

10

9

8

7

6

5

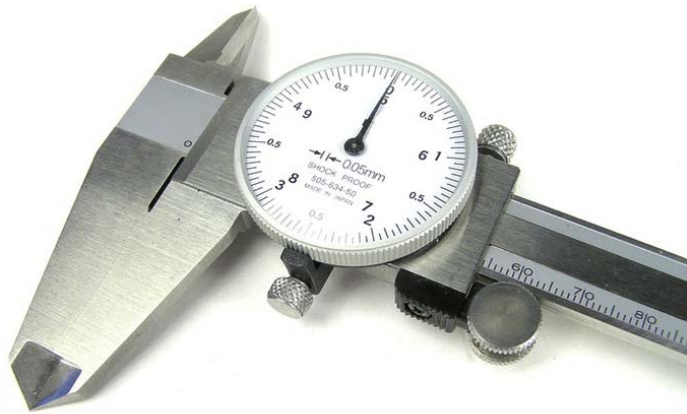
4

3

2

1

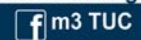
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



3

<http://www.m3.tuc.gr>


Μετροτεχνία



m3 TUC

2019-20


 School of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Prof. Aristomenis Antoniadis

1

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

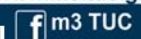
Το επίσημο σύστημα μονάδων σχεδόν σε όλες τις χώρες είναι το **σύστημα SI**. Όπως όλα τα συστήματα μονάδων έτσι και το SI έχει τα βασικά ή θεμελιώδη μεγέθη και τις παράγωγες μονάδες από τα μεγέθη αυτά.

Μέγεθος	Μονάδα	
Μάζα	Χιλιόγραμμα (kg)	Kilogram
Μήκος	Μέτρο (m)	meter
Χρόνος	Δευτερόλεπτο (s)	second
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	Αμπέρ (A)	Amperes
Απόλυτη/Θερμοδυναμική Θερμοκρασία	Κέλβιν (K)	Kelvin
Ποσότητα Ουσίας	Μολ (mol)	mole
Ένταση Φωτεινότητας	Καντέλα (Κηρίο) (cd)	Candela
Επίπεδη γωνία	Ακτίνιο (rad)	radian
Στερεά γωνία	Στερακτίνιο	steradian

Φυσικό μέγεθος	Παράγωγη μονάδα	Ιδιαίτερος συμβολισμός
Επιφάνεια	m ²	-
Όγκος	dm ³	l (liter)
Ταχύτητα	m/s	-
Επιτάχυνση	m/s ²	-
Δύναμη	kg×m/s ²	N (Newton)
Πίεση - τάση	N/m ²	Pa (Pascal)
Ροπή	N×m	-
Πυκνότητα	kg/m ³	-
Ειδικό βάρος	N/m ³	-
Έργο - Ενέργεια	kg×m ² /s ²	J (Joule)
Ισχύς	J/s	W (Watt)

<http://www.m3.tuc.gr>


Θεμελιώδη, συμπληρωματικά μεγέθη και παράγωγες μονάδες στο SI



m3 TUC

2019-20


 School of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Prof. Aristomenis Antoniadis

2

	Μέτρο [μ]	Δεκατό-μετρο [dm]	Εκατοστό-μετρο [cm]	Χιλιοστό-μετρο [mm]	-	-	Μικρόμετρο [μm ή μ]
Μέτρο [μ]	1	10	100	1000			1000000
Δεκατόμετρο [dm]		1	10	100			100000
Εκατοστόμετρο [cm]			1	10			10000
Χιλιοστόμετρο [mm]				1			1000
-							
-							
Μικρόμετρο [μm ή μ]							1

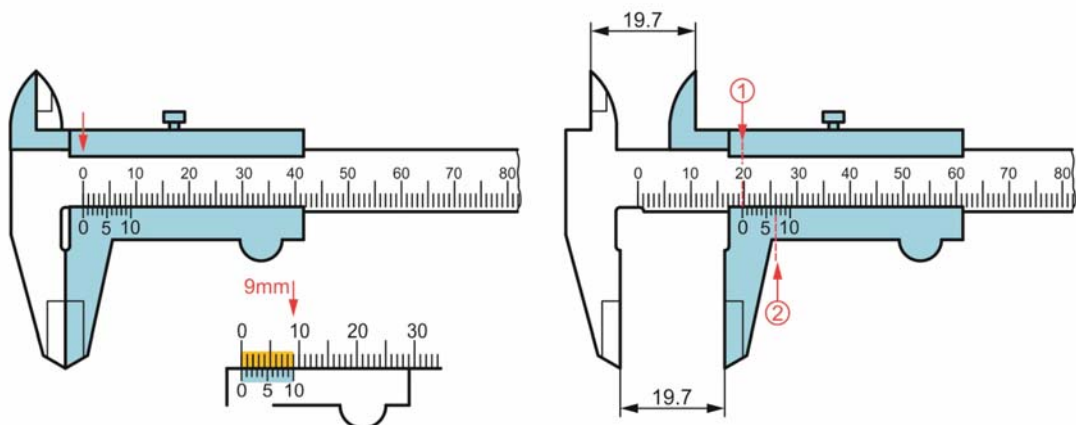
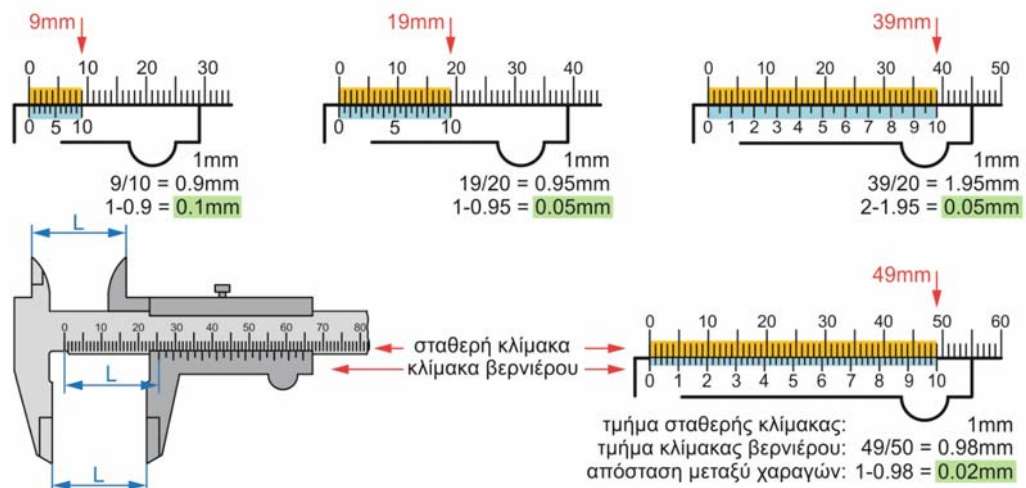
Στη μέτρηση με μεταλλικό κανόνα πρέπει ο κανόνας να είναι παράλληλος με τη διάσταση η οποία μετράται και να είναι σε επαφή με αυτήν, εφόσον αυτό είναι δυνατόν, ενώ ο χειριστής θα πρέπει να κοιτά τον κανόνα κάθετα ώστε να μην δημιουργούνται σφάλματα ανάγνωσης λόγω θέασης από πλάγια θέση.



Το **παχύμετρο** είναι το πιο σημαντικό μετρητικό όργανο στις μηχανουργικές κατεργασίες και χρησιμοποιείται ευρέως για πολλά διαφορετικά είδη μετρήσεων, σε εσωτερικές και εξωτερικές διαστάσεις. Το παχύμετρο είναι κατασκευασμένο συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα και διαθέτει δύο σκέλη. Το ένα σκέλος είναι σταθερό, διαθέτει κανόνα με υποδιαίρεσεις σε χιλιοστά και καταλήγει σε ένα ράμφος σε ορθή γωνία με τον κανόνα. Το άλλο σκέλος είναι κινητό και στα παραδοσιακά αναλογικά παχύμετρα φέρει υποδιαίρεσεις, χωρίζοντας συγκεκριμένο μήκος της κλίμακας του σταθερού σκέλους σε δέκα ή περισσότερα ίσα μέρη. Αυτή η κλίμακα του κινητού σκέλους του αναλογικού παχυμέτρου ονομάζεται **βερνιέρος**. Το κινητό μέλος στα αναλογικά παχύμετρα μπορεί να φέρει κυκλική κλίμακα, αντί της κλίμακας του βερνιέρου,

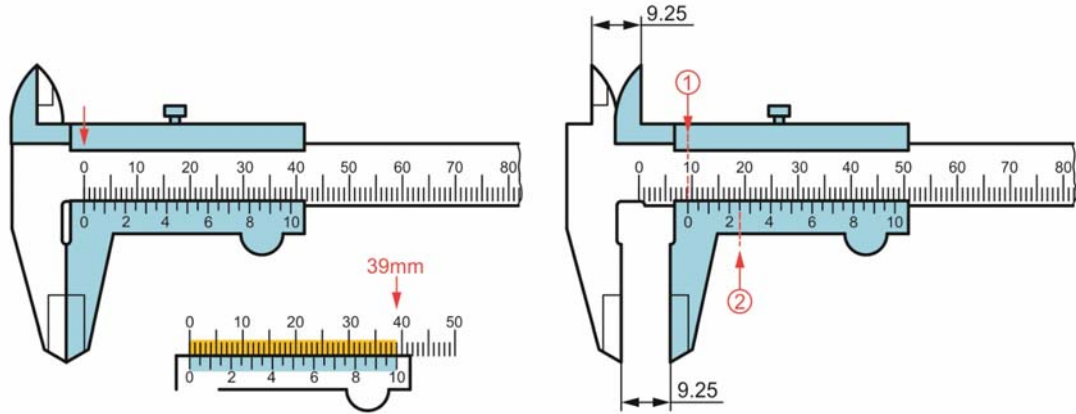


(οι φωτογραφίες είναι της Tesa)



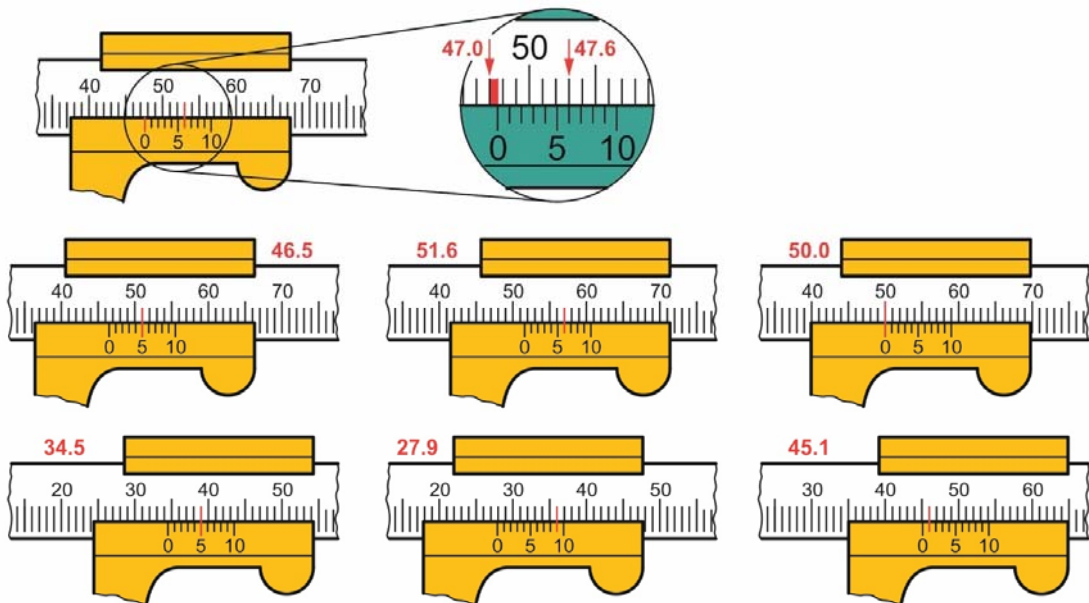
Η μέτρηση στο αναλογικό παχύμετρο γίνεται πάντα σε δύο φάσεις, όπου στην πρώτη φάση διαβάζεται το ακέραιο μέρος της μέτρησης και στη δεύτερη φάση το δεκαδικό. Έτσι, στην πρώτη φάση διαβάζεται η θέση στην οποία βρίσκεται το μηδέν της κλίμακας του βερνιέρου σε σχέση με τη σταθερή κλίμακα. Στην περίπτωση δεξιά στο σχήμα, το μηδέν της κλίμακας του βερνιέρου έχει ξεπεράσει τα 19mm της σταθερής κλίμακας. Έτσι η διάσταση είναι μεγαλύτερη των 19mm αλλά το πόσο μεγαλύτερη είναι, το δείχνει η δεύτερη φάση στην οποία ελέγχεται η χαραγή εκείνη του βερνιέρου που βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφο, δηλαδή ταυτίζεται, με κάποια χαραγή της σταθερής κλίμακας. Όπως φαίνεται στο σχήμα, η 7η χαραγή του βερνιέρου (μετά τη χαραγή 0) είναι η ζητούμενη και έτσι 7 υποδιαίρεσεις του βερνιέρου προστίθενται στην αρχική διάσταση των 19mm και έτσι η συνολική διάσταση προκύπτει:

Διάσταση = $19\text{mm} + 7 \cdot 0.1\text{mm} = 19.7\text{mm}$



Η μέτρηση στο αναλογικό παχύμετρο του σχήματος γίνεται σε δύο φάσεις, όπου στην πρώτη φάση το ακέραιο μέρος της μέτρησης φαίνεται από τη θέση του μηδέν της κλίμακας του βερνιέρου που έχει ξεπεράσει τα 9mm της σταθερής κλίμακας. Έτσι η διάσταση είναι μεγαλύτερη των 9mm, αλλά το πόσο μεγαλύτερη είναι το δείχνει η δεύτερη φάση στην οποία ελέγχεται η χαραγή εκείνη του βερνιέρου που βρίσκεται στην ίδια κατακόρυφο με κάποια χαραγή της σταθερής κλίμακας. Από το σχήμα γίνεται φανερό ότι η 5η χαραγή του βερνιέρου (μετά τη χαραγή 0) ταυτίζεται με κάποια χαραγή της σταθερής κλίμακας και έτσι η μετακίνηση που αντιστοιχεί σε 5 υποδιαίρεσεις του βερνιέρου προστίθεται στην αρχική διάσταση των 9mm. Έτσι η συνολική διάσταση προκύπτει:

$$\text{Διάσταση} = 9\text{mm} + 5 \cdot 0.05\text{mm} = 9.25\text{mm}$$



10

9

8

7

6

5

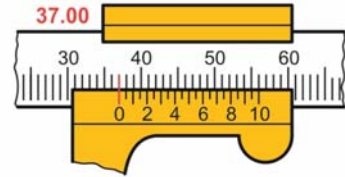
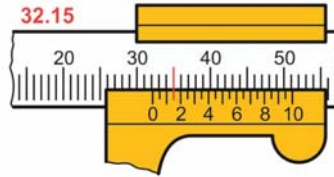
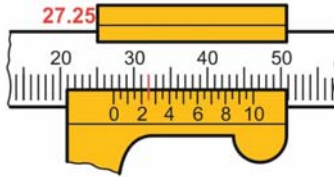
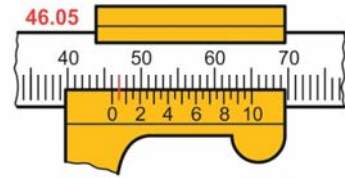
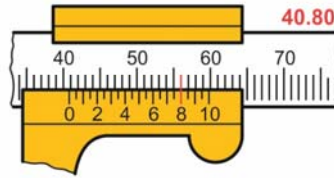
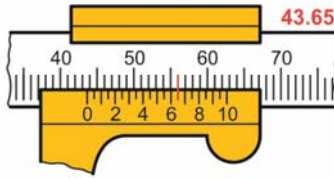
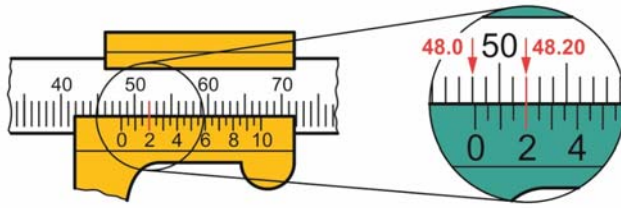
4

3

2

1

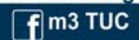
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



<http://www.m3.tuc.gr>



Παραδείγματα μέτρησης με αναλογικό παχύμετρο ακρίβειας 0.05mm



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

9

10

9

8

7

6

5

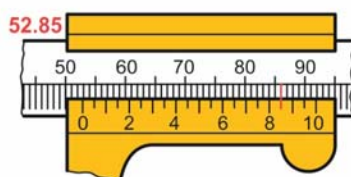
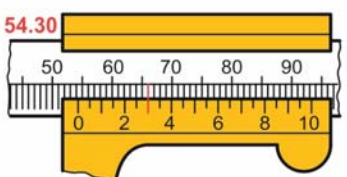
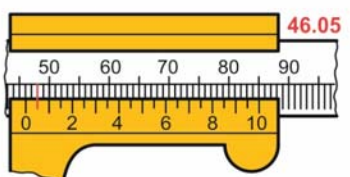
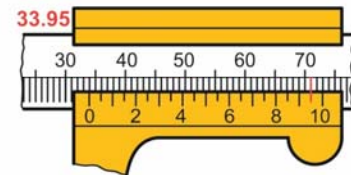
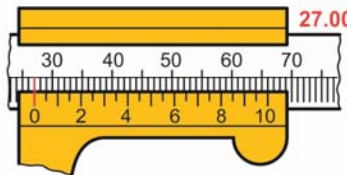
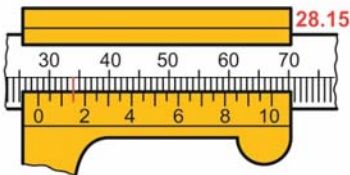
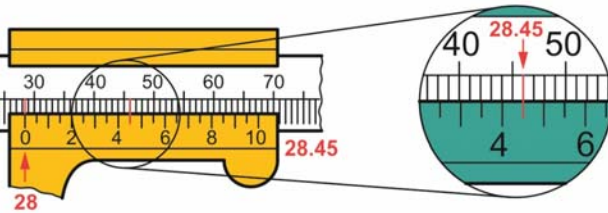
4

3

2

1

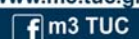
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



<http://www.m3.tuc.gr>



Παραδείγματα μέτρησης με αναλογικό παχύμετρο ακρίβειας 0.05mm



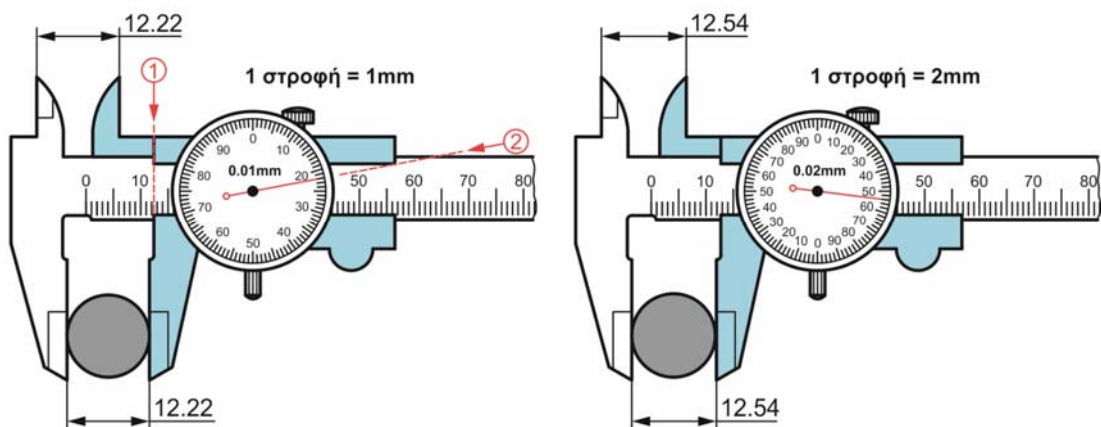
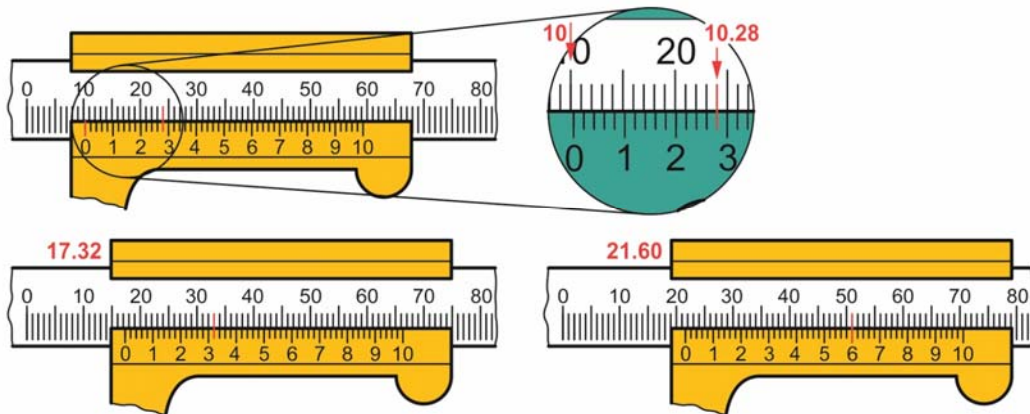
2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

10

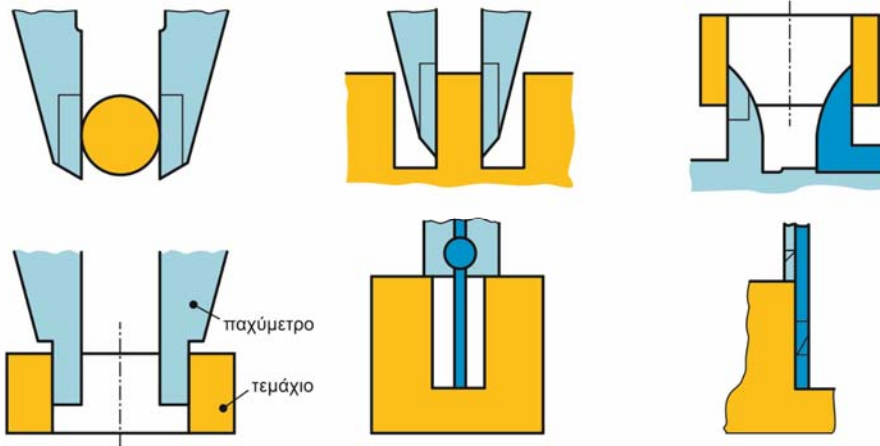
Στο παχύμετρο αυτό, 49mm της σταθερής κλίμακας χωρίζονται σε 50 τμήματα στην κλίμακα του βερνιέρου



Η βαθμονόμηση της κυκλικής κλίμακας προσφέρει μέτρηση με ακρίβεια 0.02mm. Στο παράδειγμα του σχήματος, η κινητή σιαγόνα αποκαλύπτει 12mm ενώ η βελόνα βρίσκεται στην 27η χαραγή. Επισημαίνεται ότι η κυκλική κλίμακα διαθέτει 100 χαραγές και η απόσταση της μίας από τη γειτονική της είναι 0.02mm έτσι ώστε μία συνολική στροφή της ακίδας ισοδυναμεί με μετατόπιση της κινητής σιαγόνας κατά 2mm. Έτσι, η 27η χαραγή αντιστοιχεί σε 0.54mm τα οποία προστιθέμενα στα αρχικά 12mm δίνουν την τελική μέτρηση της διαμέτρου του δοκιμίου που προκύπτει **12.54mm**

10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



αναλογικό παχύμετρο βάθους με βερνιέρο



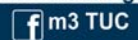
ψηφιακά παχύμετρα βάθους

(οι φωτογραφίες είναι της Tesa)

<http://www.m3.tuc.gr>



Δυνατότητες μέτρησης με παχύμετρο



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

13

10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



(η φωτογραφία είναι της Tesa)

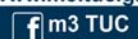
Ακριβέστερη μέτρηση μήκους σε σχέση με το παχύμετρο πραγματοποιείται με το **μικρόμετρο** το οποίο χρησιμοποιεί για τη μέτρηση έναν κοχλία ο οποίος είναι το κινητό μέρος του οργάνου. Το μικρόμετρο αποτελείται από ένα στέλεχος σε σχήμα πετάλου στο οποίο βρίσκεται ο σταθερός επαφέας (αμόνι) και εδράζεται ο αξονίσκος ο οποίος μετακινείται με τη βοήθεια ενός κοχλία. Η μέτρηση γίνεται ανάμεσα στο σταθερό επαφέα και τον αξονίσκο. Ο κοχλίας που υποστηρίζει τη μετακίνηση του αξονίσκου έχει κατάλληλο βήμα ώστε μία πλήρη περιστροφή του τυμπάνου να αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μετατόπιση του αξονίσκου. Στα πιο απλά μικρόμετρα ο κοχλίας αυτός έχει βήμα 0.5mm. Έτσι:

η βαθμονόμηση του τυμπάνου σε 50 υποδιαίρεσεις, όπως φαίνεται στο μικρόμετρο του σχήματος, έχει ως αποτέλεσμα η περιστροφή κατά μία υποδιαίρεση της κλίμακας του περιστρεφόμενου τυμπάνου να αντιστοιχεί σε $0.5/50=0.01\text{mm}$, που αποτελεί και την ακρίβεια του οργάνου.

<http://www.m3.tuc.gr>



Μικρόμετρο



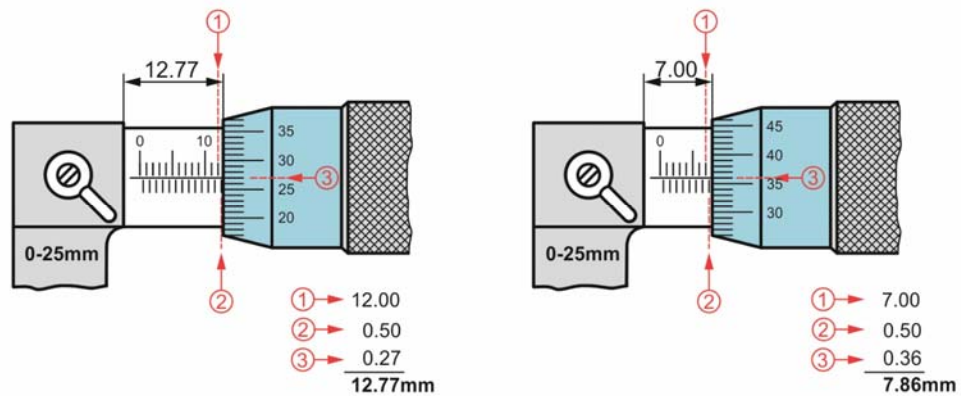
2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

14

Η μέτρηση με το μικρόμετρο ακολουθεί τρεις φάσεις. Στην **πρώτη φάση** διαβάζεται το ακέραιο μέρος της μέτρησης σε χιλιοστά, όπως αυτό αποκαλύπτεται στον κυλινδρικό κανόνα από το περιστρεφόμενο τύμπανο. Στη **δεύτερη φάση**, η διάσταση συμπληρώνεται με το εάν το περιστρεφόμενο τύμπανο έχει αποκαλύψει και χαραγή στην κλίμακα των μισών, στον ίδιο κυλινδρικό κανόνα. Τέλος η διάσταση συμπληρώνεται στην **τρίτη φάση**, όπου διαβάζονται τα εκατοστά του χιλιοστού στην κλίμακα του περιστρεφόμενου τυμπάνου..



Στο παράδειγμα στο αριστερό μέρος του σχήματος, φαίνεται ότι το περιστρεφόμενο τύμπανο έχει αποκαλύψει τα 12mm, ενώ στην κάτω κλίμακα έχουν αποκαλυφθεί και επιπλέον 0.5mm. Έτσι η διάσταση είναι μεγαλύτερη από τα 12.5mm, αλλά το πόσο μεγαλύτερη προκύπτει από την κλίμακα του περιστρεφόμενου τυμπάνου στην τρίτη φάση της μέτρησης. Παρατηρείται λοιπόν ότι η 27η χαραγή είναι συνευθειακή με τον άξονα του κυλινδρικού κανόνα και άρα η διάσταση είναι μεγαλύτερη κατά 0.27mm, αφού η κάθε υποδιαίρεση στο βαθμονομημένο τύμπανο ισοδυναμεί με μετακίνηση κατά 0.01mm του αξονίσκου. Έτσι, η συνολική διάσταση προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους μετρήσεων στις τρεις φάσεις και είναι:

$$12.00 + 0.50 + 0.27 = 12.77 \text{ mm}$$

<http://www.m3.tuc.gr>



Αρχή λειτουργίας του μικρομέτρου

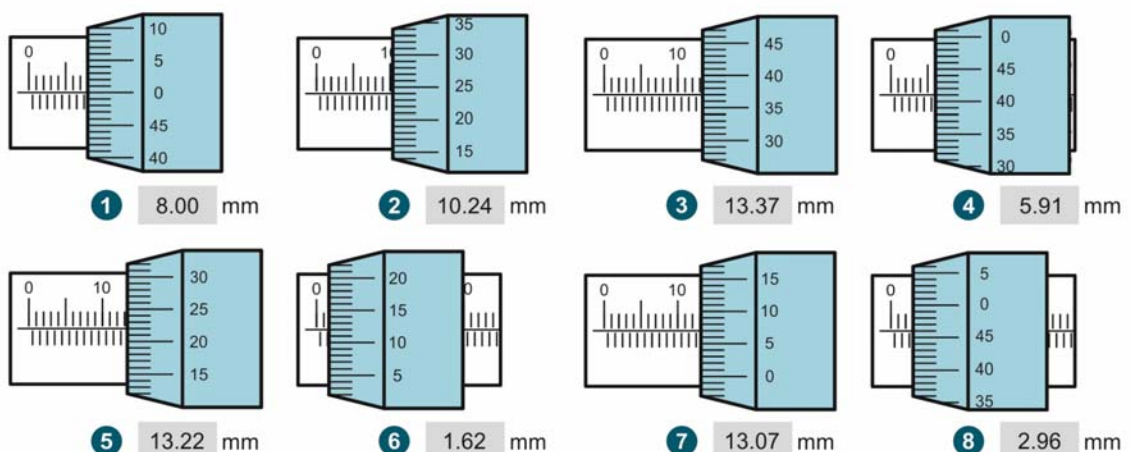


2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

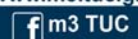
15



<http://www.m3.tuc.gr>



Παραδείγματα μέτρησης με μικρόμετρο ακρίβειας 0.01mm



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

16

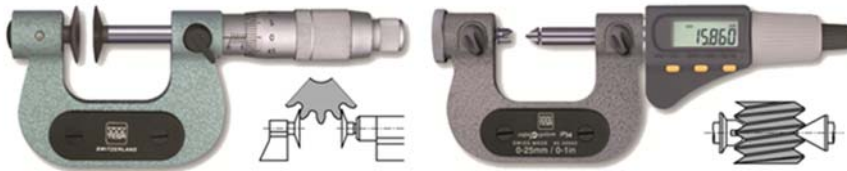
αναλογικό μικρόμετρο για μετρήσεις βάθους

ψηφιακό μικρόμετρο για μετρήσεις βάθους



αναλογικό μικρόμετρο για οδοντώσεις

ψηφιακό μικρόμετρο για σπειρώματα



<http://www.m3.tuc.gr>



Ειδικά μικρόμετρα



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα μετρητικά όργανα, το **μετρητικό ρολοί** δεν προσφέρει απευθείας μέτρηση μιας διάστασης αλλά συγκριτική μέτρησή της σε συνδυασμό με άλλη γνωστή διάσταση. Τα μετρητικά ρολόγια μπορεί να είναι αναλογικά ή ψηφιακά και συνήθως εδράζονται σε κατάλληλη βάση η οποία προσφέρει τη δυνατότητα της συγκριτικής μέτρησης, μέσω τοποθέτησης πάνω σε αυτήν του πρότυπου μήκους και του μετρούμενου τεμαχίου. Ως μήκος σύγκρισης μπορεί να είναι, ανάλογα την επιθυμητή ακρίβεια, ένα αντικείμενο γνωστής διάστασης ή όπως γίνεται τις περισσότερες φορές ένα πρότυπο πλακίδιο που ονομάζεται και πλακίδιο **Johansson**.



αναλογικό μετρητικό ρολοί

ψηφιακό μετρητικό ρολοί

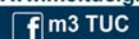
βάση

(οι φωτογραφίες είναι της Tesa)

<http://www.m3.tuc.gr>



Αναλογικά και ψηφιακά μετρητικά ρολόγια



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

10

9

8

7

6

5

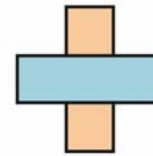
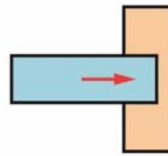
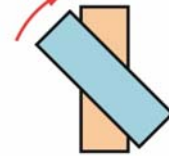
4

3

2

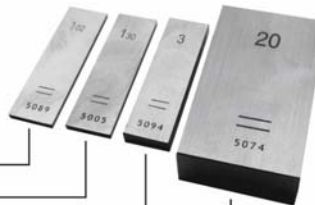
1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

προσέγγιση με
ελαφρά πίεσηπεριστροφή με
ελαφρά πίεσηΕπιθυμητή διάσταση: **25.32mm**

Διαδικασία: Απαλείφονται τα ψηφία στην επιθυμητή για σύνθεση διάσταση, από δεξιά προς τα αριστερά.

1.02
1.30
3.00
20.00
25.32mm


<http://www.m3.tuc.gr>


Σύνθεση διάστασης με πρότυπα πλακίδια Johansson



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

19

10

9

8

7

6

5

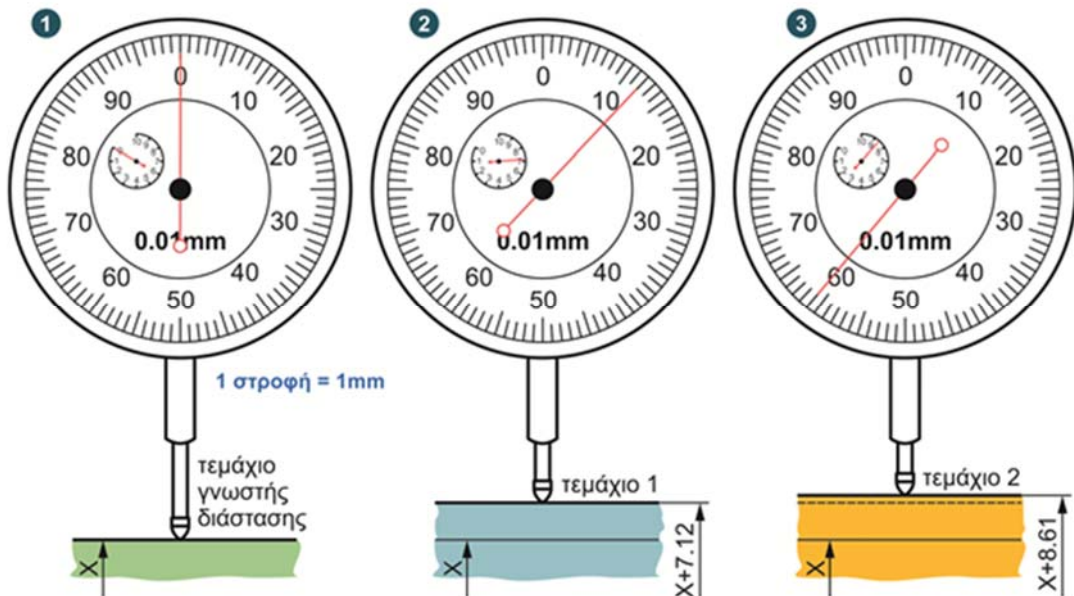
4

3

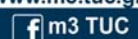
2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ


<http://www.m3.tuc.gr>


Συγκριτική μέτρηση με μετρητικό ρολόι ακρίβειας 0.01mm



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

20

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

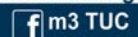
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



Η συγκριτική μέτρηση ανάμεσα στο τεμάχιο γνωστής διάστασης X στο τεμάχιο 1 υλοποιείται με την ανάγνωση της περιστροφής των δύο δεικτών. Στην περίπτωση του παραδείγματος, ο μικρός δείκτης έχει περιστραφεί κατά 12 υποδιαίρεσεις και ακόμα ο μεγάλος δείκτης κατά επιπλέον 29 υποδιαίρεσεις. Έτσι η νέα διάσταση είναι μεγαλύτερη από την αρχική κατά $12 \cdot 0.2 + 29 \cdot 0.002 = 2.458\text{mm}$

<http://www.m3.tuc.gr>


Συγκριτική μέτρηση με μετρητικό ρολοί ακρίβειας 0.002mm



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

21

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

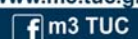
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



Η μεγάλη κλίμακα χωρίζεται σε 200 υποδιαίρεσεις που κάθε μία αντιστοιχεί σε μετακίνηση της ακίδας κατά 0.001mm. Έτσι, μία πλήρης στροφή του μεγάλου δείκτη αντιστοιχεί σε μετατόπιση της ακίδας κατά 0.2mm. Αντίστοιχα η μικρή κλίμακα είναι χωρισμένη σε υποδιαίρεσεις που αντιστοιχούν σε μετακίνηση ακίδας κατά 0.2mm, έτσι ώστε η συνολική μετατόπιση της ακίδας είναι 5mm.

<http://www.m3.tuc.gr>


Συγκριτική μέτρηση με μετρητικό ρολοί ακρίβειας 0.001mm



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

22



ψηφιακό μετρητικό ρολοί σε βάση με πλάκα αναφοράς



ψηφιακό μετρητικό ρολοί σε μαγνητική βάση



ψηφιακό μετρητικό ρολοί σε αρθρωτή διάταξη με μαγνητική συγκράτηση



αναλογικό μετρητικό ρολοί για μέτρηση πάχους ελασμάτων

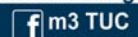
Το μετρητικό ρολοί βρίσκει εφαρμογή σε μετρήσεις για τον έλεγχο διαστάσεων κατασκευασμένων τεμαχίων, ιδιοσυσκευών ή ακόμα και φθοράς εξαρτημάτων. Ειδικά στις εργαλειομηχανές, η χρήση του μετρητικού ρολογιού είναι πολύ σημαντική για τον έλεγχο της επιπεδότητας ή της ευθυγραμμότητας των κατασκευασμένων τεμαχίων, κέντρων σπών τους ή άλλων κυλινδρικών μορφών καθώς και γενικά για το μηδενισμό στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση. Ιδιαίτερη χρήση γίνεται για τον έλεγχο ομοκεντρικότητας τεμαχίων εκ περιστροφής και ιδιαίτερα ατράκτων και αξόνων.

(οι φωτογραφίες είναι της Tesa)

<http://www.m3.tuc.gr>



Μετρητικό ρολοί σε πλάκα αναφοράς και σε αρθρωτή διάταξη



m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

23

Για τις μετρήσεις των γωνιών, η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται είναι η μία μοίρα [$^{\circ}$] που αντιστοιχεί στο $1/360$ της επίκεντρης γωνίας μιας πλήρους περιφέρειας κύκλου. Η μοίρα υποδιαιρείται σε 60 πρώτα λεπτά ($'$), ενώ κάθε πρώτο λεπτό υποδιαιρείται σε 60 δεύτερα λεπτά ($''$). Η πιο κλασική γωνία στις μηχανουργικές καταργασίες είναι η γωνία των 90° . Για να μπορεί να χαραχθεί ή ελεγχθεί μια γωνία 90° χρησιμοποιούνται πρότυπες μεταλλικές ορθές γωνίες, κατασκευασμένες συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα ή χάλυβα που έχει υποστεί θερμική καταργασία για αύξηση της αντοχής σε φθορά. Στο σχήμα παρουσιάζεται ο σωστός και οι λάθος τρόποι τοποθέτησης μιας γωνίας 90° .



①	②	③
75 x 50	15 x 5	7
100 x 70	20 x 5	7
150 x 100	28 x 6	8
200 x 130	32 x 7	9
250 x 165	35 x 8	10

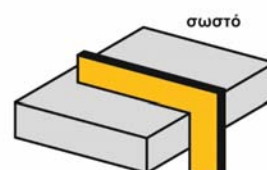
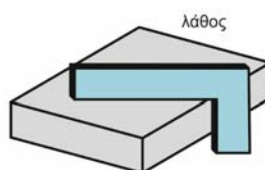
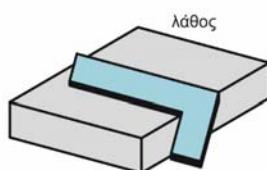


①	②	③
50 x 40	14 x 4.5	3
75 x 50	16 x 4	3
100 x 70	20 x 5	3
150 x 100	28 x 6	4
200 x 130	30 x 7	4

- ① μήκη πλευρών [mm]
② διατομή [mm]
③ ακρίβεια [μm]



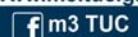
①	②	③
75 x 50	15 x 5	14
100 x 70	20 x 5	15
150 x 100	28 x 6	18
200 x 130	32 x 7	20
250 x 165	35 x 8	23
300 x 200	40 x 8	25
500 x 330	50 x 10	35
750 x 500	60 x 12	43
1000 x 660	70 x 14	60



<http://www.m3.tuc.gr>



Μέτρηση γωνιών



m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

24

10

9

8

7

6

5

4

3

2

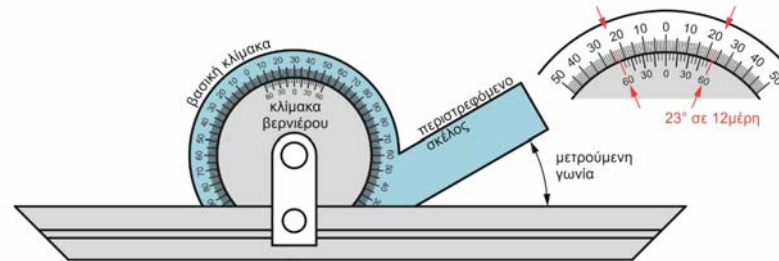
1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

(οι φωτογραφίες
είναι της Tesa)

αναλογικά γωνιόμετρα

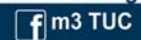
ψηφιακό γωνιόμετρο



Στο σχήμα φαίνεται ένα γωνιόμετρο με βερνιέρο στο οποίο η βασική κλίμακα είναι χαραγμένη στο περιστρεφόμενο σκέλος ενώ η κλίμακα του βερνιέρου παραμένει σε σταθερή θέση. Δεξιά στο σχήμα παρουσιάζεται η σχέση της κλίμακας του βερνιέρου με τη βασική κλίμακα. Είκοσι τρεις μοίρες δεξιά και αριστερά της θέσης μηδέν της βασικής κλίμακας χωρίζονται σε δώδεκα μέρη στην κλίμακα του βερνιέρου. Αυτό έχει ως συνέπεια η διαφορά δύο υποδιαιρέσεων της βασικής κλίμακας που ισούνται με δύο μοίρες, να διαφέρουν από μία υποδιείρεση της κλίμακας του βερνιέρου κατά $2^{\circ}-23'/12=1/12^{\circ}$ δηλαδή 0.05° που ισοδυναμούν με $5'$.

<http://www.m3.tuc.gr>


Αναλογικά και ψηφιακά γωνιόμετρα



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

25

10

9

8

7

6

5

4

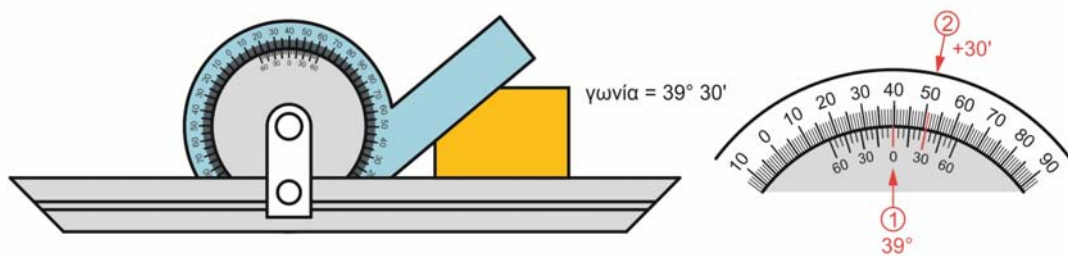
3

2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

Η μέτρηση με το γωνιόμετρο με βερνιέρο ακολουθεί δύο φάσεις, όπως και στις μετρήσεις με το παχύμετρο. Στην πρώτη φάση το ακέραιο μέρος της μέτρησης φαίνεται από τη θέση του μηδέν της κλίμακας του βερνιέρου, που για την περίπτωση του παραδείγματος του σχήματος 9.35, έχει ξεπεράσει τις 39° της σταθερής κλίμακας.

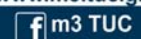


Από αυτήν τη φάση προκύπτει ότι η μετρούμενη γωνία είναι μεγαλύτερη των 39° , αλλά το πόσο μεγαλύτερη είναι το δείχνει η δεύτερη φάση στην οποία ελέγχεται η χαραγή εκείνη του βερνιέρου που είναι συνευθιακή με κάποια χαραγή της σταθερής κλίμακας. Από το σχήμα γίνεται φανερό ότι η 6η χαραγή του βερνιέρου (μετά τη χαραγή 0) ταυτίζεται με κάποια χαραγή της σταθερής κλίμακας και έτσι η περιστροφή που αντιστοιχεί σε 6 υποδιαιρέσεις του βερνιέρου προστίθεται στην αρχική διάσταση των 39° . Έτσι, η συνολική διάσταση της γωνίας προκύπτει:

$$\text{Γωνία} = 39^{\circ} + 6 \cdot 5' = 39^{\circ} 30'$$

<http://www.m3.tuc.gr>


Μέτρηση με γωνιόμετρο με βερνιέρο ακρίβειας $5'$



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

26

10

9

8

7

6

5

4

3

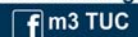
2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ


<http://www.m3.tuc.gr>


Παραδείγματα μετρήσεων με γωνιόμετρο ακρίβειας 5'



m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

27

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

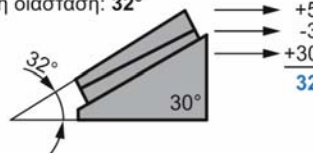
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

(οι φωτογραφίες
είναι της Tesa)



	Συλλογή γωνιακών πλακιδίων					
μοίρες [°]	45°	30°	15°	5°	3°	1°
πρώτα λεπτά [']	30'	20'	5'	3'	1'	
δεύτερα λεπτά ["]	30"	20"	5"	3"	1"	

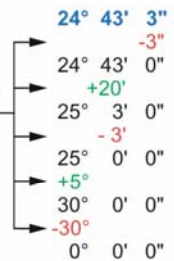
Επιθυμητή διάσταση: 32°



Επιθυμητή διάσταση: 24° 43' 3"

45°	30°	15°	5°	3°	1°
30'	20'	5'	3'	1'	
30"	20"	5"	3"	1"	

πλακίδια που
χρησιμοποιούνται



Διαδικασία: Απαλείφονται τα ψηφία στην επιθυμητή για σύνθεση διάσταση, από δεξιά προς τα αριστερά. Μπορούν να προστίθενται ή να αφαιρούνται γωνίες.

Σύνθεση γωνίας με πρότυπα γωνιακά πλακίδια

<http://www.m3.tuc.gr>


Πρότυπα πλακίδια γωνιών



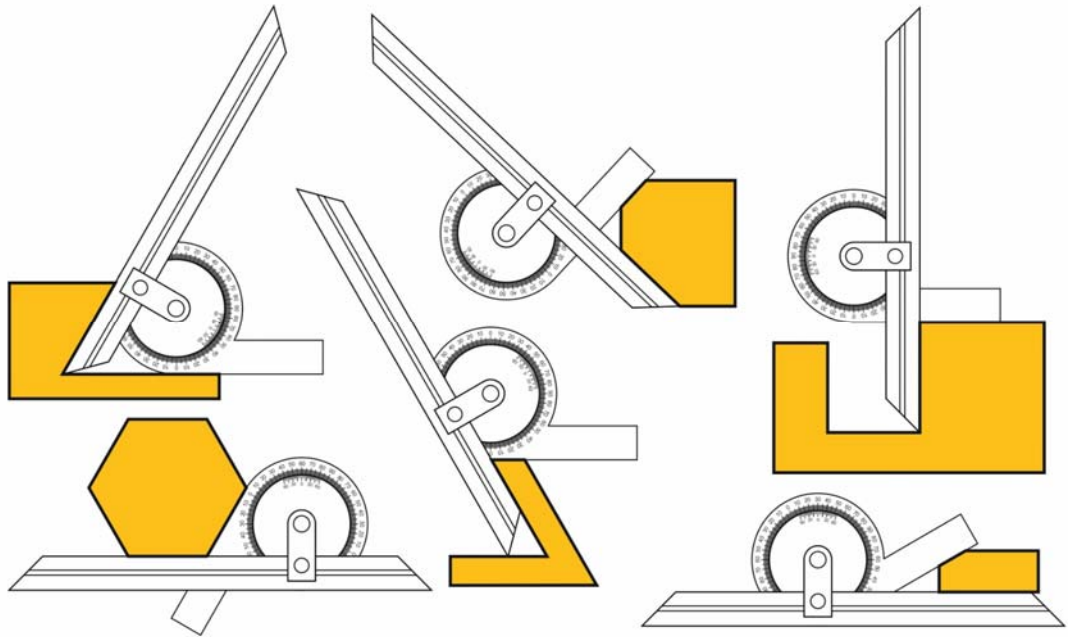
m3 TUC

2019-20



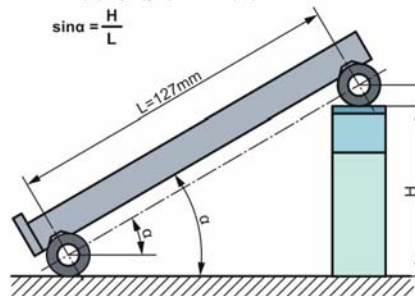
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

28



H = ύψος συνδιασμού πρότυπων πλακιδίων
L = μήκος της πρότυπου ράβδου

$$\sin \alpha = \frac{H}{L}$$



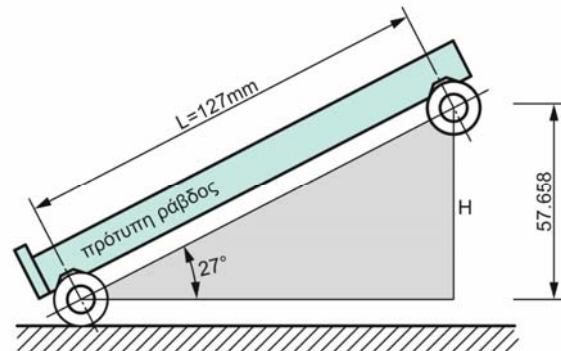
(οι φωτογραφίες είναι της Tesa)

Διαθέσιμα πρότυπα πλακίδια

1	1.001	1.002	1.003	1.004	1.005
1.006	1.007	1.008	1.009	1.01	1.02
1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08
1.09	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1.6	1.7	1.8	1.9	2	3
4	5	6	7	8	9
10	20	30	40	50	60
70	80	90	100		

$$\sin 27^\circ = 0.454$$

$$H = \sin 27^\circ \cdot L = 0.454 \cdot 127 = 57.658 \text{mm}$$



10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

Στη μέθοδο της εφαπτομένης, τα πρότυπα πλακίδια χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των δύο κάθετων πλευρών του ορθογωνίου τριγώνου, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του σχήματος. Για τον υπολογισμό αυτόν λαμβάνεται υπόψη το πρότυπο μήκος του κάθε πλακιδίου και το πλάτος του. Έτσι, προκειμένου να σχηματισθεί γωνία έστω 35° και με χρήση προτύπων πλακιδίων 25mm και 15mm, προκύπτει ότι απαιτείται σύνθεση πλακιδίων, στη δεξιά πλευρά της διάταξης, συνολικού μήκους **38.807mm** που διαμορφώνεται από τη σύνθεση των σκιασμένων πλακιδίων από τα διαθέσιμα του σχήματος.

Διαθέσιμα πρότυπα πλακίδια

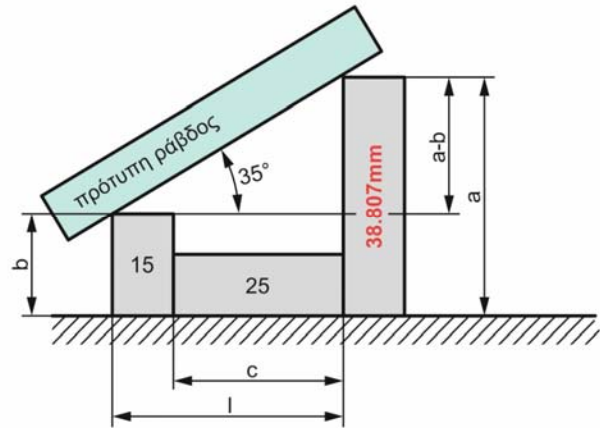
1	1.001	1.002	1.003	1.004	1.005
1.006	1.007	1.008	1.009	1.01	1.02
1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08
1.09	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1.6	1.7	1.8	1.9	2	3
4	5	6	7	8	9
10	20	30	40	50	60
70	80	90	100		

(πλάτος πλακιδίων 9mm)

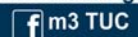
$$\tan 35^\circ = (a-b)/l$$

$$l = 25 + 9 = 34\text{mm}$$

$$a = l \cdot \tan 35^\circ + b = 34 \cdot 0.7002 + 15 = 38.807\text{mm}$$


<http://www.m3.tuc.gr>


Παράδειγμα σύνθεσης γωνίας με τη μέθοδο της εφαπτομένης



m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

31

10

9

8

7

6

5

4

3

2

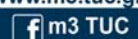
1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

Με μία απλή σύγκριση των δύο μεθόδων, ημιτόνου και εφαπτομένης, η μέθοδος του ημιτόνου εμφανίζεται απλούστερη μια και απαιτεί τη σύνθεση μόνο της καθετού του ορθογωνίου τριγώνου ενώ η μέθοδος εφαπτομένης απαιτεί και τη σύνθεση και της δεύτερης κάθετης πλευράς του. Έτσι η μέθοδος ημιτόνου προτιμάται, εκτός εάν δε διατίθεται πρότυπη ράβδος γνωστού μήκους. Παρά το απλό της διαδικασίας προσδιορισμού μιας επιθυμητής γωνίας, η χρήση των δύο αυτών μεθόδων ημιτόνου και εφαπτομένης, είναι συχνή στον έλεγχο και τη μέτρηση γωνιών και μάλιστα υπάρχουν ειδικές διατάξεις που υποστηρίζουν τις διαδικασίες αυτές, όπως **οι τράπεζες ημιτόνου του σχήματος**. Όπως είναι φανερό από το σχήμα, η μεσαία τράπεζα ημιτόνου δίνει τη δυνατότητα ρύθμισης γωνιών σε δύο κατευθύνσεις ενώ η τρίτη τράπεζα είναι ταυτόχρονα και περιστρεφόμενος διαιρέτης ώστε ένα τεμάχιο να βρίσκεται μεν σε γνωστή κλίση, όπως ρυθμίζεται με τη μέθοδο ημιτόνου, αλλά ταυτόχρονα να μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του.


<http://www.m3.tuc.gr>


Τράπεζες ημιτόνου



m3 TUC

2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

32

10

9

8

7

6

5

4

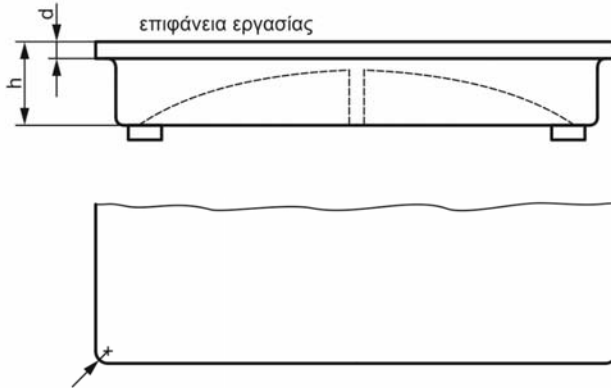
3

2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

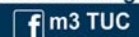
Προκειμένου να καθορίζεται ένα επίπεδο αναφοράς σε μία μέτρηση, χρησιμοποιούνται ειδικές πλάκες με μικρή ανοχή επιπεδότητας, οι οποίες ονομάζονται **πλάκες αναφοράς** και είναι συνήθως κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο ή γρανίτη. Η επιλογή του υλικού της πλάκας αναφοράς που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί γίνεται ανάλογα με τις συνθήκες χρήσης της. Ο κανονισμός **ISO 8512-1** του 1990 καθορίζει τις απαιτήσεις για τετράγωνες ή ορθογώνιες πλάκες αναφοράς από χυτοσίδηρο διαστάσεων από 160mm x 100mm έως 2500mm x 1600mm, σε τέσσερις κατηγορίες ακρίβειας (0, 1, 2 και 3). Αντίστοιχα, ο κανονισμός **ISO 8512-2** του 1990 περιγράφει τις απαιτήσεις από τις αντίστοιχες πλάκες αναφοράς από γρανίτη.



ISO 8512-1:1990

<http://www.m3.tuc.gr>


Χυτοσιδηρές πλάκες αναφοράς κατά ISO 8512-1



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

33

10

9

8

7

6

5

4

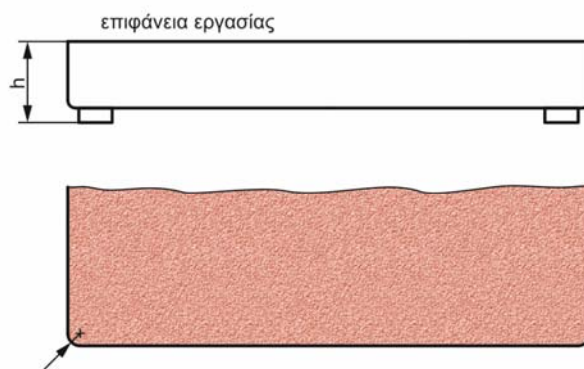
3

2

1

ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ

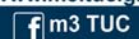
Αντίστοιχα με τις πλάκες αναφοράς από χυτοσίδηρο, στο σχήμα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά μιας πλάκας αναφοράς από γρανίτη ενώ οι ανοχές στις τέσσερις κατηγορίες ακρίβειας είναι ίδιες με τις αντίστοιχες για τις χυτοσιδηρές πλάκες αναφοράς. Και σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται δύο ανοχές επιπεδότητας, μια για τη συνολική επιφάνεια και μια για κάθε περιοχή της επιφάνειας εργασίας της πλάκας αναφοράς, διαστάσεων 250mm x 250mm.



ISO 8512-2:1990

<http://www.m3.tuc.gr>


Πλάκες αναφοράς από γρανίτη κατά ISO 8512-2



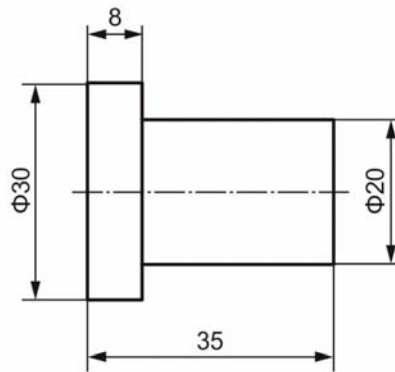
2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

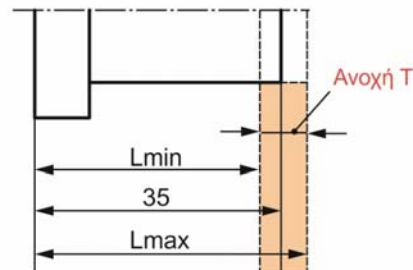
34

- Ανοχές διαστάσεων
- Συναρμογές

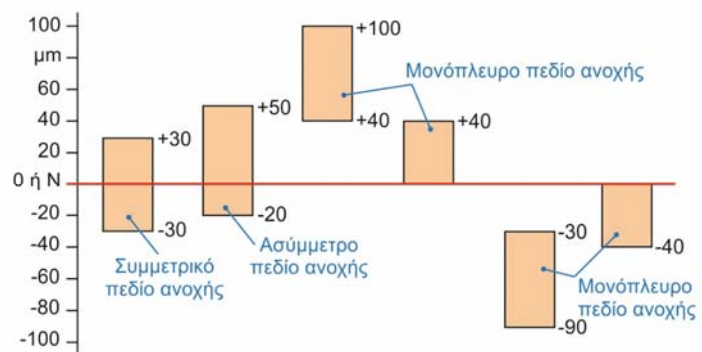
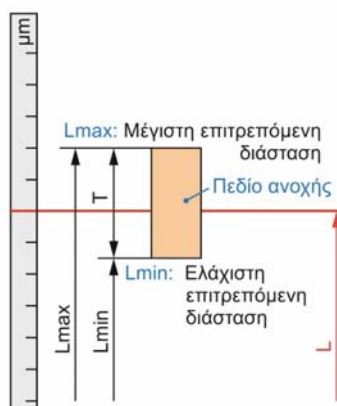


L_{max} : Μέγιστη επιτρεπόμενη διάσταση
 L_{min} : Ελάχιστη επιτρεπόμενη διάσταση

$$\text{Ανοχή } T = L_{max} - L_{min}$$



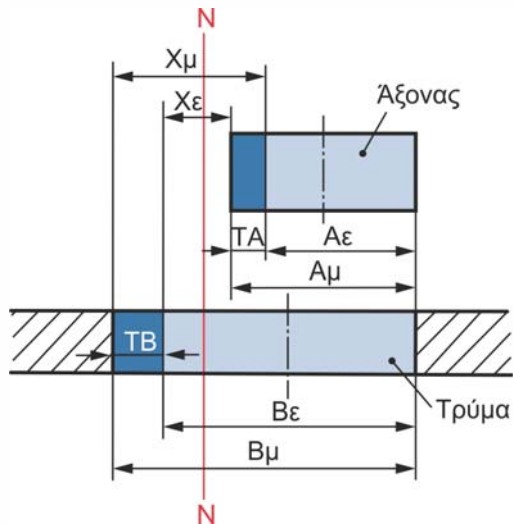
Η διαφορά ανάμεσα στην μέγιστη και την ελάχιστη επιτρεπόμενη διάσταση κατά την κατασκευή ονομάζεται **ανοχή διάστασης** και παίρνει τιμές μερικών μικρών (μ)



Για κάθε διάσταση ορίζεται γραφικά ένα ορθογώνιο που χαρακτηρίζει ένα πεδίο τιμών για τη διάσταση αυτή που ονομάζεται **πεδίο ανοχής**.

Τα πεδία ανοχών χαρακτηρίζονται σε **συμμετρικά**, **ασύμμετρα** και **μονόπλευρα**, ανάλογα με τη θέση τους ως προς την κεντρική γραμμή που αντιπροσωπεύει είτε το μηδέν, είτε την διάσταση N .

Η συνεργασία ανάμεσα σε δύο διαφορετικά εξαρτήματα που συνήθως το ένα χαρακτηρίζεται ως **αρσενικό** (για κυλινδρικά τεμάχια ονομάζεται **άξονας**) ενώ το άλλο ως **θηλυκό** (για κυλινδρικά τεμάχια ονομάζεται **τρύμα**) καλείται **συναρμογή**.



Ονομαστική διάσταση N [mm]: Είναι η επιθυμητή διάσταση, δηλαδή αυτή που αναγράφεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Οριακές διαστάσεις άξονα Aμ και Aε: Είναι η μέγιστη και η ελάχιστη διάσταση του άξονα. Ανάμεσα σε αυτές τις δύο διαστάσεις πρέπει να βρίσκεται η διάσταση του άξονα μετά την κατασκευή του.

Οριακές διαστάσεις τρύματος Bμ και Bε: Είναι η μέγιστη και η ελάχιστη διάσταση του τρύματος. Ανάμεσα σε αυτές τις δύο διαστάσεις πρέπει να βρίσκεται η διάσταση του τρύματος μετά την κατασκευή του.

Χάρη: Είναι η διαφορά στις διαστάσεις εξαρτημάτων που πρόκειται να συναρμολογηθούν. Στην περίπτωση συστήματος άξονα-τρύμα, χάρη είναι η διαφορά της πραγματικής διάστασης του άξονα από την πραγματική διάσταση του τρύματος, στην περίπτωση που η διάσταση του τρύματος είναι μεγαλύτερη από εκείνη του άξονα.

Μέγιστη χάρη συναρμογής Xμ: Είναι η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη διάσταση του τρύματος και την ελάχιστη διάσταση του άξονα. $Xμ = Bμ - Aε$

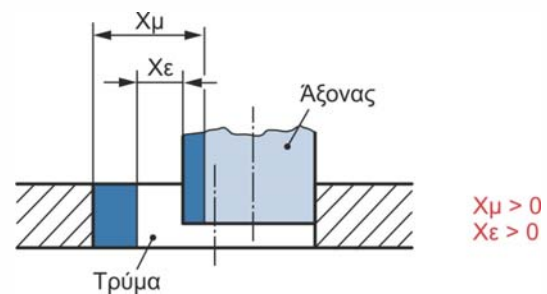
Ελάχιστη χάρη συναρμογής Xε: Είναι η διαφορά ανάμεσα στην ελάχιστη διάσταση του τρύματος και την μέγιστη διάσταση του άξονα. $Xε = Bε - Aμ$

Μέση χάρη XM: Είναι η τιμή της χάρης όταν οι πραγματικές διαστάσεις του άξονα και του τρύματος είναι στη μέση του πεδίου ανοχής. Η μέση χάρη είναι γενικά επιθυμητή μια και με αυτόν τον τρόπο δεν προκύπτουν ελαττωματικές διαστάσεις. $XM = (Xε + Xμ) / 2$

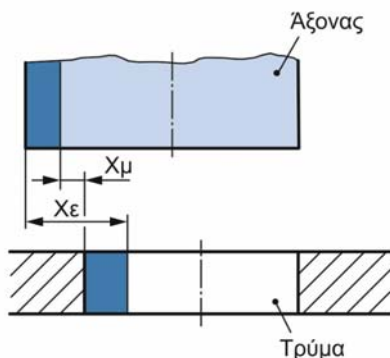
Τα είδη των συναρμογών που εμφανίζονται στη μηχανολογία είναι τέσσερα:

- οι ελεύθερες συναρμογές,
- οι συναρμογές ολίσθησης ($Xε = 0, Xμ > 0$)
- οι συναρμογές αμφίβολης σύσφιξης και
- οι σφικτές συναρμογές

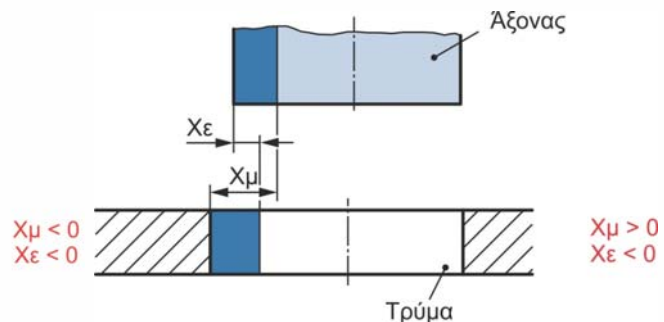
Ελεύθερη συναρμογή

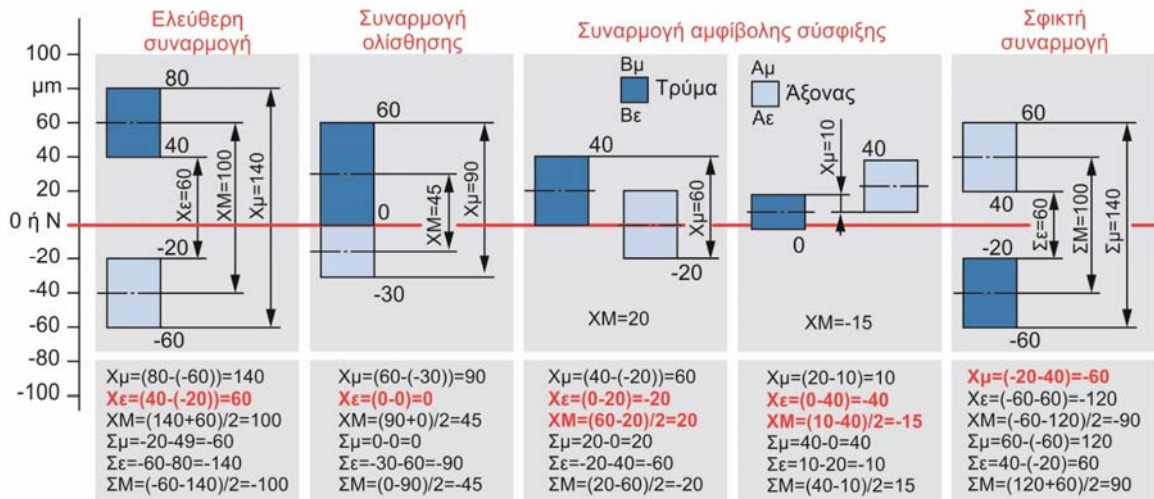


Σφικτή συναρμογή



Συναρμογή αμφίβολης σύσφιξης

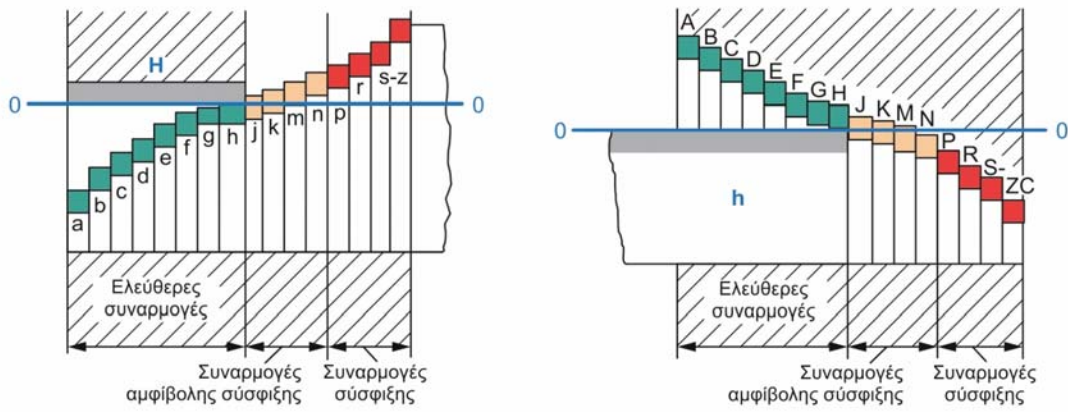




Σύμφωνα με την τυποποίηση κατά ISO, για το μέγεθος της ανοχής σε μία συναρμογή χρησιμοποιείται η ποιότητα της ανοχής ενώ για τη θέση του πεδίου ανοχής, ως προς την μηδενική γραμμή, έχουν καθορισθεί **κατηγορίες ανοχής**.

	Διαστάσεις σε mm															
	έως 3	3 έως 6	6 έως 10	10 έως 18	18 έως 30	30 έως 50	50 έως 80	80 έως 120	120 έως 180	180 έως 250	250 έως 315	315 έως 400	400 έως 500			
IT01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4			
IT0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6			
IT1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8			
IT2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10			
IT3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15			
IT4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20			
IT5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	26	27			
IT6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40			
IT7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63			
IT8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97			
IT9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155			
IT10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250			
IT11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400			
IT12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630			
IT13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970			
IT14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550			
IT15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500			
IT16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000			
IT17	1000	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300			
IT18	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700			

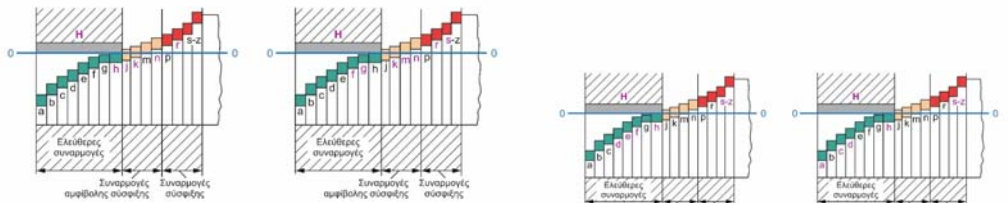
Το μέγεθος της ανοχής οριοθετείται σε 20 **ποιότητες ανοχών** που χαρακτηρίζονται με τους συμβολισμούς IT01, IT0, IT1, IT2 έως IT18.



Για τη θέση του πεδίου ανοχής, ως προς την μηδενική γραμμή, έχουν καθορισθεί **είκοσι οχτώ κατηγορίες** που χαρακτηρίζουν το είδος της συναρμογής. Από τις κατηγορίες αυτές **οι ένδεκα είναι ελεύθερες συναρμογές, οι επτά είναι συναρμογές αμφίβολης σύσφιξης και δέκα είναι σφικτές συναρμογές**. Για το συμβολισμό αυτών των κατηγοριών χρησιμοποιούνται Λατινικά γράμματα, κεφαλαία όταν αφορούν τα τρύματα και μικρά γράμματα όταν αφορούν άζονες. Οι χρησιμοποιούμενοι ανά περίπτωση Λατινικοί χαρακτήρες είναι :

Τρύματα: A, B, C, (CD), D, E, (EF), F, (FG), G, H, J, (Js), K, M, N, P, R, S, T, U, (V), X, (Y), Z, ZA, ZB, ZC
Άζονες: a, b, c, (cd), d, e, (ef), f, (fg), g, h, j, (js), k, m, n, p, r, s, t, u, (v), x, (y), z, za, zb, zc.

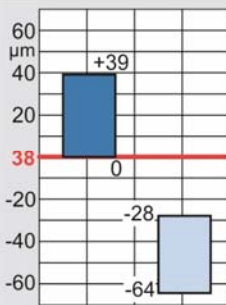
Πεδία ανοχής αξόνων & τρυμάτων



N	H8	H5	H2	H1	H0.5	H0.25	H0.125	H0.063	H0.031	H0.016	H0.008	H0.004	H0.002	H0.001	H0.0005	H0.00025	H0.000125	H0.000063	H0.000031	H0.000016	H0.000008	H0.000004	H0.000002	H0.000001							
...3	+8	0	-4	+8	+8	+14	+10	-6	-2	0	+6	+8	+10	+16	+20																
3..6	+8	0	-4	+8	+8	+14	+10	-6	-2	0	+6	+8	+10	+16	+20																
6..10	+8	0	-4	+8	+8	+14	+10	-6	-2	0	+6	+8	+10	+16	+20																
10..14	+11	0	-6	+12	+12	+20	+15	-8	-4	0	+12	+18	+23	+34	+39																
14..18	0	-8	-3	+1	+12	+23	0	-34	-17	-11	+1	+7	+12	+23	+28																
18..24	+13	0	+9	+15	+24	+37	+21	-20	-7	0	+15	+21	+28	+41	+48																
24..30	0	-9	-4	+2	+15	+28	0	-41	-20	-13	+2	+8	+15	+28	+35																
30..40	+16	0	+11	+18	+28	+45	+25	-25	-9	0	+18	+25	+33	+50	+59																
40..50	0	-9	-5	+2	+17	+34	0	-50	-25	-16	+2	+9	+17	+34	+43																
50..65	+19	0	+12	+21	+33	+54	+30	-30	-10	0	+21	+30	+39	+61	+73																
65..80	0	-11	-7	+2	+20	+43	0	-60	-29	-19	+2	+11	+20	+42	+59																
80..100	+22	0	+13	+25	+38	+66	+35	-36	-12	0	+25	+35	+45	+71	+93																
100..120	0	-15	-9	+3	+29	+60	0	-71	-34	-22	+3	+13	+23	+54	+79																
120..140	+25	0	+14	+28	+45	+81	+40	-43	-14	0	+28	+40	+52	+90	+127																
140..160	0	-18	-11	+3	+27	+60	0	-83	-39	-6	+3	+5	+27	+65	+100																
160..180	+28	0	+16	+33	+51	+93	+46	-50	-15	0	+33	+46	+60	+109	+159																
200..225	+29	0	-20	+13	+4	+31	+107	-80	-44	-25	+4	+17	+31	+61	+103																
225..250	+32	0	+16	+36	+57	+104	+54	-54	-17	0	+36	+52	+66	+124	+189																
250..280	+32	0	+16	+36	+57	+104	+54	-54	-17	0	+36	+52	+66	+124	+189																
280..315	0	-23	-16	+4	+34	+74	0	-108	-49	-32	+4	+20	+34	+70	+122																
315..355	+36	0	+18	+40	+62	+117	+60	-60	-20	0	+40	+57	+73	+138	+208																
355..400	0	-25	-18	+4	+37	+84	0	-139	-69	-44	+5	+27	+45	+98	+159																
400..450	+40	0	+20	+45	+67	+126	+63	-68	-20	0	+45	+63	+80	+136	+212																
450..500	0	-27	-20	+5	+40	+93	0	-131	-60	-40	+5	+23	+40	+92	+152																

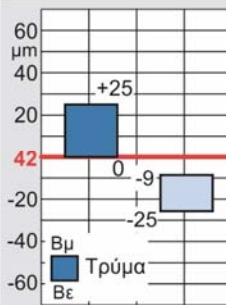
Απόσπασμα από DIN ISO 286-2

$$\Phi 38 \frac{H8}{f9} = \frac{38 \begin{matrix} +39 \\ 0 \\ -28 \\ -64 \end{matrix}}{38 \begin{matrix} -28 \\ -64 \end{matrix}}$$



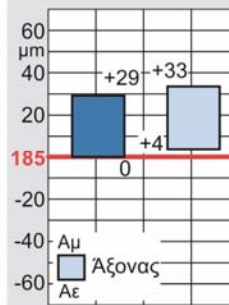
$X_e = (0 - (-28)) = 28$
εφόσον $X_e > 0$ η συναρμογή είναι ελεύθερη

$$\Phi 42 \frac{H7}{g6} = \frac{42 \begin{matrix} +25 \\ 0 \\ -9 \\ -25 \end{matrix}}{42 \begin{matrix} -9 \\ -25 \end{matrix}}$$



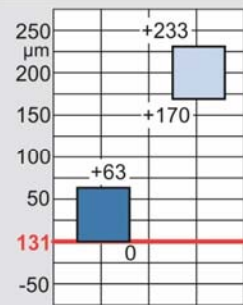
$X_e = (0 - (-9)) = 9$
εφόσον $X_e > 0$ η συναρμογή είναι ελεύθερη

$$\Phi 185 \frac{H6}{k6} = \frac{185 \begin{matrix} +29 \\ 0 \\ +33 \\ 185+4 \end{matrix}}{185 \begin{matrix} +33 \\ 185+4 \end{matrix}}$$



$X_m = (29 - 4) = 25$
 $X_e = (0 - 33) = -33$
άρα η συναρμογή είναι αμφίβολης σύμφιξης

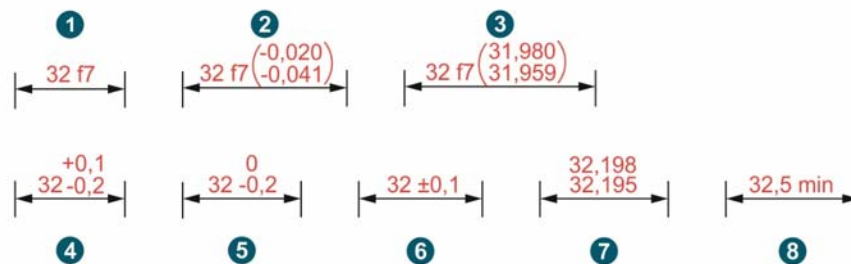
$$\Phi 131 \frac{H8}{u8} = \frac{131 \begin{matrix} +63 \\ 0 \\ +233 \\ 131+170 \end{matrix}}{131 \begin{matrix} +233 \\ 131+170 \end{matrix}}$$



$X_m = 63 - 170 = -107$
εφόσον $X_m < 0$ η συναρμογή είναι σφικτή

Οι βασικοί κανόνες τοποθέτησης ανοχών σε διαστάσεις είναι:

- Γενικά μια διάσταση που περιλαμβάνει ανοχή πρέπει να καταχωρείται με κατάλληλη σειρά, πρώτα η βασική διάσταση ακολουθούμενη από το συμβολισμό της ανοχής (**περίπτωση 1**) ή πρώτα η βασική διάσταση ακολουθούμενη από τις οριακές τιμές της ανοχής (**περίπτωση 4**).
- Εάν, συμπληρωματικά με το συμβολισμό της ανοχής είναι απαραίτητο να δοθούν και οι οριακές τιμές της τότε αυτές τοποθετούνται μέσα σε παρένθεση (**περίπτωση 2**).
- Το ίδιο συμβαίνει εάν αντί των οριακών τιμών της ανοχής χρειάζεται να δοθούν οι οριακές τιμές της διάστασης (**περίπτωση 3**).
- Στην περίπτωση που ένα από τα δύο όρια είναι ίσο με μηδέν, στην κατάλληλη θέση τοποθετείται το ψηφίο 0 (**περίπτωση 5**).
- Όταν η ανοχή είναι συμμετρική γύρω από τη βασική διάσταση, τότε οι οριακές τιμές της ανοχής μπορούν να τοποθετηθούν σε μία σειρά με τη χρήση του συμβόλου \pm ακολουθούμενο από την τιμή του ορίου (**περίπτωση 6**).
- Αντί της βασικής διάστασης μπορεί να τοποθετηθούν το κάτω και το πάνω όριο της διάστασης όπως στην **περίπτωση 7** του σχήματος.
- Αν η διάσταση πρέπει να περιοριστεί σε μία κατεύθυνση αυτό μπορεί να καταχωρηθεί με τη χρήση του συμβόλου «min» ή «max», όπως φαίνεται στην **περίπτωση 8** του σχήματος.



10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

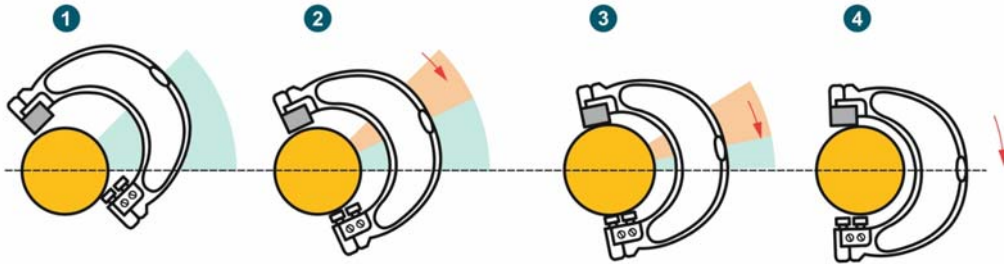
ΜΕΤΡΟΤΕΧΝΙΑ



ελεγκτήρες οπών



πεταλοειδής ελεγκτήρας αξόνων



<http://www.m3.tuc.gr>



Ελεγκτήρες οπών και αξόνων



2019-20



School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis