	1	1	0,4

Πίνακας 1

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας σύμφωνα με το DIN 3141.



Σχ. 1.2.στ

Συμβολισμός της τραχύτητας επιφάνειας στο μηχανολογικό σχέδιο κατά τη γερμανική προδιαγραφή DIN 3142: (α) 1. Αναγράφεται το μέγιστο επιτρεπόμενο μέσο ύψος της τραχύτητας. 2. Αναφέρεται το είδος της κατεργασίας. 3. Παρατίθεται οποιοδήποτε άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος της τραχύτητας κατά περίπτωση, (β) Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της τραχύτητας είναι 4 μm . (γ) Επιφάνεια κατεργασμένη με λάππινγκ (είναι μία κατεργασία συναφής με τη λείανση, που δίνει όμως μεγαλύτερη ακρίβεια και καλύτερη τραχύτητα επιφάνειας) με επιτρεπόμενο μέγιστο ύψος τραχύτητας 0,4 μm .

3. Η προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποίησης ISO/R468.

Με την προδιαγραφή αυτή του ISO υιοθετείται για την προτυποποίηση της τραχύτητας επιφάνειας το σύστημα Κεντρικής Γραμμής. Ως μεγέθη μέτρησης της τραχύτητας προβλέπονται:

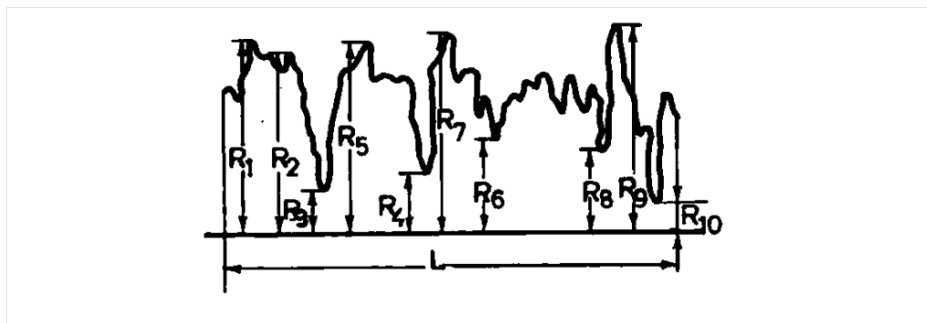
α) Το μέσο ύψος της τραχύτητας R_a απαρτάλλακτο με τις τιμές **CLA** (βρετανική προτυποποίηση) και **AA** (αμερικανική προτυποποίηση).

β) Το μέγιστο ύψος της τραχύτητας R_{max} και

γ) Το υπολογιζόμενο ύψος τραχύτητας R_z (σχ. 1.2.ζ) με τη βοήθεια δέκα σημείων σύμφωνα με τη σχέση:

$$R_z = \frac{(R_1 + R_2 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_3 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$

Το ύψος δηλαδή αυτό της τραχύτητας δίνεται ως η μέση διαφορά ανάμεσα στις αποστάσεις των πέντε υψηλότερων κορυφών και των πέντε βαθύτερων εσοχών του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας (μέσα πάντοτε στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος) από μια γραμμή αναφοράς παράλληλη προς την κεντρική γραμμή του περιγράμματος.



Σχ. 1.2.στ

Στοιχεία για τον προσδιορισμό του ύψους R_z της τραχύτητας σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO/R486.

Για το R_a προβλέπονται τιμές στην περιοχή από **0,008 μm** μέχρι **100 μm** και για το R_z οι

προτυποποιούμενες τιμές κυμαίνονται από **0,040 μm** έως **400 μm** με λόγο γεωμετρικής πρόοδου **1,25** , ο οποίος είναι δυνατό για εθνικά πρότυπα χωρών μελών του ISO να ληφθεί και ως **1,6**.

Το μήκος κύματος αποκοπής του τραχυμέτρου λαμβάνεται ως:

0,08 0,25 0,80 2,50 8,00 25,00 [mm],

5. Η ελληνική προδιαγραφή ENO/1065(1973).

Συμπίπτει με την προδιαγραφή του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποίησης ISO/R468.

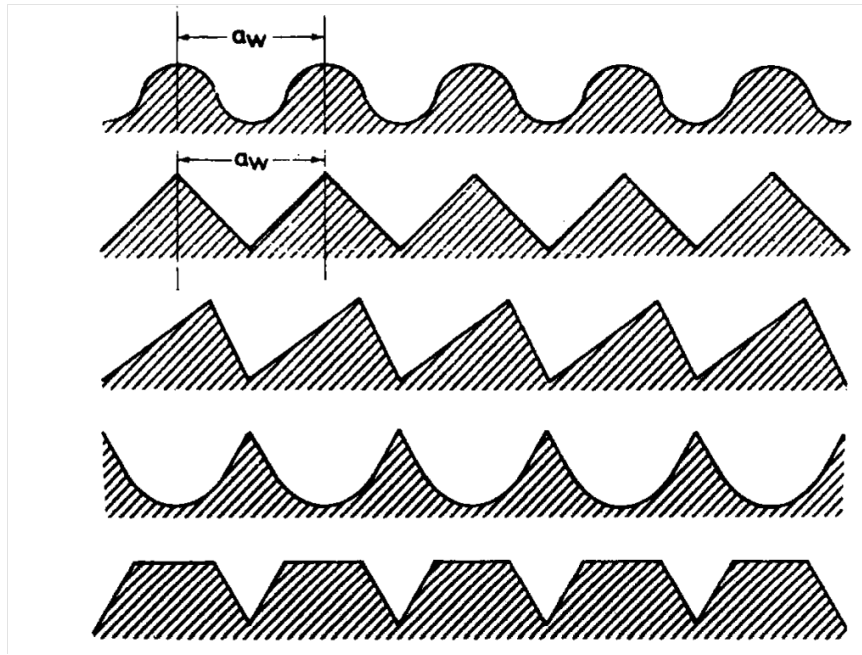
1.3 Όργανα για τη μέτρηση και τον έλεγχο της τραχύτητας.

A. Γενικά.

Το πρόβλημα της μέτρησης και του ελέγχου γενικά της τραχύτητας επιφάνειας, όπως το αντιμετωπίζουμε σήμερα στο μηχανουργείο, στηρίζεται στις εξής δύο βασικές απαιτήσεις:

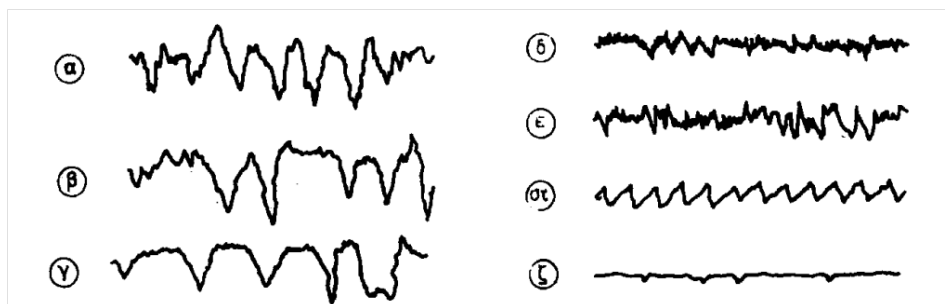
- α) Στην εκλογή, αν αυτό είναι δυνατό, ενός μόνου μεγέθους της τραχύτητας, που να είναι αντιπροσωπευτικό, να είναι προτυποποιημένο και να μπορεί να μετρηθεί εύκολα και
- β) στο χαμηλό κόστος κτήσεως του οργάνου ή μέσου για τη μέτρηση ή τον έλεγχο της τραχύτητας και μάλιστα, αν μπορεί αυτό να γίνει, σε ύψος κόστους των συνηθισμένων οργάνων για τη μέτρηση διαστάσεων.

Και ως προς την πρώτη απαίτηση έχει γίνει παραδεκτό και έχει συμφωνηθεί πλέον, τόσο από τους ασχολούμενους με το θέμα της τραχύτητας επιστήμονες και τεχνολόγους, όσο και από Οργανισμούς Προτυποποίησης ότι **το μέσο ύψος της τραχύτητας R_a είναι το ενδεδειγμένο για εκλογή χαρακτηριστικό μέγεθος, με αναφορά όμως απαραίτητως και του είδους της κατεργασίας κοπής, που θα χρησιμοποιηθεί για το σχηματισμό μιας επιφάνειας.** Και αυτό είναι ανάγκη να γίνει, γιατί είναι δυνατό πραγματικά περιγράμματα επιφανειών να έχουν εντελώς διαφορετική μορφή, ενώ παρουσιάζουν το ίδιο μέσο ύψος R_a και βήμα a_w τραχύτητας (σχ. 2.8ια) και πρέπει από τώρα να γνωρίσουμε ότι κάθε κατεργασία κοπής αποδίδει χαρακτηριστική μορφή επιφάνειας (σχ. 1.3.α).



Σχ. 1.3.α

Πραγματικά περιγράμματα επιφανειών με το ίδιο μέσο ύψος και βήμα τραχύτητας έχουν διαφορετικό σχήμα.



Σχ. 1.3.β

Μορφές πραγματικού περιγράμματος επιφανειών, που έχουν παραχθεί με διάφορες κατεργασίες κοπής: (α,β) Τελική κατεργασία με τόννευση. (γ) Τελική κατεργασία με φραιζάρισμα. (δ) Λείανση, (ε) Γλύφανση. (στ) Τόννευση με εργαλείο από διαμάντι, (ζ) Λάμπιγκ.

Σχετικά με τη δεύτερη απαίτηση, παρατηρούμε ότι το κόστος ενός οργάνου για τη μέτρηση της τραχύτητας (όπως π.χ. ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο) είναι πολύ ψηλό ακόμα.

Για τη μέτρηση και τον έλεγχο της τραχύτητας στην παραγωγή και στο μετρολογικό εργαστήριο χρησιμοποιούνται σήμερα ποικίλα όργανα.

Μπορούμε να τα κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες: Στα όργανα για κατ' ευθείαν μετρήσεις της

τραχύτητας και σε όργανα (ή μέσα) για ποιοτικές συγκρίσεις.

Με τα πρώτα μετρούμε αριθμητικά ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά μεγέθη της τραχύτητας ή μπορούμε να πάρουμε το πραγματικό περίγραμμα της επιφάνειας υπό μεγάλες σχετικά μεγεθύνσεις. Τα όργανα της κατηγορίας αυτής μπορούμε να τα συναντήσουμε ως μηχανικά, ως μηχανικά - ηλεκτρονικά με στυλίσκο ή ως οπτικά. Ξεχωρίζουμε εδώ τα **μηχανικά - ηλεκτρονικά όργανα με στυλίσκο** ή τραχύμετρα με στυλίσκο, τα οποία χρησιμοποιούνται σε ευρύτατη κλίμακα και με τα οποία θα ασχοληθούμε αμέσως παρακάτω.

Στα όργανα για ποιοτικές συγκρίσεις ανήκουν ορισμένα ειδικά μικροσκόπια ή και απλά μεταλλογραφικά ακόμα μικροσκόπια. Ως μέσο για ποιοτικές συγκρίσεις αναφέρουμε τα πρότυπα δοκίμια σύγκρισης, για τα οποία θα μιλήσουμε συνοπτικά σε σχετική παράγραφο.

B. Το τραχύμετρο με στυλίσκο.

Το πιο αντιπροσωπευτικό και σύγχρονο στατικό τραχύμετρο με στυλίσκο είναι αυτό, που εικονίζεται στο **σχήμα 1.3.γ**.

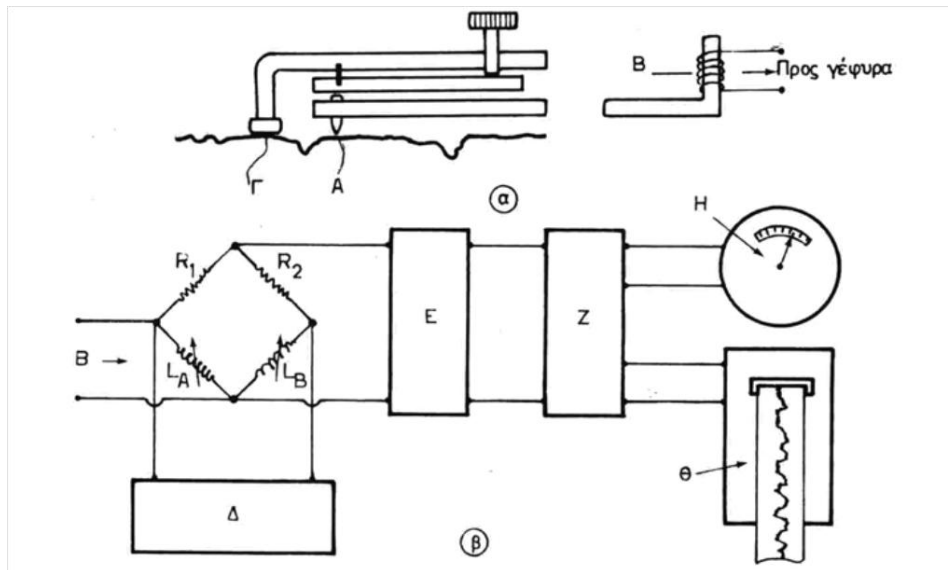
Η αρχή λειτουργίας του τραχυμέτρου αυτού είναι η ακόλουθη:

Ένας στυλίσκος **A** με αδαμάντινη ακίδα διατρέχει με σταθερή ταχύτητα κατά ορισμένο μήκος την επιφάνεια, της οποίας θέλουμε να μετρήσουμε την τραχύτητα. Οι μετακινήσεις του στυλίσκου, που προκαλούνται εξ αιτίας των ανωμαλιών της επιφάνειας, μετατρέπονται κατάλληλα (π.χ. με μετακίνηση του μοχλού του στυλίσκου μέσα στο πηνίο Β) σε μεταβολές εντάσεως (ή τάσεως) ρεύματος. Οι μεταβολές αυτές ηλεκτρονικά ενισχυόμενες και καταγραφόμενες παρουσιάζονται ως αποκλίσεις του πραγματικού περιγράμματος από την κεντρική γραμμή.

Η κεντρική γραμμή στα όργανα αυτά δημιουργείται από ένα ειδικό πέδιλο Γ, το οποίο, τοποθετούμενο μπροστά από το στυλίσκο, ολισθαίνει επάνω στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της μετρήσεως.

Οι μεταβολές της εντάσεως (ή τάσεως) του ρεύματος από τις μετατοπίσεις του στυλίσκου οδηγούνται σε κυκλώματα ολοκληρώσεως, των οποίων η έξοδος μας δίνει το μέσο ύψος της **R_a** (ή τις τιμές) **CLA** ή **AA** της τραχύτητας. Η ανάγνωση των ενδείξεων της **R_a** γίνονται αμέσως σε μετρητικό όργανο με δείκτη.

Βασικό χαρακτηριστικό των οργάνων αυτών είναι το λεγόμενο **μήκος κύματος αποκοπής**. Αυτό σημαίνει ότι το τραχύμετρο, κατά τον υπολογισμό του μέσου ύψους της τραχύτητας **R_a** αποκρίνεται σε τραχύτητα με βήμα μικρότερο από το καθορισμένο για κάθε μέτρηση μήκος κύματος αποκοπής. Για να μπορούμε συνεπώς να συγκρίνομε μεταξύ τους μετρήσεις τραχύτητας, θα πρέπει όλες να γίνονται με το τραχύμετρο ρυθμισμένο στο ίδιο μήκος κύματος αποκοπής.

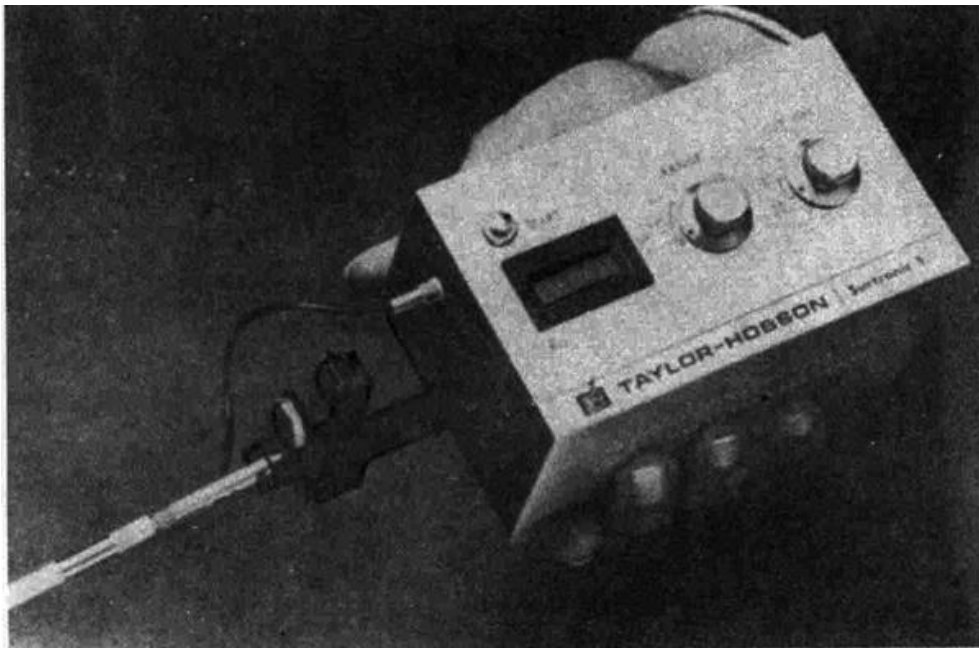


Σχ. 1.3.γ

(α) Η αρχή λειτουργίας ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο (β) Διάγραμμα ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο Α στυλίσκος, Β πηνίο, Γ πέδιλο, Δ ταλαντωτής, Ε ενισχυτής, Ζ αποδιαμορφωτής, Η όργανο μέτρησης μέσω ύψους R_a , Θ καταγραφικό, R_1, R_2, L_A, L_B γέφυρα.

Στο **σχήμα 1.3.γ** βλέπουμε το διάγραμμα λειτουργίας ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο.

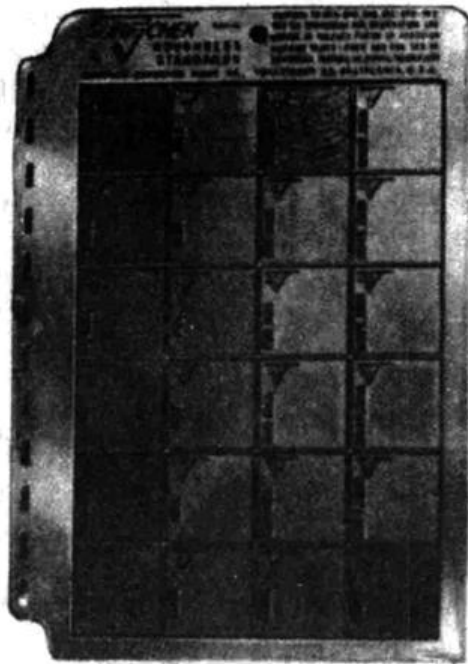
Το τραχύμετρο αυτό το συναντούμε και ως φορητό για εύκολη χρήση στην παραγωγή (**σχ. 1.3.δ**).



Σχ. 1.3.γ

Σύγχρονο φορητό τραχύμετρο.

Γ. Τα πρότυπα δοκίμια σύγκρισης (σχ. 1.3.δ).



Σχ. 1.3.δ

Πρότυπα δοκίμια σύγκρισης τραχύτητας επιφάνειας.

Τα πρότυπα δοκίμια σύγκρισης είναι πρότυπες επιφάνειες με γνωστό μέσο ύψος τραχύτητας. Τέτοια δοκίμια προβλέπονται από τις διάφορες προδιαγραφές (π.χ. την προδιαγραφή BS 2634 του 1960, ASA 46.1-1962) και τα απαντούμε σε σειρές για ορισμένη κατεργασία (π.χ. για τόννευση, φραιζάρισμα, λείανση κ.ά.). Ο έλεγχος της προς επιθεώρηση επιφάνειας γίνεται με την αφή (το άκρο του δακτύλου, του νυχιού ή μιας ακίδας) σε σύγκριση βέβαια με την πρότυπη επιφάνεια, που υλοποιείται στο αντίστοιχο δοκίμιο σύγκρισης.

1.4 Ερωτήσεις.

1. Τι ονομάζουμε **τεχνικές επιφάνειες** στις διάφορες μηχανουργικές κατασκευές;
2. Τι εννοούμε λέγοντας ποιότητα επιφάνειας και τι τραχύτητα επιφάνειας;
3. Ποιες είναι οι απαιτήσεις της σύγχρονης μηχανουργικής βιομηχανίας σε ότι αφορά την τραχύτητα επιφάνειας;
4. Ποια είναι η σημασία της τραχύτητας επιφάνειας τεχνικών επιφανειών, που συνεργάζονται;
5. Να περιγράψετε συνοπτικά το σύστημα Κεντρικής γραμμής για τη μέτρηση της τραχύτητας επι-

φάνειας.

6. Πώς ορίζεται το μέσο ύψος της τραχύτητας R_a στο σύστημα Κεντρικής γραμμής;
7. Να εξηγήσετε τους ακόλουθους όρους: ονομαστικό περίγραμμα επιφάνειας, πραγματικό περίγραμμα επιφάνειας, μέγιστο ύψος τραχύτητας R_{max} ή R_t .
8. Ποιο βασικό μέγεθος της τραχύτητας προτυποποιείται κατά τη βρετανική και αμερικανική προδιαγραφή και με ποια μονάδα το μετρούμε;
9. Για το χαρακτηρισμό της τραχύτητας επιφάνειας στις πρακτικές εφαρμογές εκτός από το μέσο ύψος της τραχύτητας χρειάζεται και κάποια άλλη πληροφορία. Ποια είναι και γιατί απαιτείται;
10. Από ποια κύρια μέρη αποτελείται ένα τραχύμετρο με στυλίσκο;
11. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο;
12. Τι καλείται **μήκος κύματος αποκοπής** ενός τραχυμέτρου με στυλίσκο και ποια είναι η σημασία του;
13. Τι είναι τα πρότυπα δοκίμια συγκρίσεως τραχύτητας και πώς τα χρησιμοποιούμε;
14. Να εξηγήσετε τους ακόλουθους συμβολισμούς τραχύτητας:

