

**Liviu Adrian Crișan**

**Mihai Tripa**

**Pop Grigore Marian**

# **CONTROL DIMENSIONAL**

**Lucrări de laborator**

## Cuprins

<b>CALE PLAN-PARALELE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Scopul lucrării.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Considerații teoretice .....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Formarea blocurilor de cale .....	5
<b>1.3. Utilizarea calelor plan-paralele .....</b>	<b>6</b>
1.3.1. Verificarea dimensiunilor utilizând cale plan-paralele.....	7
1.3.2. Verificarea corectitudinii indicațiilor aparatelor comparatoare mecanice .....	7
<b>1.4. Rezultate și modul de lucru .....</b>	<b>8</b>
<b>MĂSURAREA DIMENSIUNILOR CU AJUTORUL ȘUBLERELOR .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Scopul lucrării.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Considerații teoretice .....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Șublerul mecanic cu vernier .....	10
2.2.2. Părțile componente ale șublerului mecanic cu vernier.....	12
2.2.3. Principiul vernierului .....	13
2.2.4. Șublere mecanice cu cadran circular .....	14
2.2.5. Șublerele digitale.....	15
2.2.6. Recomandări la utilizarea șublerelor .....	16
2.2.7. Șublere de construcții speciale.....	18
<b>2.3. Rezultate și modul de lucru .....</b>	<b>21</b>
<b>MĂSURAREA DIMENSIUNILOR LINIARE UTILIZÂND MICROMETRELE.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1. Scopul lucrării.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2. Considerații teoretice .....</b>	<b>23</b>
3.2.1. Micrometrul .....	23
3.2.2. Utilizarea micrometrelor .....	26
<b>3.3. Verificarea suprafețelor de măsurare ale micrometrelor.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4. Micrometre cu destinații specifice (de construcții speciale) .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5. Rezultate și modul de lucru .....</b>	<b>30</b>
<b>MĂSURAREA DIMENSIUNILOR UTILIZÂND MICROMETRUL DIGITAL, DE EXTERIOR, PENTRU INTERVALUL 0-30MM ȘI PROGRAMUL DATA AQUISITION.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Conectarea la calculator a micrometrelor.....</b>	<b>31</b>
4.1.1. Interfața programului Gage Wedge.....	31
4.1.2. Măsurarea dimensiunilor utilizând micrometrul digital, de exterior, pentru intervalul 0-30mm și programul Data Aquisition .....	32
<b>4.2. Rezultate și modul de lucru .....</b>	<b>39</b>
<b>MĂSURAREA DIMENSIUNILOR LINIARE CU APARATE MECANICE DE PRECIZIE RIDICATĂ.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1. Scopul lucrării.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2. Considerații teoretice .....</b>	<b>41</b>
5.2.1. Clasificarea aparatelor mecanice comparatoare .....	41
5.2.2. Condiții tehnice și verificarea comparatoarelor .....	44
<b>5.3. Măsurarea dimensiunilor exterioare utilizând comparatoarele cu cadran .....</b>	<b>45</b>
<b>5.4. Măsurarea dimensiunilor exterioare utilizând comparatoarele digitale .....</b>	<b>47</b>
<b>5.5. Măsurarea dimensiunilor liniare utilizând pasametrul .....</b>	<b>48</b>

5.6.	Comparatoare cu destinații specifice (de construcții speciale) .....	49
5.7.	Rezultate și modul de lucru .....	50
<b>CONTROLUL ȘI MĂSURAREA RUGOZITĂȚII SUPRAFEȚELOR .....</b>		<b>51</b>
6.1.	Scopul lucrării.....	51
6.2.	Considerații teoretice .....	51
6.2.1.	Definirea rugozității.....	51
6.2.2.	Parametri de rugozitate .....	52
6.2.3.	Sisteme de palpare .....	52
6.2.4.	Extragerea profilului prin palpare.....	53
6.3.	Măsurarea utilizând rugozimetrul Namicon Tr 100.....	54
6.4.	Evaluarea calitativă a rugozității, prin comparare cu mostre etalon de rugozitate.....	57
6.5.	Rezultate și modul de lucru .....	57
<b>MĂSURAREA UNGHIURILOR, ÎNCLINĂRILOR ȘI CONICITĂȚILOR.....</b>		<b>59</b>
7.1.	Scopul lucrării.....	59
7.2.	Considerații teoretice .....	59
7.3.	Măsurarea unghiurilor prin metode goniometrice folosind raportorul.....	60
7.4.	Determinarea dimensiunilor unghiulare prin metode trigonometrice.....	61
7.4.1.	Măsurarea alezajelor conice utilizând bile calibrate.....	61
7.4.2.	Măsurarea arborilor conici folosind role calibrate .....	62
7.4.3.	Măsurarea arborilor conici utilizând rigla sinus.....	63
7.5.	Verificarea unghiurilor utilizând măsuri rigide .....	65
7.6.	Rezultate.....	65
<b>Bibliografie.....</b>		<b>67</b>

# LUCRAREA 1.

## CALE PLAN-PARALELE

### 1.1. Scopul lucrării

Lucrarea are ca scop dezvoltarea abilității studenților de a verifica repere, puse la dispoziția lor, în cadrul laboratorului, utilizând calele plan-paralele. Studenții vor verifica, de asemenea, corectitudinea indicațiilor aparatelor comparatoare aflate în laboratorul de măsurări.

### 1.2. Considerații teoretice

Cala plan-paralelă este o măsură terminală de lungime în formă de paralelipiped dreptunghic, având două suprafețe de măsurare, plane și paralele, foarte bine finisate. Se confecționează din aliaje de oțel, carburi metalice pe bază de wolfram sau din materiale ceramice.

Materialul din care se confecționează calele plan-paralele trebuie să aibă:

- un coeficient de dilatare termică liniară bine precizat (cât mai mic posibil);
- duritate mare;
- stabilitate în timp.

$S_M$  – suprafețe de măsurare

$S_R$  – suprafață de referință

$l_m$  – lungime mediană

$M$  – centrul geometric al suprafeței de măsurare

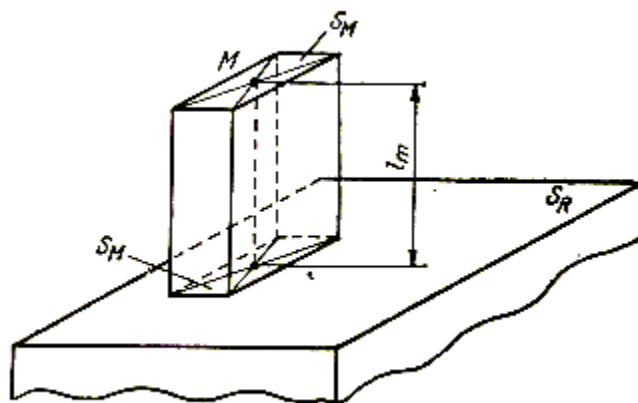


Figura 1.1. Elemente ale calei plan-paralele [POT 11]

Calele plan-paralele se execută în patru clase de precizie, notate cu: K, 0, 1 și 2 (cea mai precisă fiind clasa K, iar cea mai puțin precisă fiind clasa 2). Calele plan-paralele se execută cu lungimi nominale din serii în progresie aritmetică, conform tabelului 1.1.

Tabelul 1.1. Serii de cale

Număr de serie	Lungimi nominale [mm]		Rația seriei [mm]
	de la (inclusiv)	până la (inclusiv)	
1	1,0005	-	-
2	0,990	1,010	0,001
3	1,990	2,010	
4	9,990	10,010	
5	0,400	0,410	0,005
6	0,10	0,70	0,01
7	0,90	1,50	
8	2,00	3,00	
9	9,00	10,00	0,1
10	0,1	3,0	
11	0,5	25,0	
12	1	25	1
13	10	100	10
14	25	200	25
15	50	300	50
16	100	1000	100



Figura 1.2. Trusă de cale plan-paralele [MIT 12]

De regulă calele plan-paralele se livrează în truse (figura 1.2) unde o lungime nominală se regăsește o singură dată (cu excepția calelor de protecție). Alcătuirea truselor de cale prin alegerea convenabilă a seriilor de cale standardizate se face în așa fel încât cu o trusă de cale să se poată materializa orice dimensiune, cuprinsă între două limite.

Calele plan-paralele sunt utilizate la:

- verificarea, etalonarea și reglarea diferitelor aparate de măsură;
- verificarea și reglarea sculelor, dispozitivelor și mașinilor;
- verificări directe sau lucrări de trasaj.

La verificarea și etalonarea aparatelor de măsură se utilizează cale cu precizie mai mare decât precizia instrumentului verificat, iar pentru utilizări directe sau lucrări de trasaj sunt folosite cale de precizie scăzută.

Calele plan-paralele au următoarele proprietăți:

- duritatea minimă a suprafețelor de măsurare este de 62-65 HRC;
- rugozitatea fețelor de măsurare este  $R_a = 0,012\mu\text{m}$ ;
- coeficientul de dilatare termică liniară pentru oțel este  $\alpha = (11,5 \pm 1,5)10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , pentru intervalul de temperatură 10-30 °C.

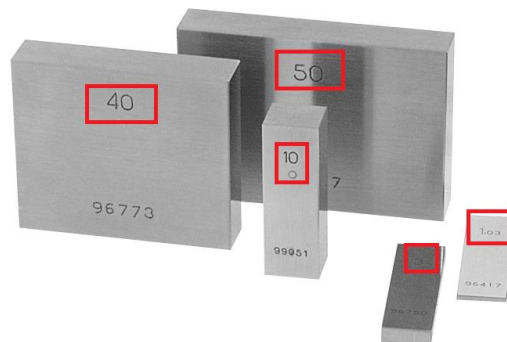


Figura 1.3. Cale plan-paralele [MIT 12]

Lungimea nominală a calei se înscrie pe una din suprafețele de măsurare, dacă  $L < 5,5\text{mm}$ , sau pe una din suprafețele laterale dacă  $L > 5,5\text{mm}$  (indicate cu roșu în figura 1.3). Suprafețele de măsurare sunt astfel prelucrate încât apare aderență între suprafețe plane de aceeași calitate. Pentru măsurare se folosește fie o singură cală, fie mai multe cale, ansamblul numindu-se bloc de cale, format prin aderență. Calele plan-paralele cu lungime nominală mai mare de 100 mm sunt prevăzute cu găuri, necesare fixării elementelor de legătură.

### 1.2.1. Formarea blocurilor de cale

Pentru a obține o lungime oarecare folosind calele plan-paralele, se poate forma un bloc de cale prin aderența mai multor cale. Pentru ca eroarea cumulată probabilă să fie cât mai mică, la formarea unui bloc de cale este recomandat să se utilizeze un număr minim de cale (exemplul din tabelul 1.2). Alegerea acestora se face plecând de la cala cu cea mai mică rație (materializând ultima zecimală a valorii lungimii în cauză) și continuând în același mod până la ultima cală care aparține seriei cu cea mai mare rație.

Tabelul 1.2. Alegerea calelor

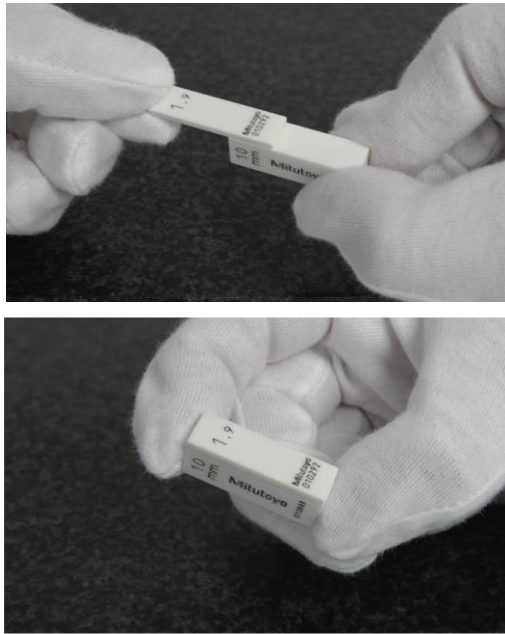


Figura 1.4. Formarea blocului de cale cu valoarea de 11.9 mm [MIT 11]

<b>Exemplu</b> pentru formarea unui bloc de cale la dimensiunea de 43,585 mm	
Dimensiunea primei cale	1,005 mm
Diferența de materializat	42,58 mm
Dimensiunea celei de a doua cale	1,08 mm
Diferența de materializat	41,5 mm
Dimensiunea celei de a treia cale	1,5 mm
Diferența de materializat	40 mm
Dimensiunea ultimei cale	40 mm

Practic, formarea blocului de cale se realizează, inițial, prin suprapunerea parțială a suprafețelor de măsurare, și apoi se apasă și se deplasează în lungul acestora până la suprapunerea totală (figura 1.4).

### 1.3. Utilizarea calelor plan-paralele

Calele plan-paralele se livrează împreună cu dispozitive auxiliare: suporturi culisanți și ciocuri (figura 1.5).



Figura 1.5. Accesorii pentru cale plan-paralele [MIT 11]



Figura 1.6. Verificarea unui alezaj cilindric [MIT 11]

### **1.3.1. Verificarea dimensiunilor utilizând cale plan-paralele**

În vederea verificării alezajelor cilindrice netede, se alege suportul și vârfurile corespunzătoare. Se vor forma două blocuri de cale având dimensiunilor limită prescrise ale alezajului de verificat, ținându-se cont de grosimea perechilor de vârfuri accesorii (2, 5 sau 10 mm). Blocul de cale se fixează în dispozitiv. Se verifică dacă o dimensiune astfel materializată este mai mare sau mai mică (nu trece sau trece) decât alezajul de verificat. Alezajul este bun, dacă blocul de cale având dimensiunea minimă intră în alezaj, iar blocul de cale având dimensiunea maximă nu intra în alezaj,. În caz contrar, piesa este rebut.

Verificarea arborilor se realizează în mod similar.

### **1.3.2. Verificarea corectitudinii indicațiilor aparatelor comparatoare mecanice**

Pentru verificarea corectitudinii indicațiilor unui aparat comparator mecanic (comparator cu cadran, ortotest, pasamtru, etc.) se procedează în felul următor:

- se identifică domeniul de măsurare al aparatului;
- se stabilesc dimensiuni ale blocurilor de cale într-o serie care să permită verificarea aparatului;
- se formează blocul de cale cu dimensiunea minimă din serie;
- se așează blocul astfel format pe masa aparatului și se reglează la dimensiunea minimă din domeniul de măsurare al aparatului;
- se înlocuiește blocul de cale cu următorul citindu-se indicația aparatului;
- se repetă operația până la epuizarea seriei;
- se constată dacă aparatul comparator verificat poate să fie folosit la măsurări.



## 1.4. Rezultate și modul de lucru

Activitatea practică se materializează prin formarea de blocuri de cale cu ajutorul cărora se vor verifica repere și aparate comparatoare puse la dispoziția studenților.

Tabelul 1.3. Rezultate

Dimensiune de verificat				
Caracteristică dimensională nominală întreagă (Dimensiunea nominală) [mm]				
Abaterea limită inferioară (ei, EI) [mm]				
Abaterea limită superioară (es, ES) [mm]				
Limita inferioară a dimensiunii (dimensiunea minimă admisă) [mm]				
Limita superioară a dimensiunii (dimensiunea maximă admisă) [mm]				
Dimensiunea minimă a blocului de cale [mm]				
Rezultatul verificării la dimensiunea minimă a blocului de cale (trece, nu trece)				
Dimensiunea maximă a blocului de cale [mm]				
Rezultatul verificării la dimensiunea maximă a blocului de cale (trece, nu trece)				
Concluzie (piesă bună/rebut)				

Tabelul 1.4. Rezultate

Denumirea aparatului		
Domeniul de măsurare [mm]		
Dimensiunea blocurilor de cale [mm]	Dimensiunea efectivă [mm]	Eroarea efectivă [mm]

## **LUCRAREA 2.**

### **MĂSURAREA DIMENSIUNILOR CU AJUTORUL ȘUBLERELOR**

#### **2.1. Scopul lucrării**

Lucrarea urmărește familiarizarea și formarea deprinderilor studenților de mânăuire a diferitelor tipuri de șublere. Utilizând aceste instrumente de măsură se vor măsura dimensiunile diferitelor repere, puse la dispoziția studenților.

#### **2.2. Considerații teoretice**

Șublerele sunt cele mai răspândite instrumente universale pentru măsurarea dimensiunilor liniare, fiind utilizate pe scară largă în industrie, având câteva avantaje evidente:

- simplitatea construcției;
- utilizare ușoară;
- posibilități de măsurare multiple;
- preț de cost redus.

Șublerele se pot clasifica după mai multe criterii:

- după destinație: șublere universale, șublere de interior-exterior, șublere de trasaj, șublere de adâncime sau șublere cu destinații speciale;
- după precizia de citire: de 0,1; 0,05; 0,02 și 0,01 mm;
- după limita de măsurare (L), L=150, 200, 300, 500, 1000, 1500, 2000;
- după varianta constructivă: șublere mecanice (cu vernier sau având cadran gradat), respectiv șublere digitale.

În figura 2.1 sunt prezentate posibilitățile de măsurare cu șublerul universal cu vernier.

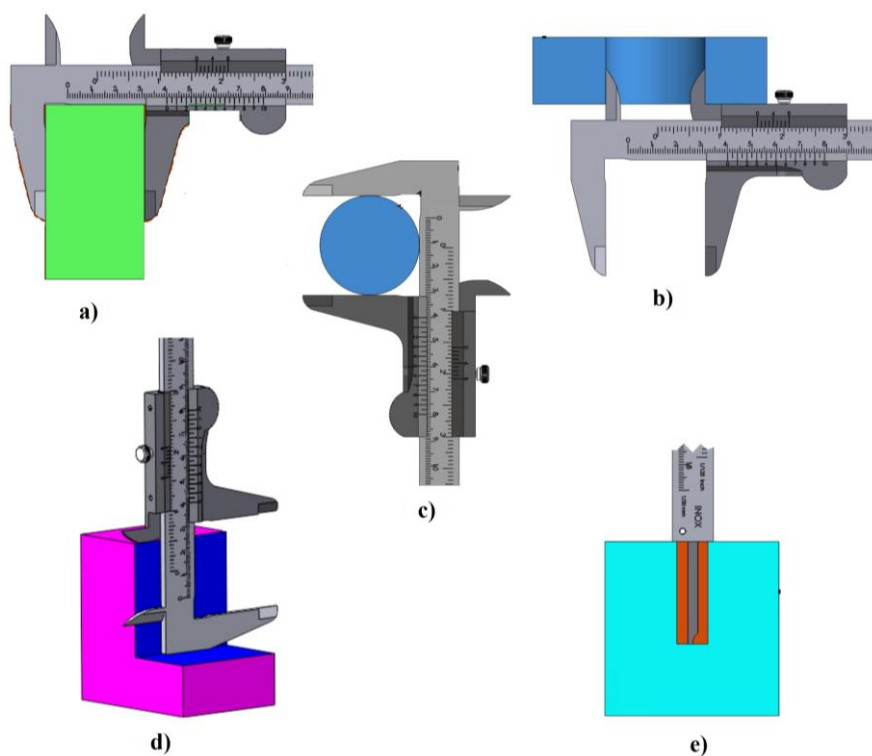


Figura 2.1. Posibilități de măsurare cu ajutorul șublerului universal cu vernier:

- a) măsurarea grosimii unei piese, b) măsurarea diametrului interior, c) măsurarea diametrului exterior, d) măsurarea unei trepte, e) măsurarea adâncimii unui canal.

### 2.2.1. Șublerul mecanic cu vernier

Vernierul liniar este o scară gradată suplimentară, gravată pe cursor, care servește la interpolarea (aproximarea) distanței de la ultimul reper de milimetru întreg de pe riglă la reperul de zero de pe cursor. Șublerele mecanice cu vernier (figura 2.2.) au avantajul unei construcții solide, rezistente în mediul industrial.

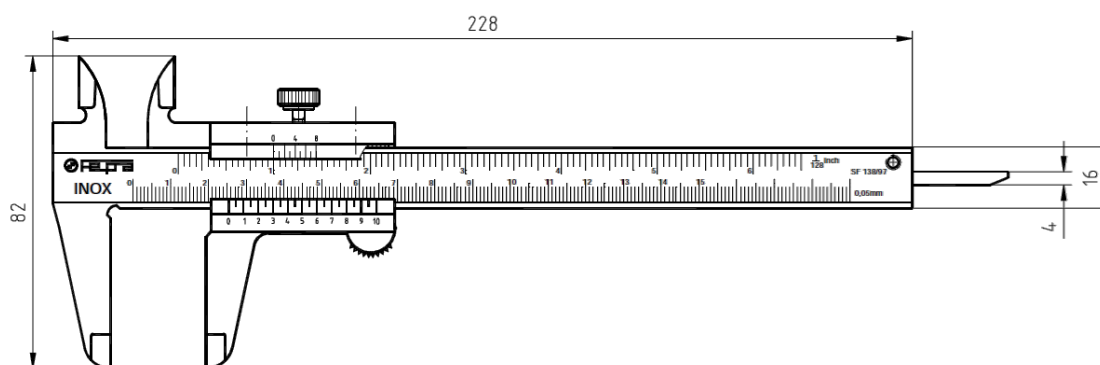


Figura 2.2. Șubler universal cu vernier [MIT 12]

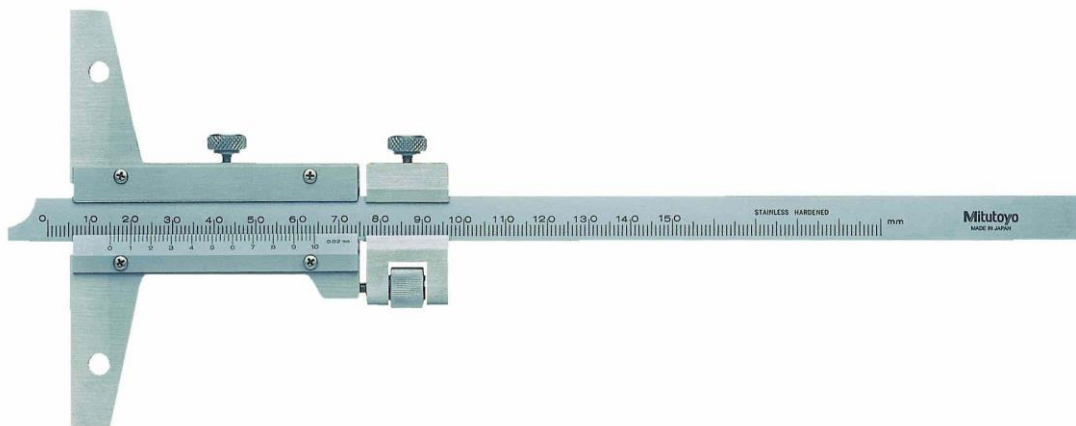


Figura 2.3. Șubler de adâncime cu vernier [MIT 12]

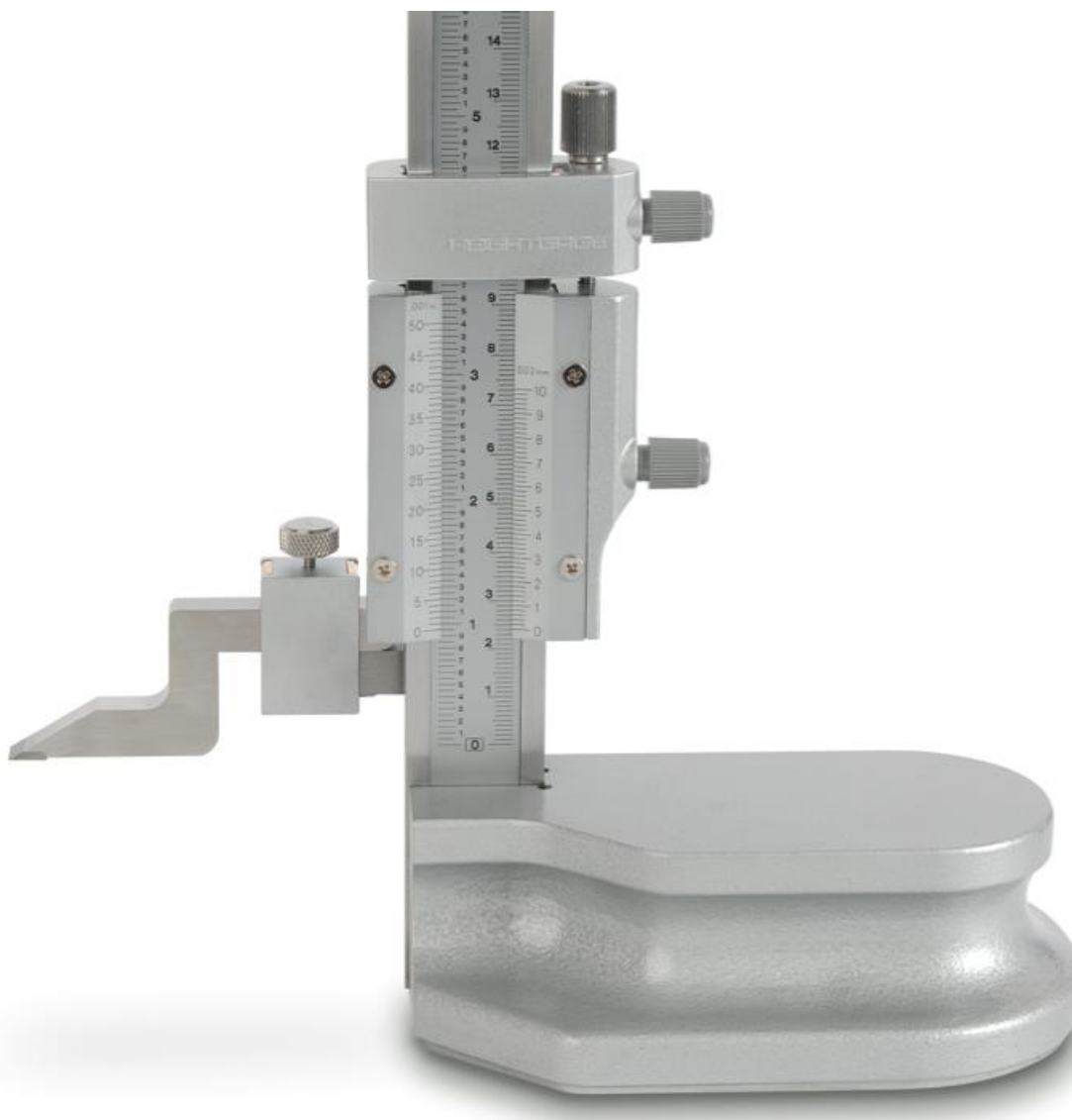


Figura 2.4. Șubler de trasaj cu vernier [MIT 11]

### 2.2.2. Părțile componente ale șublerului mecanic cu vernier

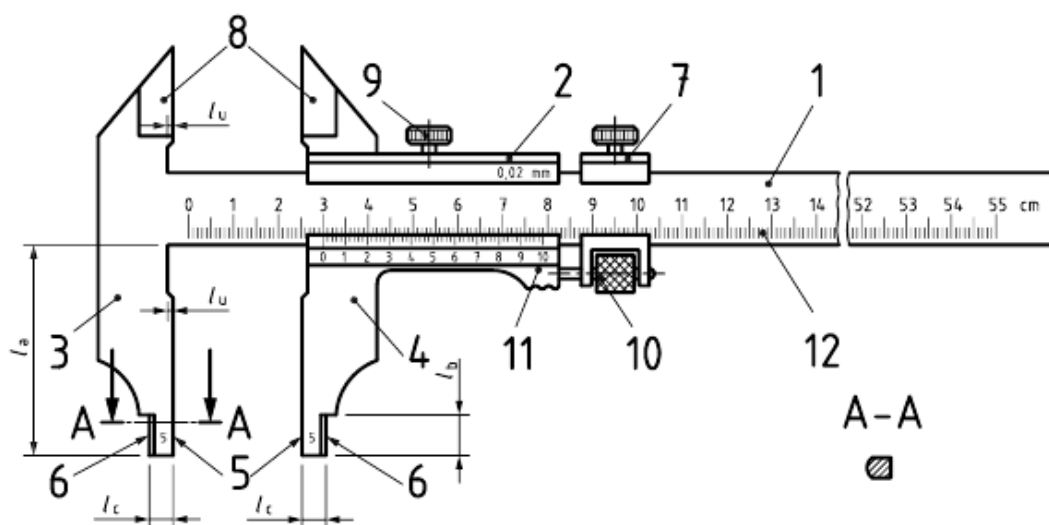


Figura 2.6. Componentele unui șubler de interior-exterior cu vernier [SRE 11-1]

În figura 2.6 sunt indicate părțile componente ale șublerului de interior-exterior cu vernier, unde:

- 1- riglă gradată;
- 2- cursorul;
- 3,4- ciocurile pentru măsurarea dimensiunilor interioare, respectiv interioare;
- 5- suprafețele de măsurare a dimensiunilor exterioare;
- 6- suprafețele de măsurare a dimensiunilor interioare;
- 7- șurubul de fixare a dispozitivului de avans fin;
- 8- ciocurile pentru măsurarea dimensiunilor exterioare;
- 9- șurubul de fixare a cursorului;
- 10- dispozitiv de avans fin;
- 11- vernierul;
- 12- scara gradată principală;
- $l_a$ - lungimea ciocurilor pentru interior/exterior;
- $l_b$ - lungimea suprafețelor de măsurare a dimensiunilor interioare;
- $l_c$ - grosimea ciocurilor de interior/exterior;
- $l_u$ - adâncimea degajării.

### 2.2.3. Principiul vernierului

Vernierul este o scară gradată cu ajutorul căreia se mărește precizia de citire a fracțiunilor de diviziuni de pe scara gradată principală. În figura 2.7 este prezentat vernierul șublerului cu precizie de măsurare de 0.1 mm. Acesta are o lungime de 29 mm.

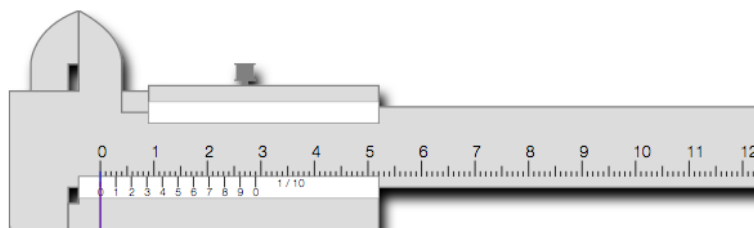


Figura 2.7. Poziția de 0 pentru un șubler mecanic cu precizie de 0.1 mm

Vernierul prezentat în figura 2.8 are o lungime de 39 mm și permite o precizie de citire de 0.05 mm.

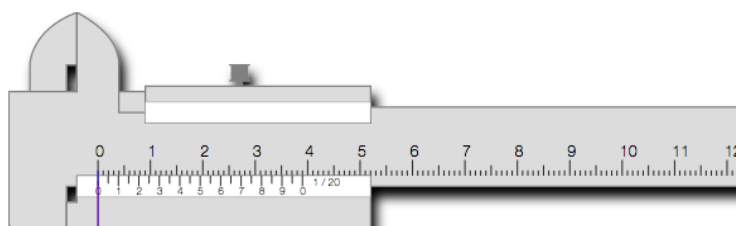


Figura 2.8. Poziția de 0 pentru un șubler mecanic cu precizie 0,05 mm

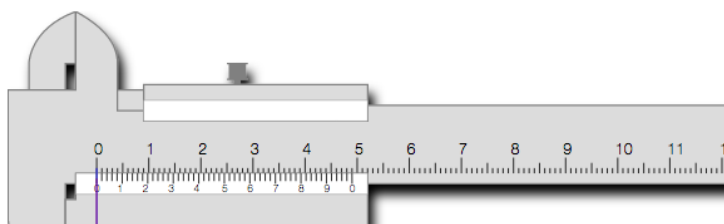


Figura 2.9. Poziția de 0 pentru un șubler mecanic cu precizie de 0,02 mm

Vernierul prezentat în figura 2.9 are o lungime de 49 de mm și o precizie de citire de 0.02 mm.

În figura 2.10 sunt prezentate exemple de citire utilizând șublere cu precizie de 0.05, respectiv 0.02 mm. Astfel:

- A – reprezintă milimetri întregi pe riglă până la reperul de „0” de pe vernier (dimensiunea în mm);

- B – reperul de pe veriner care se află în prelungirea unui reper de pe riglă (indică zecimile, respectiv sutimile de mm).

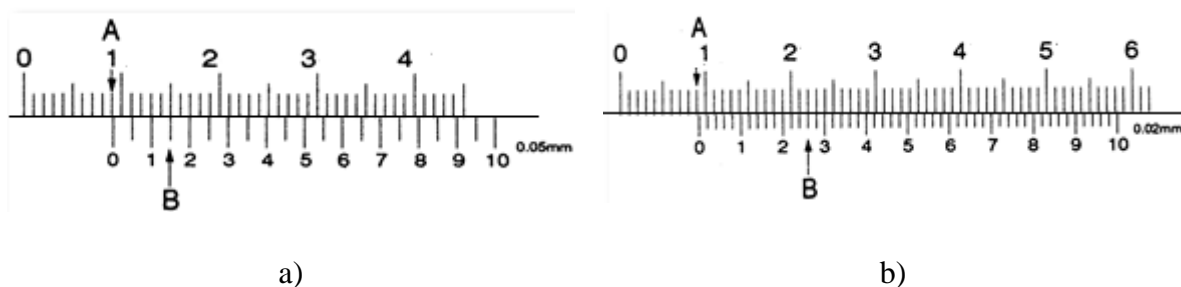


Figura 2.10. a) Exemplu de citire utilizând șublerul cu vernier cu precizie de 0.05 mm (dimensiunea indicată este: 9.15 mm), b) Exemplu de citire utilizând șublerul cu vernier cu precizie de 0.02 mm (dimensiunea indicată este: 9.26 mm) [MIT 11]

În figura 2.11, dimensiunea în milimetri, indicată până la gradația zero a vernierului este de 3 mm. Citirea zecimilor și sutimilor de milimetru se va efectua unde reperul de pe vernier care este perfect aliniat (în prelungire) cu oricare dintre reperele de pe rigla gradată principală. Reperul de 0.58 mm de pe vernier se află în prelungirea unui reper de pe scara principală. Dimensiunea măsurată este de 3.58 mm.

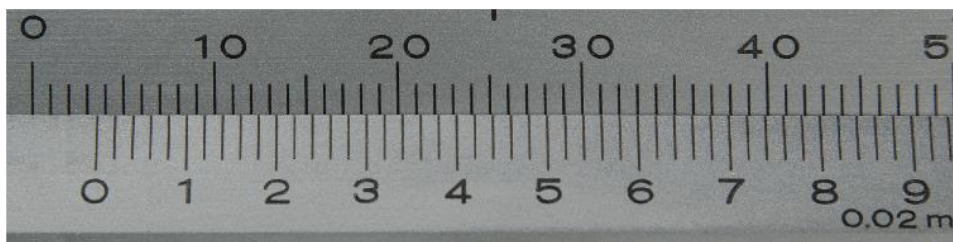


Figura 2.11. Exemplu de citire utilizând șublerul cu vernier cu precizie de 0.02 mm [MIT 11]

#### 2.2.4. Șublere mecanice cu cadran circular

În cazul acestor șublere amplificarea se realizează cu un sistem de roți dințate. Pe riglă este montată o cremalieră. Milimetrii întregi se citesc pe rigla, iar fracțiunile de milimetru se regăsesc pe cadran (sutimi).



Figura 2.12 Șubler universal cu cadran [MIT 11]

### 2.2.5. Șublerele digitale

Variantele moderne ale șublerelor sunt echipate cu afișaj digital. Șublerele digitale transformă mărimi electrice în valori corespunzătoare dimensiunii liniare măsurate.

Față de construcțiile mecanice, șublerele digitale prezintă următoarele avantaje [CRI 04]:

- indicații ușor de citit;
- eliminarea erorilor de parallaxă;
- valoarea măsurată este un semnal care poate fi înregistrat, transmis la distanță și folosit pentru analiză statistică;
- posibilitatea efectuării unor măsurări comparative (relative), având în vedere că indicația poate fi resetată la zero, în orice poziție a cursorului.



Figura 2.13. Șublerul cu afișaj digital [MIT 11]



### 2.2.6. Recomandări la utilizarea șublerelor

Înainte de efectuarea măsurărilor propriu-zise se va verifica:

- aspectul exterior al șublerului, domeniul de măsurare, construcția și eroarea de indicație;
- nu se admite ca pe suprafețele de măsurare ale șublerelor să existe urme de lovituri, zgârieturi, coroziune sau alte defecte care ar putea influența precizia de măsurare;
- atunci când reperul zero de pe vernier corespunde cu reperul zero de pe scara gradată principală, nu trebuie să existe fantă de lumină între suprafețele de măsurare a dimensiunilor exterioare;
- determinarea erorii de indicație a șublerelor se face cu ajutorul calelor plan-paralele

Măsurarea propriu-zisă:

- se deblochează atât șurubul cursorului cât și șurubul dispozitivului de avans fin (dacă este cazul), se depărtează ciocurile aducând în contact suprafețele de măsurare ale șublerului cu piesa de măsurat (figura 2.1);
- se blochează cursorul prin acționarea șurubului cursorului;
- se efectuează citirea conform indicațiilor de la punctul 2.2.3;
- pentru a evita erorile grosolane se vor efectua măsurări în secțiuni diferite;
- forța de măsurare să fie 1-2 N (0.1-0.2 Kgf). Din cauza jocurilor, dacă forța de măsurare este exagerată, aceasta poate provoca o ușoară rotire a cursorului. Rezultă astfel o eroare de măsurare, care poate fi corectată prin fixarea cursorului pe riglă;
- pentru a evita apariția erorilor de paralaxă, în cazul șublerelor cu vernier, este important ca poziția de citire a operatorului să fie perpendiculară pe scarile gradate (figura 2.14);

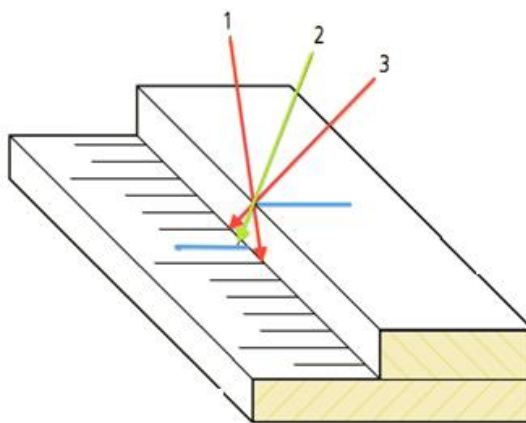


Figura 2.14. Eroarea de paralaxă

- pentru a limita erorile de măsurare, piesa trebuie poziționată cât mai aproape de rigla gradată (figura 2.15), atât cât permit suprafețele de măsurare;

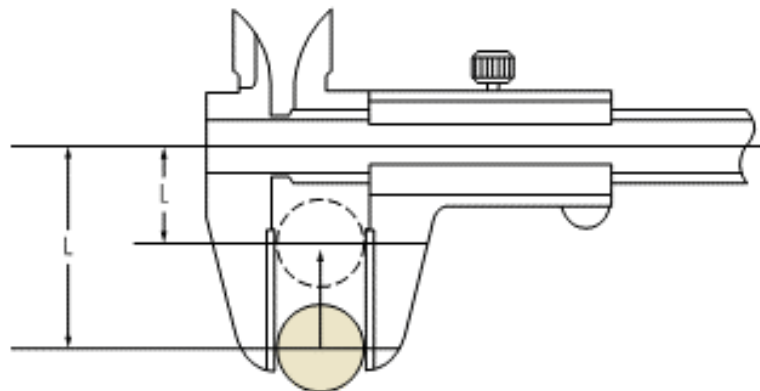


Figura 2.15. Poziționarea corectă a piesei de verificat (L trebuie să fie minim) [MIT 11]

- la șublerile digitale se recomandă măsurarea prin metoda comparativă a pieselor cu dimensiuni mai mari de 200 mm. Precizia de măsurare la șublere scade odată cu majorarea dimensiunii de verificat (figura 2.16). Metoda comparativă presupune utilizarea unei cale sau a unui bloc de cale plan paralele, format la dimensiunea nominală a piesei de verificat. Se va regla la „0” șublerul digital (figura 2.17, 2.18), după care se va măsura piesa de verificat. Șublerul va indica abaterea efectivă față de dimensiunea blocului de cale.

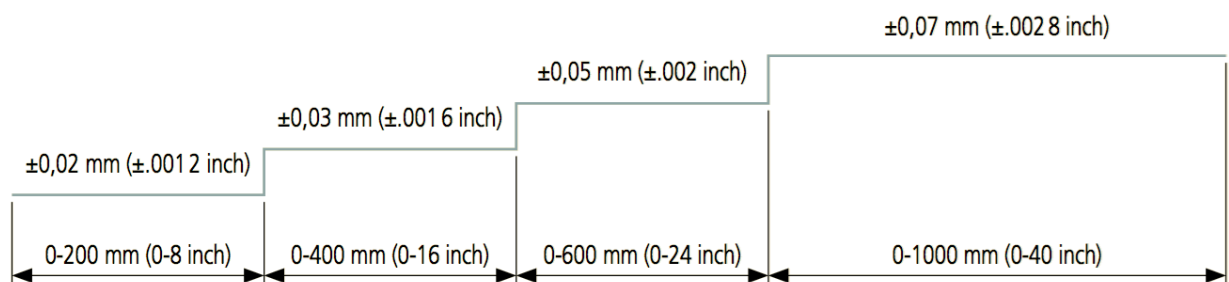


Figura 2.16. Variația erorilor de măsurare la șublere în funcție de domeniul de măsurare [MIT 11]



Figura 2.17. Reglarea la „0” utilizând ciocurile pentru dimensiuni interioare [MIT 11]



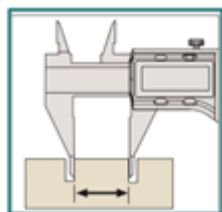
Figura 2.18. Reglarea la „0” utilizând ciocurile pentru dimensiuni exetrioare [MIT 11]

### 2.2.7. Șublere de construcții speciale

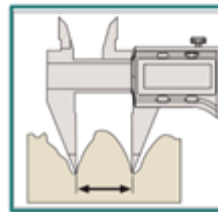
Șublerile de construcții speciale sunt destinate măsurării unor piese având caracteristici specifice (figurile 2.19-2.27).



Figura 2.19. Șublere cu ciocuri inegale [MIT 12]



a)



b)

Figura 2.20. Utilizarea șublerelor cu ciocuri înguste a) și ascuțite b) [MIT 12]

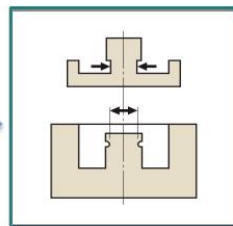


Figura 2.21. Șubler pentru măsurarea profilelor [MIT 12]

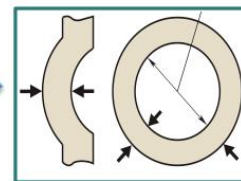


Figura 2.22. Șubler pentru măsurarea țevelor [MIT 12]

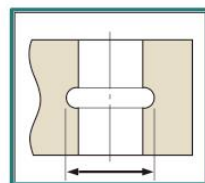


Figura 2.23. Șubler pentru verificarea degajărilor interioare [MIT 12]



Figura 2.24. Șubler prevăzut cu dispozitiv de indicare a forței de măsurare [MIT 12]

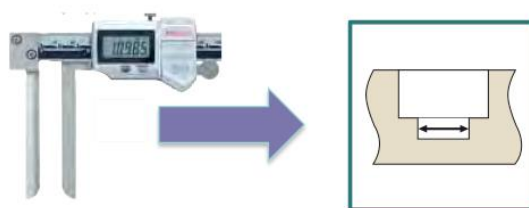


Figura 2.25. Șubler cu ciocuri lungi [MIT 12]

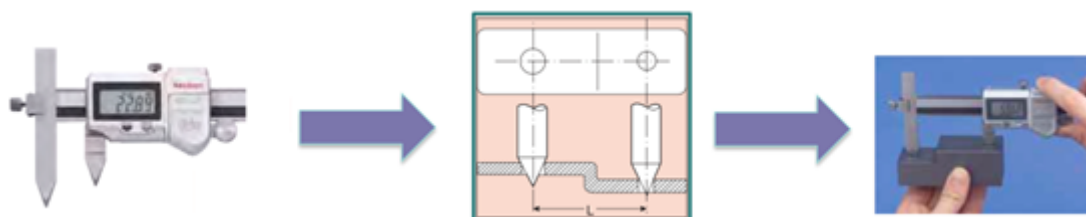


Figura 2.26. Șubler pentru măsurarea distanței între axele unor găuri situate în plane paralele [MIT 12]

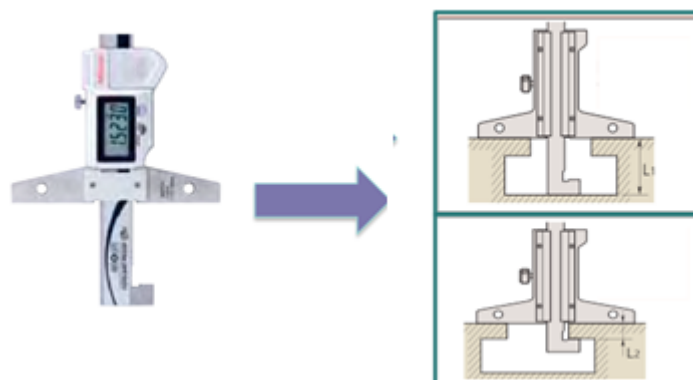


Figura 2.27. Șubler de adâncime pentru canale [MIT 12]

### 2.3. Rezultate și modul de lucru

Se vor efectua măsurări cu diferite tipuri de șublere, conform indicațiilor de la punctul 2.2.6., iar rezultatele se vor nota în tabelul 2.1.

Se va compara dimensiunea măsurată (efectivă) cu dimensiunile limită prescrise, trăgându-se concluzii cu privire la precizia dimensională a elementului măsurat. Piesa se consideră bună (din punctul de vedere al cotei care se măsoară), dacă dimensiunea efectivă se înscrie în limitele intervalului (câmpului) de toleranță prescris.

Tabelul 2.1. Rezultate

Număr cotă	Caracteristică dimensională nominală întreagă (Dimensiunea nominală) [mm]	Abaterea limită inferioară (ei, EI) [mm]	Abaterea limită superioară (es, ES) [mm]	Limita inferioară a dimensiunii (dimensiunea minimă admisă) [mm]	Limita superioară a dimensiunii (dimensiunea maximă admisă) [mm]	Dimensiunea efectivă (măsurată) [mm]	Observații



## LUCRAREA 3.

### MĂSURAREA DIMENSIUNILOR LINIARE UTILIZÂND MICROMETRELE

#### 3.1. Scopul lucrării

Lucrarea urmărește familiarizarea și formarea deprinderilor studenților cu mânuirea și utilizarea diferitelor tipuri de micrometre, măsurându-se dimensiunile unor repere.

#### 3.2. Considerații teoretice

##### 3.2.1. Micrometrul

Micrometrele sunt instrumente universale, folosite în industrie pentru măsurarea dimensiunilor liniare, având o precizie mai mare decât a șublerelor. Dispozitivele micrometrice au o precizie cuprinsă între 0.001 mm și 0.01 mm. Micrometrele se realizează în variante constructive diverse, fiind destinate măsurărilor exterioare, interioare sau adâncimilor, unele variante fiind destinate pentru măsurări speciale.

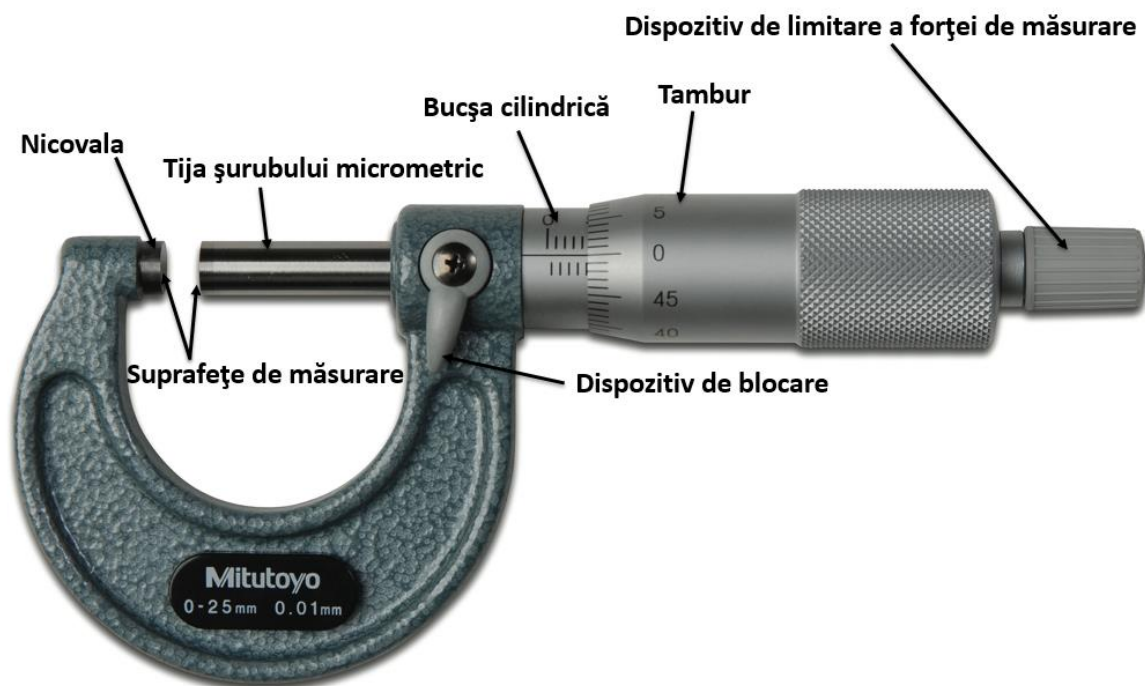


Figura 3.1. Părțile componente ale micrometrului de exterior [MIT 11]



Valoarea diviziunii micrometrului,  $V_d$ , se poate determina cu relația:

$$V_d = \frac{p}{N_d},$$

unde:

- $p$  - pasul șurubului micrometric în mm; de regulă  $p = 0,5$  mm;
- $N_d$  - numărul diviziunilor de pe tambur;  $N_d = 50$  diviziuni.

Astfel:

$$V_d = \frac{0.5\text{mm}}{50} = 0.01\text{ mm}$$

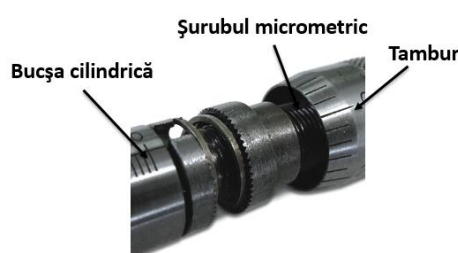


Figura 3.2. Dispozitiv micrometric [MIT 11]

Constructiv micrometrele se bazează pe mecanismul șurub-piuliță, șurubul făcând o mișcare de roto-translație, piulița rămânând fixă. În figura 3.2 este prezentat un dispozitiv micrometric. Citirea valorii măsurate se face cu ajutorul scărilor gradate inscripționate pe bucșa cilindrică și pe porțiunea conică a tamburului (figura 3.3).

Pe bucșa cilindrică se deosebesc două scări liniare, gradate, și anume:

- scara milimetrilor întregi, cu diviziuni din milimetru în milimetru, numerotate din 5 în 5 mm;
- scara jumătăților de milimetru, nenumerotată, cu diviziuni din milimetru în milimetru și decalată față de scara anterioară cu 0.5 mm.

Scara circulară se găsește în zona conică a tamburului și are, de obicei, 50 de diviziuni (corespunzând sutimilor de milimetru), trasate la intervale egale, numerotate din 5 în 5. În figura 3.3 sunt prezentate exemple de citire pe micrometru.

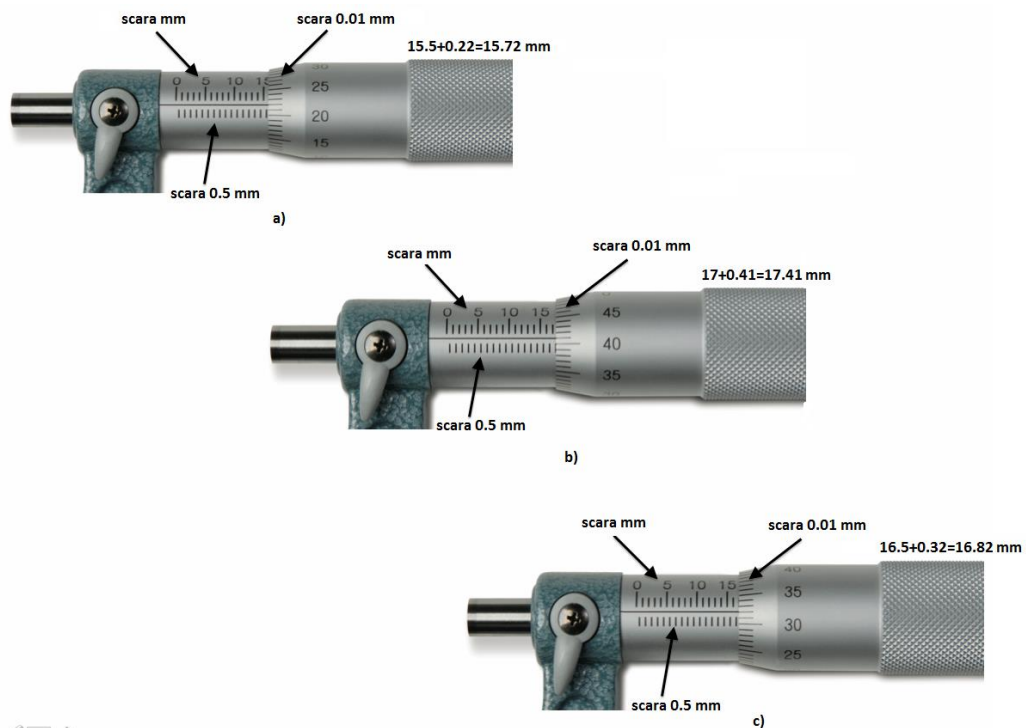


Figura. 3.3 a), b), c). Exemple de citire pe micrometrul de exterior pentru intervalul 0-25mm  
( unde a) 15.72 mm, b) 17.41 mm, c) 16.82 mm) [MIT 11]

Micrometrele se pot clasifica astfel:

- micrometre de exterior;
- micrometre de interior: cu fălci, tip tijă sau cu contact în 3 puncte;
- micrometre de adâncime;
- micrometre cu destinații specifice (de construcții speciale).

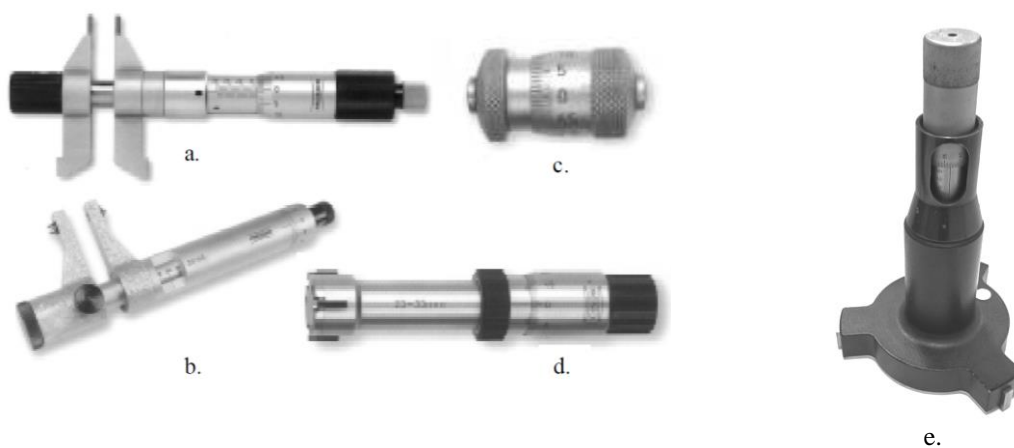


Figura 3.4. Micrometre de interior: a. ,b. cu fălci; c. tip tijă; d., e. cu contact în trei puncte  
[CRI 04]



Figura 3.5. Micrometre de adâncime cu afișaj digital [MIT 11]



Figura 3.6. Micrometre cu destinații specifice (de construcții speciale) a) pentru țevi, b) pentru degajări [MIT 11]

### 3.2.2. Utilizarea micrometrelor

Măsurarea cu micrometrul de exterior:

- rotind tamburul, se deplasează axial tija șurubului micrometric până în poziția în care piesa de măsurat se poate introduce comod între suprafețele de măsurare;
- se continuă rotația prin intermediul dispozitivului de limitare a forței de măsurare; (acesta asigură o forță de măsurare relativ constantă);
- acționând pârghia dispozitivului de fixare, se blochează tija șurubului micrometric, pentru a elimina posibilitatea rotației accidentale a tamburului;
- se citește valoarea indicată.

### 3.3. Verificarea suprafețelor de măsurare ale micrometrelor

Planitatea și paralelismul suprafețelor de măsurare ale micrometrelor clasice se pot verifica prin două metode:

1. utilizând bile calibrate (figura 3.7). Se măsoară bila calibrată în cinci poziții diferite. Dacă suprafețele de măsurare sunt plane și paralele, micrometrul va indica aceeași valoare în toate pozițiile de măsurare. În caz contrar, suprafețele de măsurare prezintă abateri.

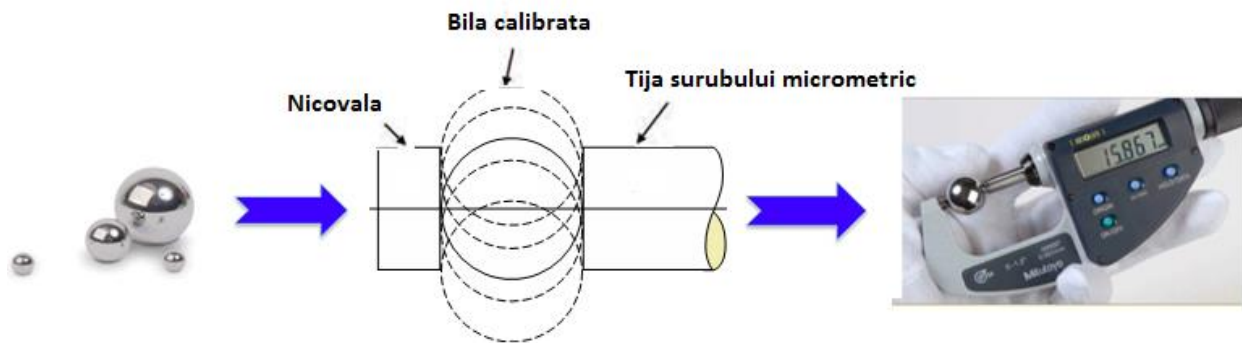


Figura 3.7. Verificarea suprafețelor de măsurare utilizând bile calibrate [MIT 11]

2. utilizând o cală de sticlă (figura 3.8). Se poziționează cala de sticlă între suprafețele de măsurare ale micrometrului de verificat. În funcție de dispoziția franjelor de interferență, se poate aprecia abaterea de la planitate (suprafețele de măsurare pot să fie concave, convexe sau de o formă oarecare).



Figura 3.8. Verificarea suprafețelor de măsurare utilizând o cală de sticlă [MIT 11]

### 3.4. Micrometre cu destinații specifice (de construcții speciale)

Dacă micrometrele clasice nu pot fi folosite, se utilizează micrometre de construcții speciale la care suprafețele de măsurare sunt adaptate măsuradului.



Figura 3.9. Micrometru prevăzut cu dispozitiv reglabil de limitare a forței de măsurare [MIT 12]



Figura 3.10. Micrometru cu vârfuri sferice [MIT 12]

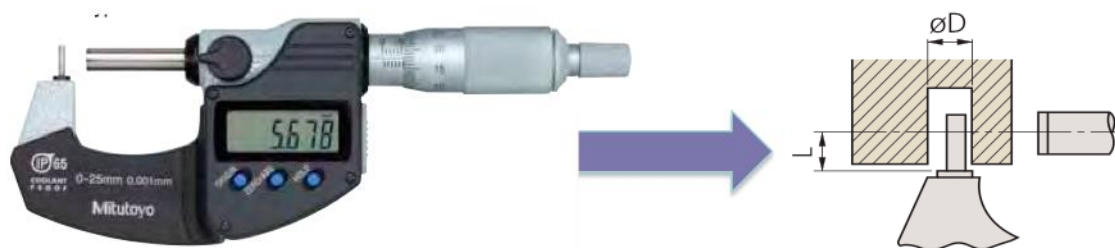


Figura 3.11. Micrometru pentru măsurări în zone greu accesibile [MIT 12]



Figura 3.12. Micrometru pentru măsurarea grosimii pereților țevelor [MIT 12]

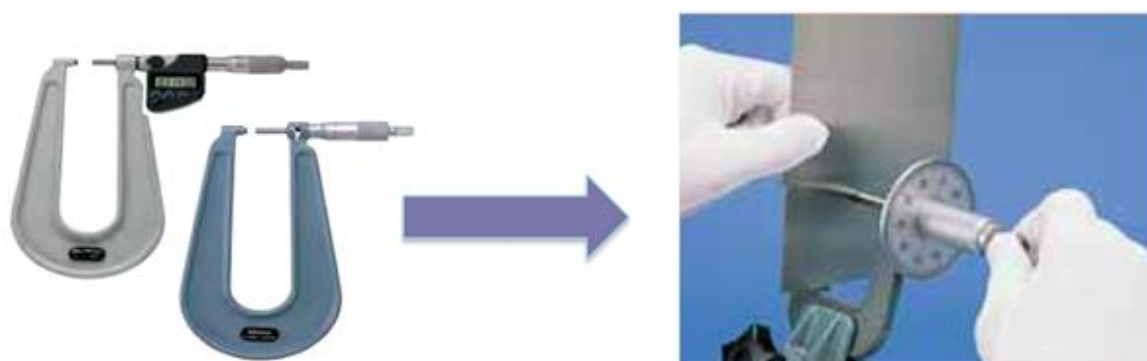


Figura 3.13. Micrometre pentru măsurarea grosimii tablelor [MIT 12]



Figura 3.14. Micrometru cu talere pentru la roți dințate [MIT 12]

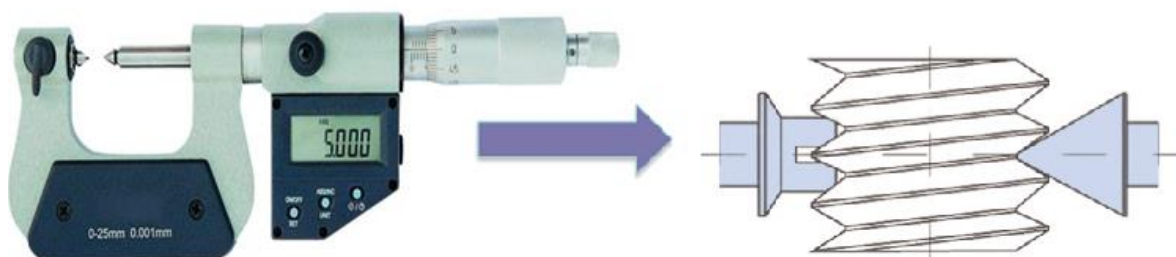


Figura 3.15. Micrometrul pentru filete [MIT 12]

### 3.5. Rezultate și modul de lucru

Se va compara dimensiunea măsurată (efectivă) cu dimensiunile limită prescrise, trăgându-se concluzii cu privire la precizia dimensională a elementului măsurat. Piesa se consideră bună (din punctul de vedere al cotei care se măsoară), dacă dimensiunea efectivă se înscrie în limitele intervalului (câmpului) de toleranță prescris.

Rezultatele măsurărilor efectuate cu ajutorul micrometrelor clasice (cu tambur gradat), se vor nota în tabelul 3.1

Tabelul 3.1. Rezultate

Număr cotă	Caracteristică dimensională nominală întreagă (Dimensiunea nominală) [mm]	Abaterea limită inferioară (ei, EI) [mm]	Abaterea limită superioară (es, ES) [mm]	Limita inferioară a dimensiunii (dimensiunea minimă admisă) [mm]	Limita superioară a dimensiunii (dimensiunea maximă admisă) [mm]	Dimensiunea efectivă (măsurată) [mm]	Observații



## LUCRAREA 4.

### MĂSURAREA DIMENSIUNILOR UTILIZÂND MICROMETRUL DIGITAL, DE EXTERIOR, PENTRU INTERVALUL 0-30MM ȘI PROGRAMUL DATA AQUISITION

#### 4.1. Conectarea la calculator a micrometrelor

Micrometrele digitale pot fi conectate la calculator (figura 4.1), iar valoarea măsurată este un semnal care poate fi înregistrat, transmis la distanță și folosit pentru analiză statistică.



Figura 4.1. Micrometrul conectat la calculator

##### 4.1.1. Interfața programului Gage Wedge

În figura 4.2 este prezentată interfața programului Gage Wedge. Acesta identifică automat portul la care este conectat cablul de date al instrumentului ("COM3") și afișează pe ecranul calculatorului valoarea indicată de către micrometrul conectat.

Prin apăsarea butonului *SET* al micrometrului, valoarea indicată este transmisă și afișată în câmpul *Input Data From Gage* (3,663 mm).



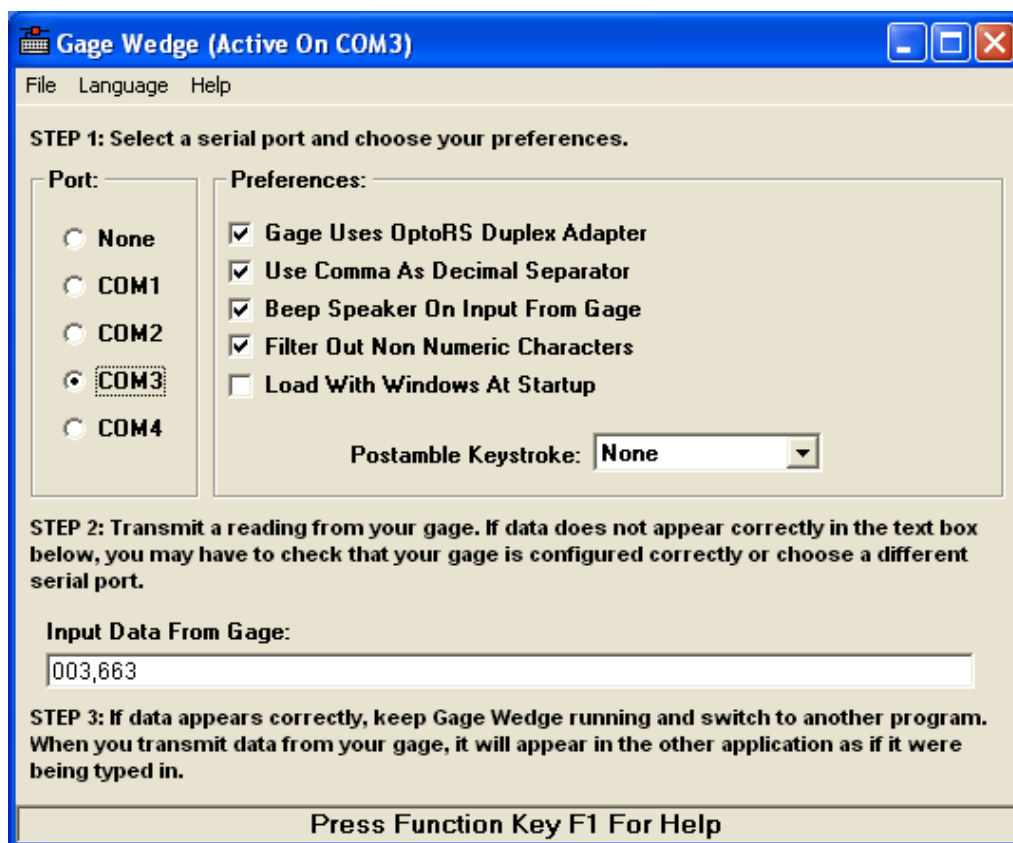


Figura 4.2. Interfața programului Gage Wedge

#### 4.1.2. Măsurarea dimensiunilor utilizând micrometrul digital, de exterior, pentru intervalul 0-30mm și programul Data Aquisition

Un alt program, utilizat pentru afișarea și înregistrarea datelor este Data Aquisition, (figura 4.3).

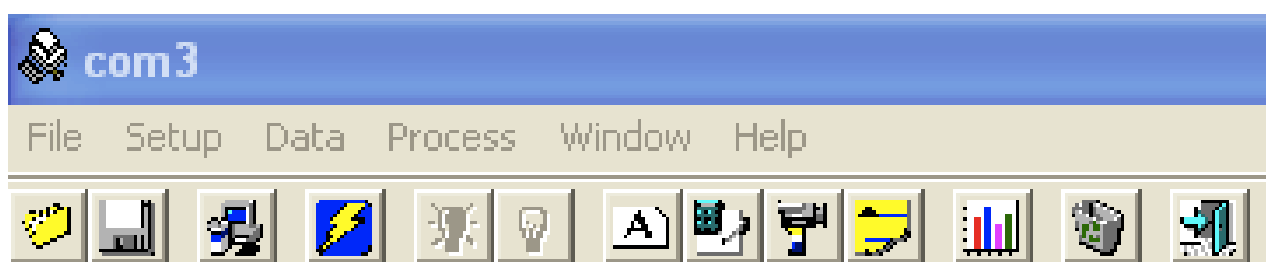





Figura 4.3. Bara de instrumente a programului Data Aquisition

Pentru a vizualiza și înregistra valorile măsurate se parcurg următoarele etape:

1. Se verifică indicația de “0” a instrumentului, se conectează cablul de date și se deschide aplicația *Data Aquisition*;

2. Se introduc caracteristicile de comunicare (simbolul:  semnifică un click pe butonul din stânga al mouseului):

- a.  pe butonul  *RS232 configuration (Configurare conexiune RS232)* deschizându-se fereastra *Com Port Properties (Proprietățile de comunicare)* din figura 4.4;

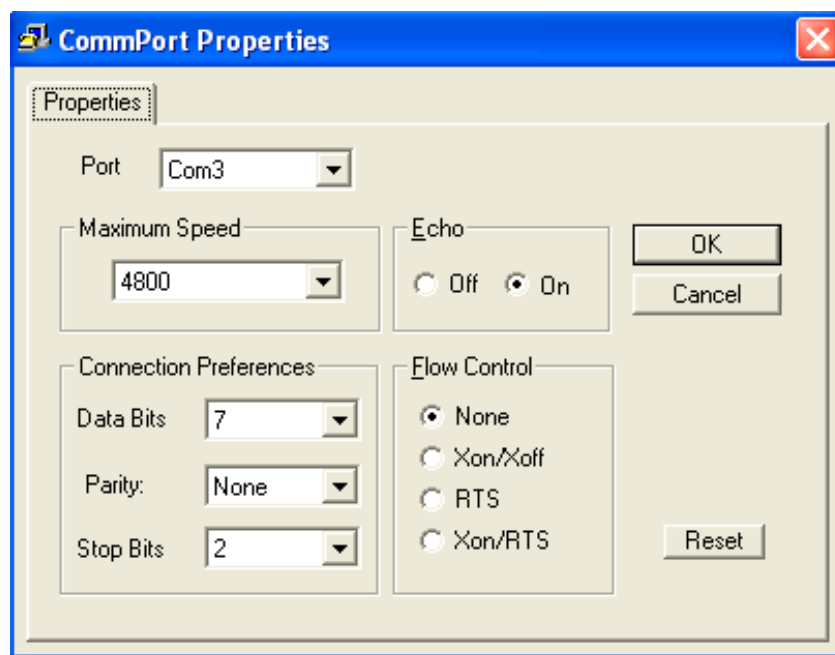





Figura 4.4. Fereastra de dialog *Com Port Properties (Proprietățile de conectare)*

- b. În câmpurile corespunzătoare se introduc parametrii din figura 4.4.

3.  în bara de instrumente (figura 4.3) pe butonul  *SET (Setări)* și se deschide fereastra din figura 4.5;

4. În fereastra de dialog *SET* (figura 4.5) în câmpul *Measuring Tools (Instrumente de măsură)*  pe *Micrometer, Indicator (Micrometru, Comparator)*;

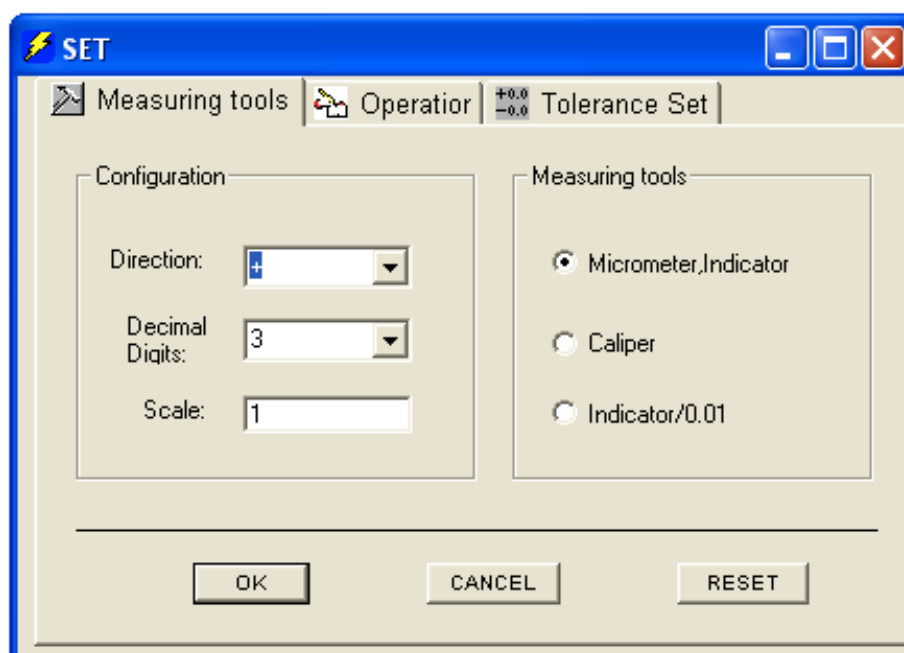



Figura 4.5. Fereastra de dialog SET

5. În fereastra de dialog SET (figura 4.5) în câmpul *Configuration* (*Configurare*) se vor completa automat câmpurile *Direction*: + (Direcție pozitivă), *Decimal Digits*: 3 (Număr de zecimale), iar pentru *Scale*: 1 (Scară);
6. În fereastra de dialog SET,  pe *Operator* (*Operator*) după care se va deschide fereastra de dialog din figura 4.6;

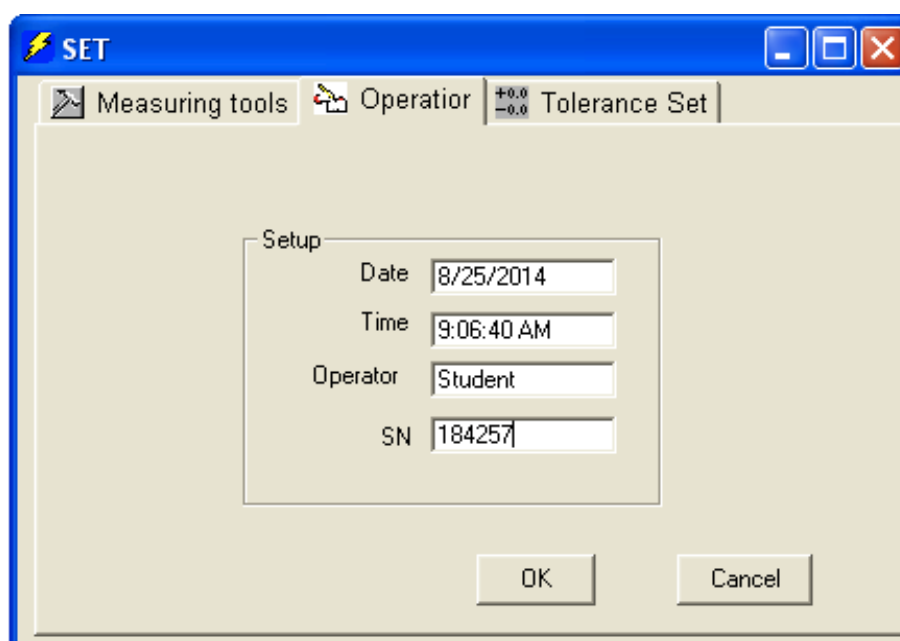



Figura 4.6. Fereastra de dialog Operator (*Operator*)

7. Câmpurile *Date (Data)* și *Time (Ora)* se completează automat. În câmpul *Operator (Operator)* se introduce numele operatorului, iar în câmpul *SN (Serial Number)* se va introduce numărul de identificare a cotei din desenul piesei de verificat. Aceste date vor fi tipărite automat în raportul de măsurare;
8. În fereastra de dialog *SET*,  pe *Tolerance Set (Dimensiuni limită)* după care se va deschide fereastra de dialog din figura 4.7;

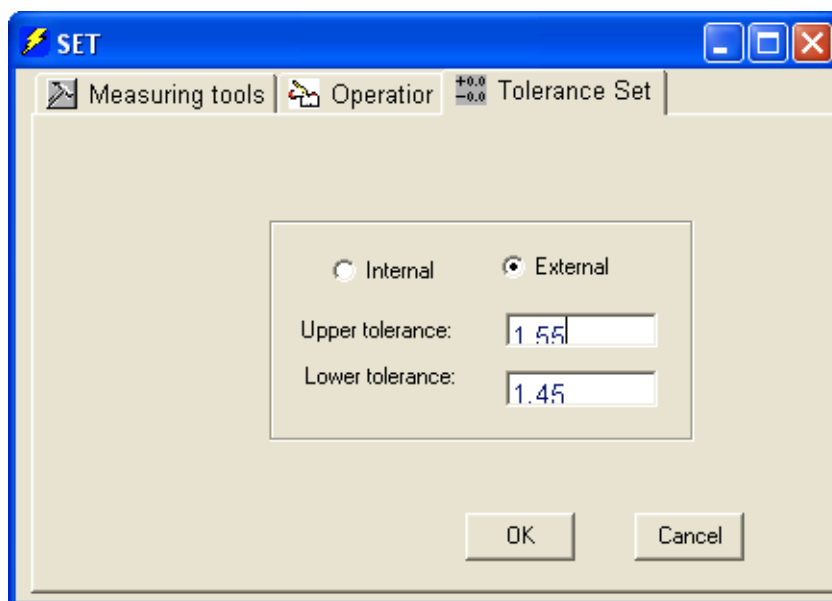






Figura 4.7. Fereastra de dialog Tolerance Set (*Dimensiuni limită*)

9.  pe butonul *Internal (Dimensiuni tip alezaj)* dacă se verifică un alezaj sau o dimensiune interioară, sau *External (Dimensiuni tip arbore)* dacă se verifică o dimensiune exterioară (figura 4.7);
10. În câmpul *Upper Tolerance (Limita superioară a dimensiunii)* se introduce dimensiunea maximă admisă, iar în câmpul *Lower Tolerance (Limita inferioară a dimensiunii)* se va introduce dimensiunea minimă admisă (figura 4.7);
11.  pe butonul *OK* (figura 4.7), se revine la *bara de instrumente* (figura 4.3);
12. Se selectează *Table input* (figura 4.10) prin  pe butonul  *Table input* din *Bara de instrumente* (figura 4.3);

### Observatie

Programul oferă patru posibilități de afișare a datelor:





- a) *Big display (Afișare Digitală)*, figura 4.8, prin  pe butonul  din *Bara de instrumente* (figura 4.3);



Figura 4.8. Fereastra de dialog *Big display (Afișare Digitală)*

- b) *DMA Input (Preluarea Datelor Măsurate)*, figura 4.9) prin  pe butonul  din *Bara de instrumente* (figura 4.3);

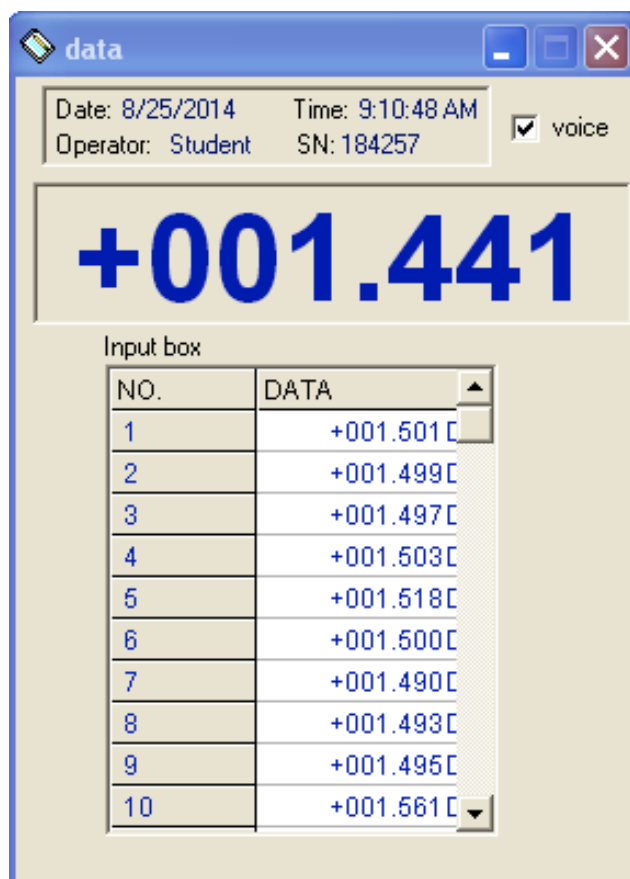




Figura 4.9. Fereastra de dialog *DMA input (Preluarea Datelor Măsurate)*

c) *Table input* (Preluarea tabelară a datelor măsurate, figura 4.10) prin  pe butonul  din *Bara de instrumente* (figura 4.3);

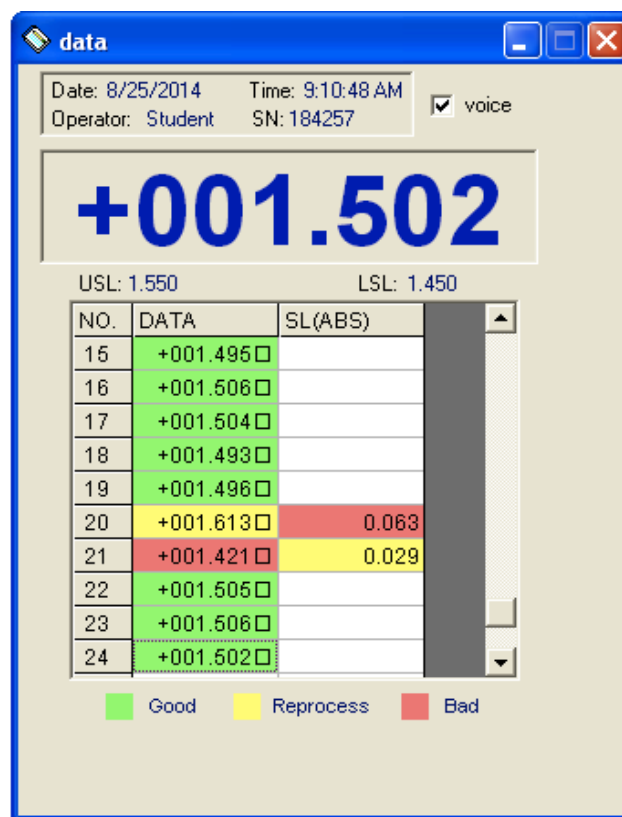




Figura 4.10. Fereastra de dialog *Table input* (Preluarea tabelară a datelor măsurate)

d) *Needle input* (Scară gradată, figura 4.11) prin  pe butonul  din *Bara de instrumente* (figura 4.3);

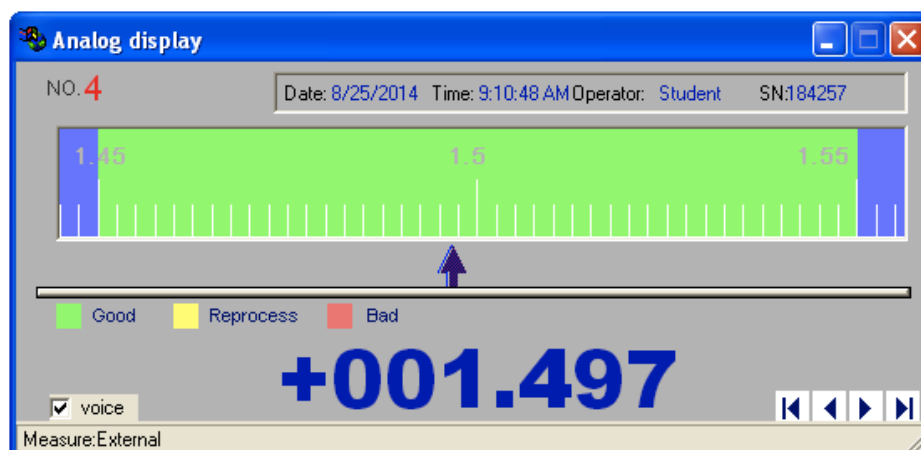






Figura 4.11. Fereastra de dialog *Needle input* (Scară gradată)

Se poate observa, din figurile anterioare (4.8, 4.9, 4.10, 4.11), cel mai convenabil mod de afișare a datelor este *Table input*. Prin selectarea acestui mod de afișare, operatorul poate vizualiza în timp real dacă piesa este bună (culoarea verde), rebut (culoarea roșie) sau rebut recuperabil (culoarea galbenă).

13.  pe butonul  *Port Open (Deschidere comunicare)*, din bara de instrumente (figura 4.3), pentru a permite comunicarea de date către program;
14. Memorarea valorii măsurate se face prin apăsarea butonului SET al micrometrului;
15. Se generează raportul de măsurare prin  pe butonul  *Run Excel* din bara de instrumente (figura 4.3);

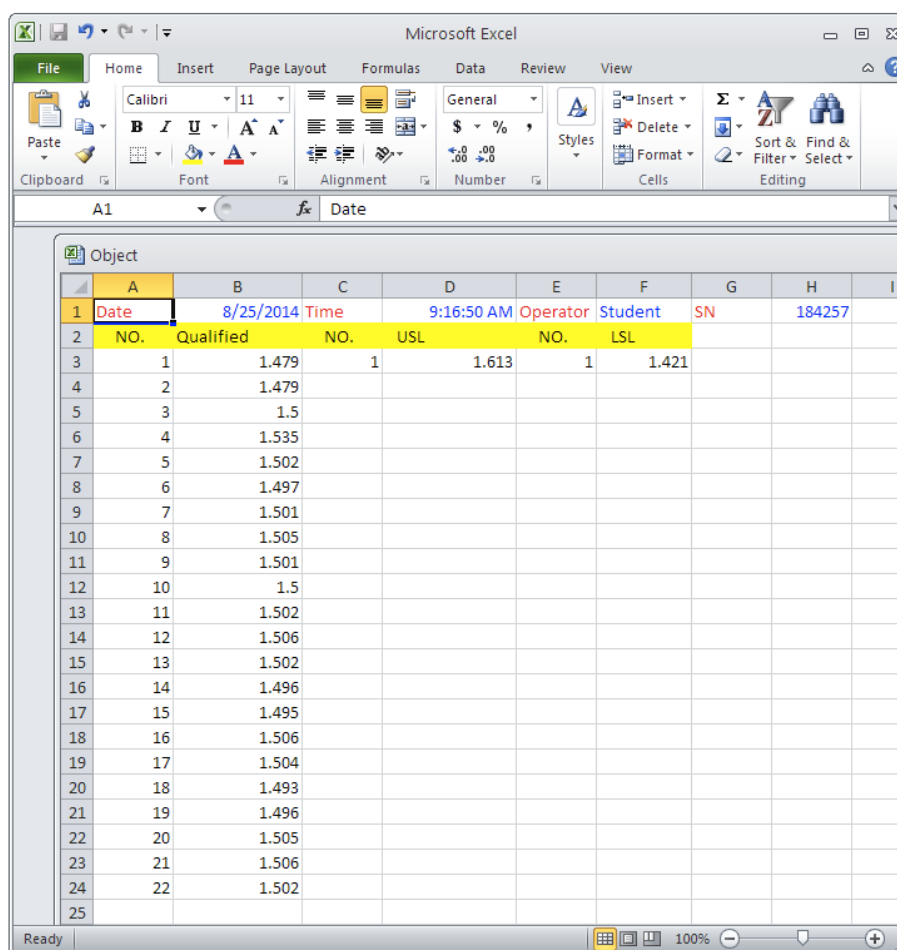




Figura 4.12. Raportul de măsurare

16.  pe butonul  *Port Close (Închidere Comunicare)* din bara de instrumente (figura 4.3) pentru a opri comunicarea de date.

## Concluzie

Raportul de măsurare (figura 4.12), afișează toate valorile măsurate, data și ora la care a fost generat raportul, numele operatorului și numărul de identificare pentru cota verificată. Cu ajutorul valorilor memorate în Excel, pot fi generate ulterior histrograme pentru analiza procesului tehnologic. Dacă se dorește generarea unui grafic de control este recomandată utilizarea modului de afișare *DMA input (Preluarea Datelor Măsurate)*, acesta menținând ordinea de preluare a datelor. Opțiunea *Needle input* permite generarea unui raport similar cu cel prezentat în figura 4.12.

## **4.2. Rezultate și modul de lucru**

Rezultatele măsurărilor realizate cu ajutorul micrometrului digital, conform indicațiilor de la punctul 4.1.2, se vor memora sub formă de fișier excel care poartă numele operatorului.

Se interpretează rezultatele obținute.





## **LUCRAREA 5.**

### **MĂSURAREA DIMENSIUNILOR LINIARE CU APARATE MECANICE DE PRECIZIE RIDICATĂ**

#### **5.1. Scopul lucrării**

Lucrarea de față prezintă principalele aparate cu amplificare mecanică și modul lor de utilizare în vederea efectuării de măsurări pe anumite tipuri de piese. Utilizând aceste instrumente de măsură se vor verifica dimensiunile diferitelor repere puse la dispoziția studenților.

#### **5.2. Considerații teoretice**

Aparatele comparatoare mecanice folosesc metoda comparativă de măsurare. Aparatele mecanice de precizie ridicată au la baza construcției lor mecanisme care asigură un raport de amplificare mare.

##### **5.2.1. Clasificarea aparatelor mecanice comparatoare**

Există o multitudine de variante constructive de mijloace comparatoare mecanice cunoscute, dintre ele amintim:

- aparate cu cremalieră și roți dințate (comparatorul cu cadran circular);
- aparate cu pârghie (minimetrul);
- mijloace de măsurare cu amplificare cu arc (microcatorul);
- aparate cu pârghie și roți dințate (ortotestul, pasametrul, micrometrul cu pârghie etc.).

Mijloacele mecanice pentru măsurat lungimi sunt de o mare varietate constructivă bazându-se pe principii de funcționare diferite. Caracteristica comună a mijloacele mecanice de precizie ridicată este aceea că utilizează metoda comparativă de măsurare. La mijloacele mecanice diferă domeniul de măsurare, precizia, și modalitatea de realizare a amplificării



a) comparatorul cu cadran cu valoarea diviziunii de pe scara gradată de 0,01 mm și domeniul de măsurare pe cadran de 10 mm



b) microcatorul cu valoarea diviziunii de pe scara gradată de 1  $\mu\text{m}$  și domeniul de măsurare pe cadran de 100  $\mu\text{m}$



c) ortotestul cu valoarea diviziunii de pe scara gradată de 1  $\mu\text{m}$  și domeniul de măsurare pe cadran de 200  $\mu\text{m}$



d) minimetrul cu valoarea diviziunii de pe scara gradată de 1  $\mu\text{m}$  și domeniul de măsurare pe cadran de 60  $\mu\text{m}$



e) pasametrul cu domeniul de măsurare de 50-75 mm, valoarea diviziunii de pe scara gradată de 2  $\mu\text{m}$  și limitele scarii gradate de  $\pm 84 \mu\text{m}$ ,

Figura 5.1. Aparate mecanice comparatoare

Valoarea diviziunii de pe scara gradată determină precizia acestor aparate de măsură. Aparatele destinate pentru măsurarea prin metode comparative (relative) pot fi folosite pentru

măsurări absolute, dacă valoarea măsurandului nu depășește domeniul de măsurare al acestora (de pe scara gradată).

Comparatorul cu cadran face parte din grupa aparatelor cu roți dințate, utilizându-se în diferite montaje pentru determinarea dimensiunilor, abaterilor de formă și de poziție, deformațiilor pieselor sau a organelor de mașini supuse eforturilor, etc. Cele mai răspândite comparatoare cu cadran pot avea domeniul de măsurare de 1 mm, 3 mm, respectiv 10 mm. Aceste instrumente pot măsura dimensiuni cu precizie de la 0,001 până la 0,01 mm.

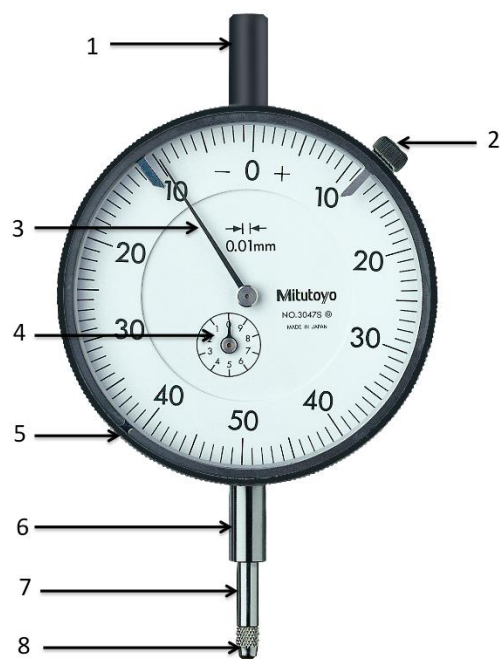


Figura 5.2. Comparatorul cu cadran

Elementele componente, numerotate în figura 5.2, sunt:

1. partea superioară a tijei de măsurare;
2. dispozitivul de blocare al cadranului mobil;
3. acul indicator mare (pentru sutimi de milimetru) ;
4. acul indicator mic (pentru milimetri întregi);
5. cadranul mobil;
6. cilindrul de ghidare al tijei de măsurare;
7. tija de măsurare;
8. vârful tijei de măsurare (prevăzut cu o bilă din oțel)

Există instrumente cu amplificare electronică și afișaj digital (figura 5.3). Acestea se regăsesc frecvent în industrie, permitând vizualizarea și înregistrarea datelor măsurate.



Figura 5.3. Comparatorul digital

Cu ajutorul mijloacelor comparatoare se pot verifica sau măsura:

- abaterile de la paralelism;
- abaterile de la planitate;
- abaterile de la circularitate;
- abaterile de la cilindricitate;
- bățiile radiale sau frontale.

### **5.2.2. Condiții tehnice și verificarea comparatoarelor**

Condiția de a putea folosi aparatul comparator la o anumită măsurare este ca toleranța dimensiunii, care se măsoară, să fie mai mică sau cel mult egală cu domeniul de măsurare pe scara gradată a aparatului, iar precizia de măsurare a instrumentului trebuie să fie cel mult 20% din valoarea toleranței dimensiunii de verificat.

Înainte de folosirea comparatorului, trebuie făcute următoarele verificări:

1. Aspectul general al instrumentului -compărătorul nu trebuie să prezinte urme de lovituri, tija să nu prezinte deformări, ecranul de protecție să nu fie zgâriat sau spart.
2. Deplasarea tijei mobile în interiorul cilindrului de ghidare - mișcarea de revenire a tijei trebuie să fie continuă, să se realizeze ușor, lin și fără opriri.

3. Rotirea cadranului mobil pe corpul aparatului - cadranul trebuie să se rotească uniform. Poziționarea cadranului trebuie să se realizeze ferm, fără a se putea mișca accidental.

După alegerea aparatului de măsură și a suportului corespunzător (figura 5.4), se introduce cilindrul de ghidare al aparatului, fără a se forța, în locașul din suport.



Figura 5.4. Dispozitive suport pentru comparatoare în vederea măsurării dimensiunilor exterioare

Se asigură poziția comparatorului prin fixarea acestuia cu ajutorul șurubului de blocare. După fixare, tija de măsurare trebuie să culiseze ușor, lin și fără opriri. O strângere prea puternică a șurubului de blocare poate duce la deteriorarea cilindrului de ghidare și în consecință la deteriorarea comparatorului.

### **5.3. Măsurarea dimensiunilor exterioare utilizând comparatoarele cu cadran**

În figura 5.5 este prezentat modul de măsurare utilizând un comparator cu cadran. Metoda comparativă presupune utilizarea unui etalon (un bloc de cale plan-paralele sau un alt etalon) care are, de obicei, dimensiunea nominală a piesei de măsurat [POT 11].



a)



b)

Figura 5.5. Măsurarea dimensiunilor cu ajutorul comparatoarelor cu cadran cu valoarea diviziunii de pe scara gradată de 0,1 mm și domeniul de măsurare de 10 mm

În exemplul, prezentat în figura 5.a), se utilizează un bloc de cale plan-paralele pentru reglarea la zero a comparatorului. Dimensiunea blocului de cale format trebuie să fie, în general, egală cu dimensiunea nominală a cotei care urmează să fie măsurată.

Se poziționează blocul de cale sub palpatorul comparatorului după care se reglează la zero prin rotirea cadranului (se ține seama și de poziția indicatorului mic de pe scara gradată a milimetrilor). Se înlocuiește blocul de cale și se poziționează sub palpator piesa de măsurat (figura 5.b). Se vor citi indicațiile aparatului în mai multe poziții.

Acul indicator al comparatorului va indica abaterea de la dimensiunea blocului de cale. Abaterea poate să fie pozitivă, negativă sau zero. În exemplul din figura 5.5 dimensiunea blocului de cale  $L_x$ , este 63 mm, abaterea efectivă indicată de comparator este  $e = 0,17$  mm, iar valoarea măsurată va fi 63,17 mm.

Pe cadranul rotitor al comparatorului sunt montate două indicatoare ajutătoare, metalice, de obicei de culoare roșie. Acestea pot fi deplasate în dreptul valorilor care materializează limitele câmpului (intervalului) de toleranță.

#### 5.4. Măsurarea dimensiunilor exterioare utilizând comparatoarele digitale

Comparatorul digital prezentat în figura 5.6 are o precizie de citire de  $0,5\ \mu\text{m}$ , un domeniu de măsurare de 60 mm și o eroare de măsurare de  $\pm 2,5\ \mu\text{m}$ .

Se poziționează blocul de cale sub palpatorul comparatorului după care se reglează la zero prin acționarea butonului de *SET ZERO* (figura 6.a.).



a)



b)

Figura 5.6. Măsurarea dimensiunilor exetrioare cu ajutorul comparatorului digital

După reglarea la zero a comparatorului se îndepărtează blocul de cale și se poziționează sub palpator piesa de măsurat. Pe ecranul comparatorului se va indica abaterea de la dimensiunea blocului de cale ( $L_x$ ). În exemplul din figura 5.6, dimensiunea blocului de cale  $L_x$  este 63 mm, abaterea efectivă indicată de comparator este  $e = 0,17(15)\text{ mm}$  (figura 6.b.), iar valoarea măsurată va fi  $63,17(15)\text{ mm}$ .



### 5.5. Măsurarea dimensiunilor liniare utilizând pasametrul

Pasametrul, prezentat în figura 10, are mecanismul de amplificare bazat pe un sistem cu pârghii și roți dințate. Deplasarea tijei mobile 2 se transmite, prin intermediul sistemului de pârghii și roți dințate la acul indicator de pe scara gradată 3 sau prin acționarea butonului 4. Reglarea la zero se face cu ajutorul calelor plan-paralele sau altor piese etalon prin rotirea piuliței 5. Fixarea tijei 1 se poate face cu ajutorul piuliței 6.

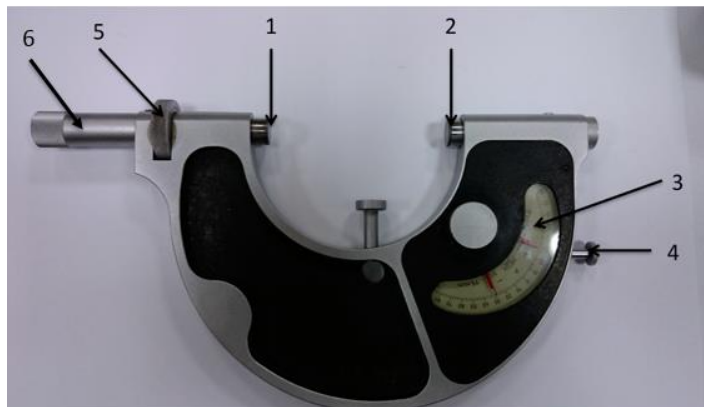


Figura 5.7. Pasametrul

În scopul micșorării uzurii suprafețelor active ale tijelor, de fiecare dată când se introduce sau se scoate, un bloc de cale, sau o piesă de măsurat, se va apăsa butonul 4 de acționare a mecanismului cu pârghie. Pasametrele au domeniul de măsurare de 25 mm, cu intervale similare cu ale micrometrelor (din 25 în 25 de mm). Valoarea diviziunii este de 0,002 mm sau de 0,005 mm.

Pentru măsurarea dimensiunilor exterioare cu ajutorul pasametrelor se parcurg următoarele etape:

1. Se alege pasametrul corespunzător dimensiunii de măsurat;
2. Se formează un bloc de cale cu dimensiunea nominală a cotei de măsurat. Dacă intervalul de toleranță a cotei este mic și asimetric fata de zero, se recomandă ca mărimea blocului de cale să fie egală cu media dimensiunilor limită prescrise;
3. Prin acționarea piuliței 6, se deblochează tija 1;
4. Cu ajutorul piuliței 5 se deplasează tija 1 și se introduce blocul de cale între suprafețele de măsurare ale tijelor.
5. Se deplasează tija 1 prin rotirea piuliței 5, până când se aduc suprafețele de măsurare ale tijelor în contact cu suprafețele de măsurare ale calelor, iar acul indicator de pe scara gradată 3 indică zero, figura 5.8.a).

6. Se blochează tija 1 prin acționarea piuliței 6;
7. Prin acționarea butonului 4 al pasametrului, se deplasează tija mobilă 2 și se îndepartează blocul de cale, iar în locul acestuia se poziționează piesa de verificat între suprafețele de măsurare ale tijelor, figura 5.8.b);
8. Se efectuează citirea. În exemplul din figura 5.8.b) dimensiunea blocului de cale  $L_x$ , este 63 mm, abaterea efectivă indicată de comparator este  $e = 30 \mu\text{m} = 0,030 \text{ mm}$ , iar valoarea măsurată va fi 63,030 mm.

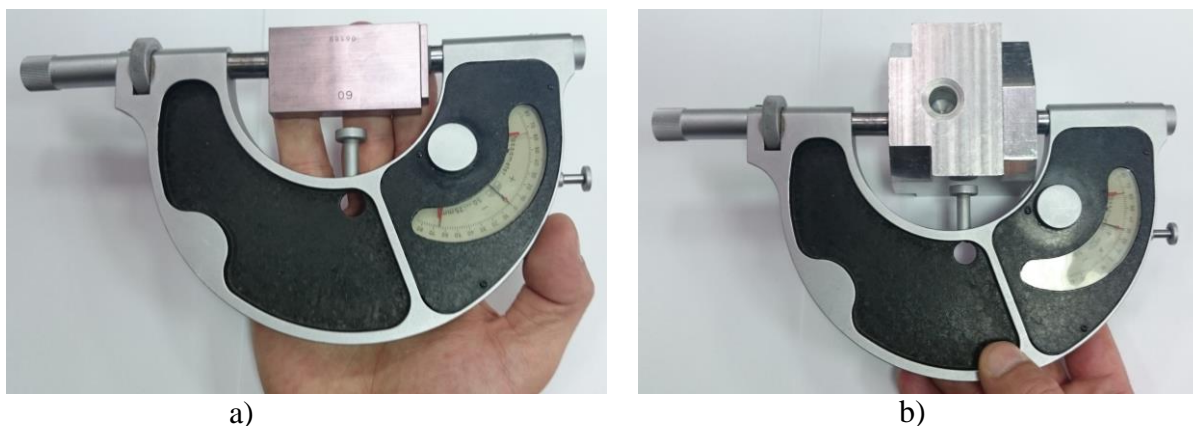


Figura 5.8. Măsurarea dimensiunilor extrieore cu ajutorul pasametrului 50-75 mm

Pe cadranul pasametrului sunt montate două indicatoare ajutătoare, metalice, de obicei de culoare roșie. Acestea pot fi deplasate în dreptul valorilor care materializează limitele câmpului (intervalului) de toleranță.

## 5.6. Comparatoare cu destinații specifice (de construcții speciale)

Când comparatoarele clasice nu pot fi folosite, se utilizează comparatoare de construcții speciale la care suprafețele de măsurare sunt adaptate măsuradului.

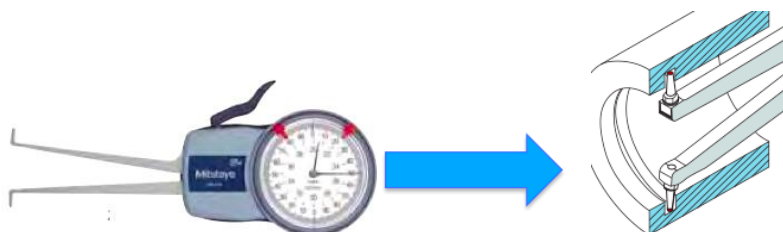


Figura 5.9. Comparatoare pentru pentru măsurări în zone greu accesibile [MIT 12]

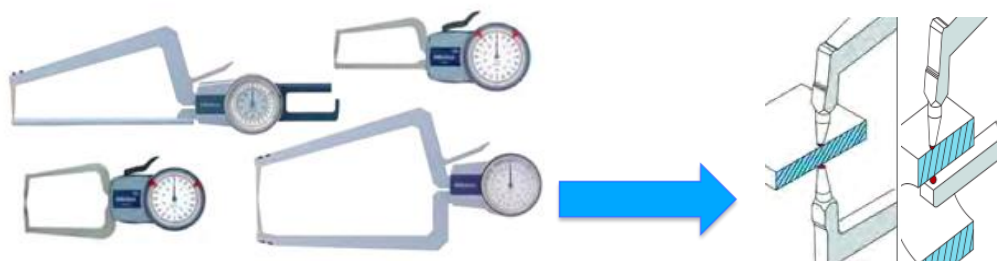


Figura 5.10. Comparatoare pentru măsurarea grosimii pereților țevelor și pentru măsurarea grosimii tablelor [MIT 12]

## 5.7. Rezultate și modul de lucru

Măsurările se vor efectua cu următoarele aparate: comparatorul cu cadran mecanic, comparatorul digital și pasometrul. Se vor măsura dimensiunile pieselor puse la dispoziția studenților. Rezultatele vor fi notate în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1. Rezultate

Aparatul comparator:							
Dimensiunea blocului de cale Lx [mm]	Caracteristică dimensională nominală întreagă (Dimensiunea nominală) [mm]	Abaterea limită inferioară (ei) [mm]	Abaterea limită superioară (es) [mm]	Limita inferioară a dimensiunii (dimensiunea minimă admisă) [mm]	Limita superioară a dimensiunii (dimensiunea maximă admisă) [mm]	Abaterea efectivă (indicată de comparator, e) [mm]	Dimensiunea efectivă (măsurată) [mm]

## LUCRAREA 6.

### CONTROLUL ȘI MĂSURAREA RUGOZITĂȚII SUPRAFEȚELOR

#### 6.1. Scopul lucrării

Lucrarea are ca scop cunoașterea de către studenți a metodelor de determinare a rugozității suprafețelor. Se va determina calitatea suprafețelor plane și cilindrice, prelucrate prin diferite procedee de așchiere. Se vor compara valorile măsurate, ale parametrilor de rugozitate, cu cele prescrise.

#### 6.2. Considerații teoretice

##### 6.2.1. Definirea rugozității

Rugozitatea suprafețelor este definită ca fiind ansamblul neregularităților ce formează relieful suprafeței reale și a căror pas este relativ mic în raport cu adâncimea lor.

Rugozitatea unei suprafețe este constituită din ansamblul microneregularităților de ordinul III și IV (figura 6.1).

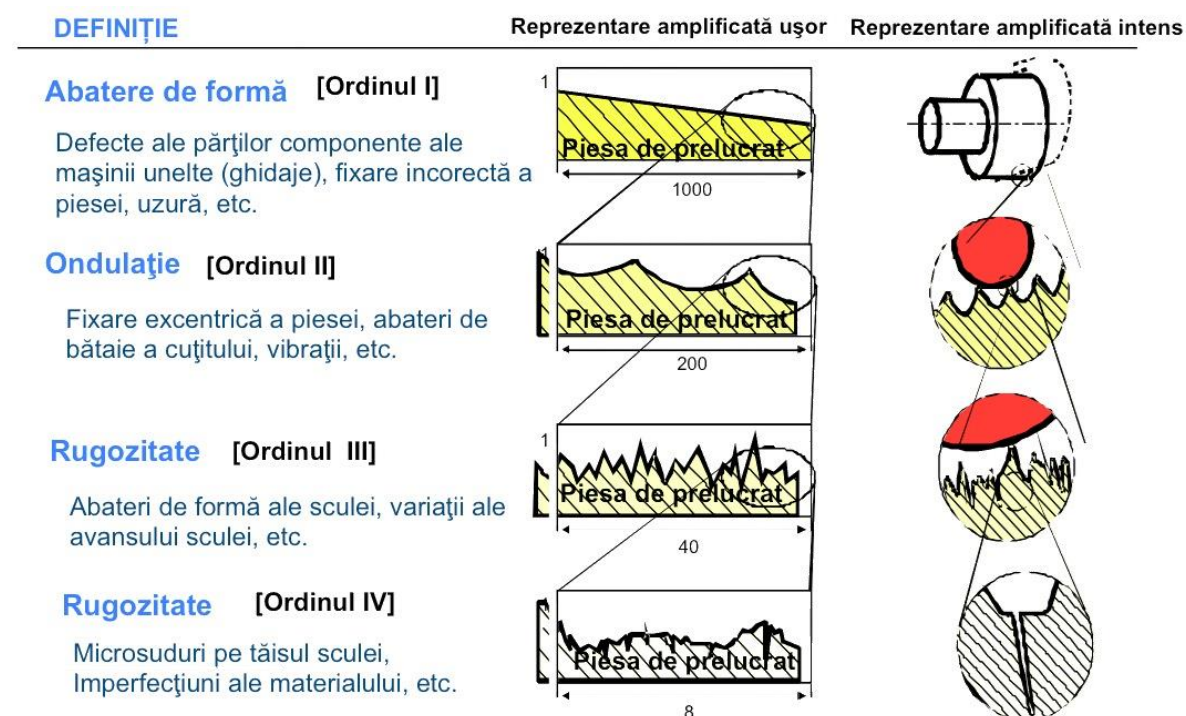


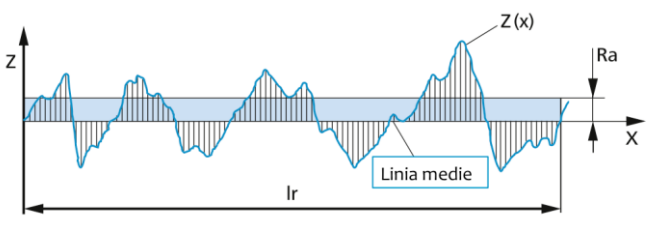
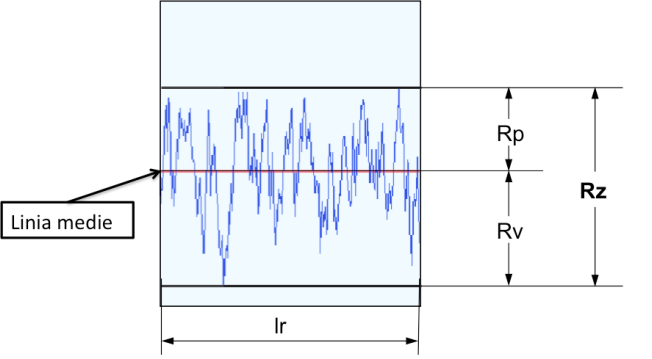
Figura 6.1. Abaterile suprafețelor [CRI 04]

Abaterile de ordinul III pot fi striaii sau rizuri, sunt urme ale sculelor și au caracter regulat. Abaterile de ordinul IV sunt smulgeri de material, pori, zgârieturi, depuneri etc.

### 6.2.2. Parametri de rugozitate

Mărimea rugozității se estimează prin determinarea unor parametri definiți în standarde (SR EN ISO 4287 [SRE 03]). Linia medie a profilului este cea, care împarte profilul astfel încât în limitele lungimii de bază de rugozitate, suma pătratelor abaterilor acestuia să fie minimă.

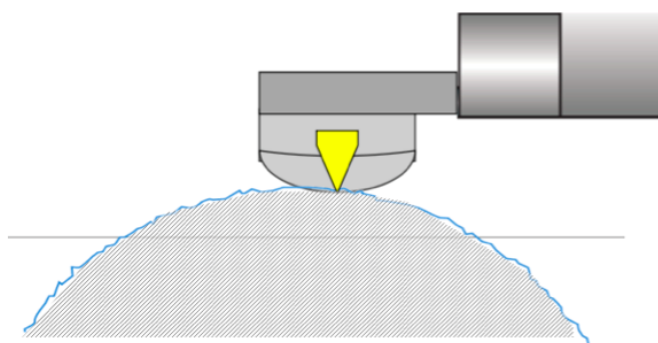
Tabelul 6.1. definirea parametrilor de rugozitate conform SR ISO 4287

<p><math>R_a</math>– <i>abaterea medie aritmetică a profilului evaluat</i> - media aritmetică a valorilor absolute ale ordonatelor <math>Z(x)</math> în limitele lungimii de bază de rugozitate.</p> <p><math>Z(x)</math>- înălțime a profilului evaluat într-o poziție oarecare <math>x</math>.</p>	$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r}  Z(x)  dx$ 
<p><math>R_p</math>- <i>înălțimea maximă de proeminență a profilului</i> – cea mai mare înălțime de proeminență a profilului în limitele unei lungimi de bază de rugozitate, <math>l_r</math>.</p> <p><math>R_v</math>– <i>adâncimea maximă de gol a profilului</i> - cea mai mare adâncime a profilului în limitele unei lungimi de bază de rugozitate , <math>l_r</math>.</p> <p><math>R_z</math> – <i>înălțimea maximă a profilului</i> - sumă a celei mai mari dintre înălțimile proeminențelor profilului și a celei mai mari dintre adâncimile golurilor profilului, în limitele unei lungimi de bază de rugozitate, <math>l_r</math>.</p>	 <p style="text-align: center;"><math>R_z = R_p + R_v</math></p>

### 6.2.3. Sisteme de palpare

Există două tipuri de sisteme de palpare utilizate pentru determinarea parametrilor suprafețelor:

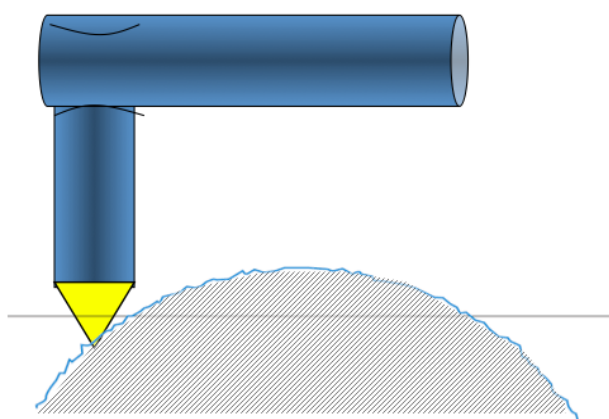
1. cu patină de ghidare, skid (figura 6.2)- cu ajutorul acestuia poate fi extras prin palpare profilul de rugozitate și pot fi măsurați doar parametrii de rugozitate ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_t$ , etc). Patina va urma întodeauna forma conturului realizându-se cu ajutorul acesteia o filtrare mecanică;



**Profilul de Rugozitate**  
 $R_a, R_z, R_q, R_{z1max}, \dots$

Figura 6.2. Cap de palpare cu patină de ghidare

2. fără patină de ghidare, skidless (figura 6.3)- cu ajutorul căruia pot fi măsurati parametrii de rugozitate ( $R_a, R_z, R_p$ , etc), de ondulație ( $W_a, W_z, W_p$ , etc) și ai profilului primar ( $P_a, P_z, P_p$ , etc).



**Profilul Primar**  
 $P_a, P_q, P_y, P_{Sm}, P_v, \dots$

**Profilul de Rugozitate**  
 $R_a, R_z, R_q, R_{z1max}, \dots$

**Profilul de Ondulație**  
 $W_a, W_t, W_q, W_t, W_p, \dots$

Figura 6.3. Cap de palpare fără patină de ghidare

#### 6.2.4. Extragerea profilului prin palpare

Profilul real al suprafeței poate fi "extras" prin diferite metode: optice, mecanice cu palpare, optic tridimensional, etc.



Figura 6.4. Extragerea profilelor prin palpare

Filtrul de profil este definit în standardele: SR EN ISO 4287, ca fiind filtrul care separă profilul în componente cu lungime de undă lungă și componente cu lungime de undă scurtă. Filtrul de profil  $\lambda_c$  definește separarea între componentele de rugozitate și componentele de ondulație. Profilul de rugozitate se obține din profilul primar prin aplicarea filtrului  $\lambda_c$ . Lungimea de bază a profilului de rugozitate este egală ca valoare numerică cu lungimea de undă caracteristică filtrului de profil  $\lambda_c$ .

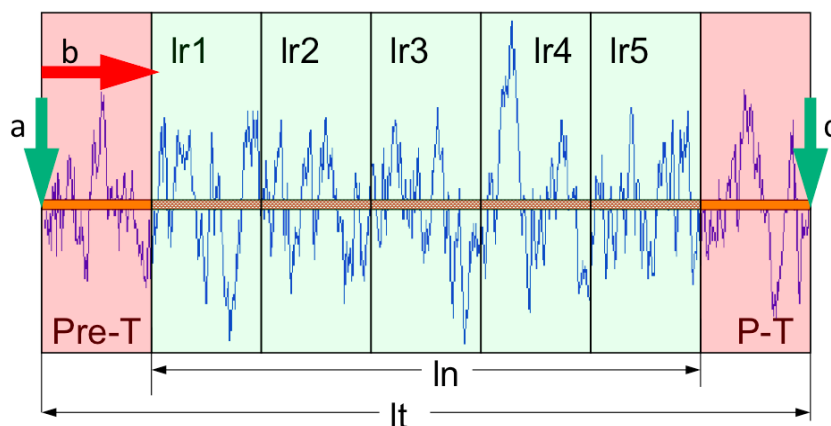


Figura 6.5. Profil de rugozitate extras prin palpabilitate

În figura 6.5 este prezentat profilul de rugozitate extras prin palpabilitate unde:

- a reprezintă punctul de start;
- b reprezintă direcția de măsurare;
- c reprezintă poziția de stop;
- Pre-T(Pre-travel), P-T(Post-travel) sunt lungimile de intrare respectiv retragere a palpatorului;
- $lr1, lr2 \dots lr5$  reprezintă lungimi de bază de rugozitate;
- $ln$  reprezintă lungimea de evaluare care poate cuprinde una sau mai multe lungimi de bază;
- $lt$  reprezintă lungimea de palpabilitate (totală);

### 6.3. Măsurarea utilizând rugozimetrul Namicon Tr 100

Măsurarea parametrilor de rugozitate se va realiza cu un rugozimetru cu patină de ghidare (skid), Namicon TR 100, a cărui principiu de funcționare este prezentat în figura 6.6.



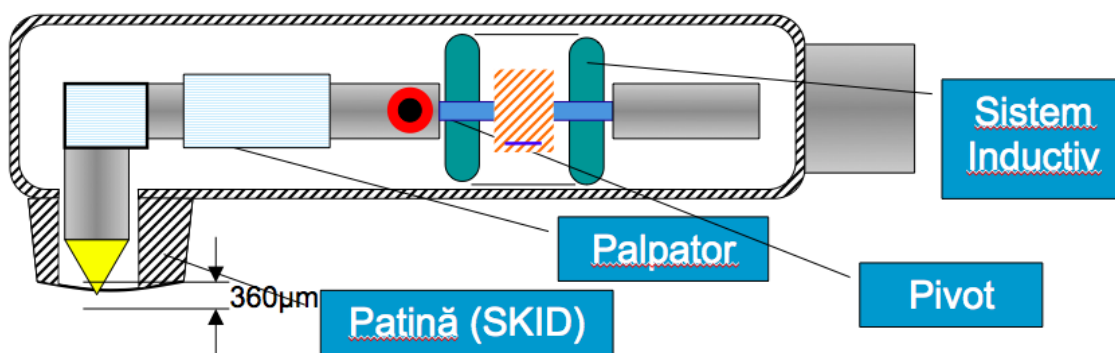


Figura 6.6. Componentele capului de palpare cu patină de ghidare



Figura 6.7. Rugozimetrul Namicon TR 100

Rugozimetrul Namicon TR 100 este utilizat pentru măsurarea parametrilor de rugozitate,  $R_a$  și  $R_z$ . Acesta este compus dintr-o unitate de afișaj și unitatea palpatorului, cu vârf din diamant. Rezultatele obținute sunt afișate pe ecranul aparatului.

Pentru asigurarea unei măsurări corecte și a unei uzuri minime a palpatorului, suprafața de verificat trebuie să fie curățată de grăsimi, șpan și materiale abrazive.

Pentru măsurarea parametrilor de rugozitate se parcurg următoarele etape:

1. Se identifică de pe desen parametrii de rugozitate care trebuie măsurați (figura 6.8);



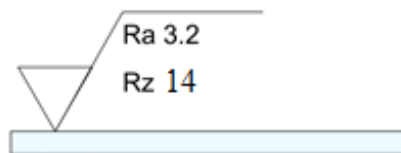


Figura 6.8. Indicarea pe desen a parametrilor de verificat

2. Se stabilește lungimea de bază de rugozitate, respectiv filtrul de profil ( $\lambda_r = \lambda_c$ ), din standardul SR EN ISO 4288:2002, în funcție de parametrii de rugozitate indicați pe desen. Prin apăsarea butonului  $\lambda_c$ , se pot selecta trei lungimi de bază ( $\lambda_1 = 0.25\text{mm}$ ,  $\lambda_2 = 0.8\text{mm}$ ,  $\lambda_3 = 2.5\text{mm}$ ). Pentru măsurarea parametrilor indicați în figura 6.8 standardul recomandă o lungime de bază de rugozitate de 2.5 mm. Prin apăsarea succesivă a butonului  $\lambda_c$  se va selecta  $\lambda_3$  (figura 6.9);

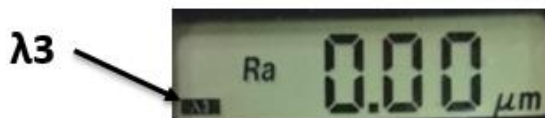


Figura 6.9. Alegerea lungimii de bază de rugozitate

3. Se poziționează rugozimetrul pe suprafața piesei de verificat, astfel încât palpatorul să fie în contact cu suprafața de măsurat;
4. Se efectuează măsurarea prin apăsarea butonului de pornire;
5. Parametrii de rugozitate măsurați vor fi afișați pe ecranul rugozimetrului succesiv prin apăsarea butonului de selecție a acestora (figura 6.10,  $Ra = 3.16\mu\text{m}$ ,  $Rz = 13.3\mu\text{m}$ );



Figura 6.10. Afișarea parametrilor măsurați

#### 6.4. Evaluarea calitativă a rugozității, prin comparare cu mostre etalon de rugozitate

Metoda constă în compararea vizuală sau tactilă a rugozității suprafeței prelucrate cu o rugozitate etalon (figura 6.11.)

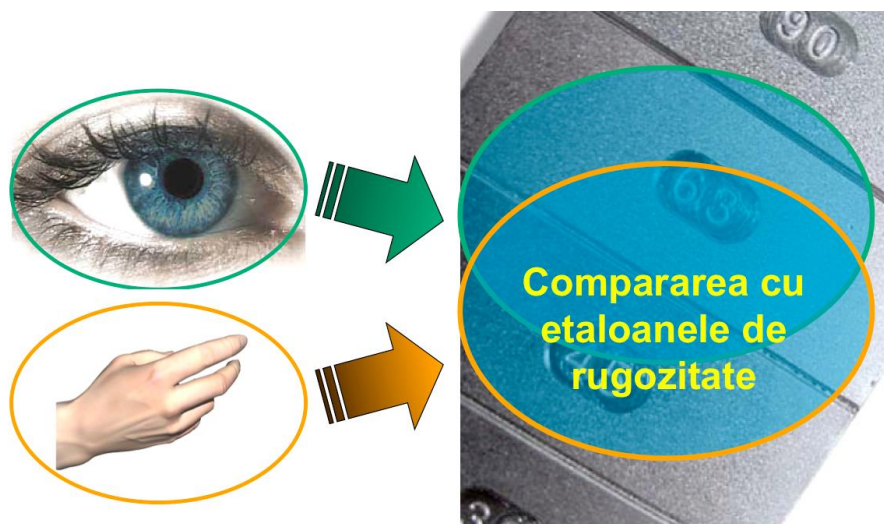


Figura 6.11. Compararea cu etaloane de rugozitate [MIT 11]

Evaluarea calitativă a rugozității prin comparare cu mostre etalon, constă în stabilirea corespondenței dintre un etalon de rugozitate și piesa de măsurat. Se analizează suprafața piesei căreia dorim să-i evaluăm rugozitatea și suprafața etalonului care trebuie să aibă aceeași formă și care a suferit aceeași prelucrare cu piesa de verificat. Aprecierea rugozității prin comparare cu etaloane de rugozitate se poate efectua cu ochiul liber sau cu microscopul comparator.

#### 6.5. Rezultate și modul de lucru

Se vor face determinări prin ambele metode prezentate în lucrare. Se compară valoarea efectivă a parametrilor de rugozitate cu valorile prescrise pe desenul de execuție și se formulează concluziile cu privire la:

- mărimea rugozității suprafeței controlate în raport cu cea prescrisă, stabilindu-se dacă piesa, din acest punct de vedere, este bună sau este rebut;
- eficacitatea folosirii metodelor și mijloacelor utilizate pentru determinarea rugozității.

Parametrii de rugozitate măsurați cu ajutorul rugozimetrului Namicon TR100 se vor trece în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1. Rezultate

Numărul de identificare al piesei	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]
1		
2		
3		

## LUCRAREA 7.

### MĂSURAREA UNGHIURILOR, ÎNCLINĂRILOR ȘI CONICITĂȚILOR

#### 7.1. Scopul lucrării

Lucrarea are ca scop măsurarea unghiurilor, înclinărilor și conicităților prin diferite metode de măsurare. Se vor compara valorile efective ale unghiurilor cu valorile limită prescrise ale acestora.

#### 7.2. Considerații teoretice

Datorită trecerii masive la măsurările utilizând mașinile de măsurare 3D, importanța sistemelor convenționale de măsurare a unghiurilor a scăzut mult. Firmele, care au reușit să achiziționeze sisteme de măsurare în coordonate, nu mai sunt interesate de sistemele clasice de măsurare. Sistemele prezentate în această lucrare rămân în uzul industrial, dacă utilizarea mașinii de măsurat în coordonate nu este justificată economic (de exemplu pentru piese simple) [CRI 04].

Măsurarea unghiurilor, înclinărilor și conicităților poate fi realizată prin trei grupe de metode:

- goniometrice - la care mijloacele de măsurare permit citirea directă a mărimii unghiulare. În industria constructoare de mașini, se folosesc: nivele, raportoare mecanice, digitale și optice, goniometre de mare precizie, etc.;
- trigonometrice - care determină valoarea unghiului indirect, utilizând funcții trigonometrice simple. Efectiv, se masoară dimensiuni liniare și apoi se ajunge la o mărime unghiulară;
- care folosesc măsuri rigide - se utilizează cale unghiulare, calibre, șabloane, etc. În acest caz, se fac verificări asupra mărimii unghiulare (se apreciază numai dacă valorile unghiurilor piesei de verificat se încadrează între limitele prescrise).

*Înclinarea,  $S$* , este o mărime caracteristică unei prisme, egală cu diferența dintre înălțimea mare și înălțimea mică raportată la lungimea acesteia, figura 7.1.a).

$$S = \frac{H - h}{L} = \tan \beta$$

*Conicitatea,  $C$*  este o mărime caracteristică a unui trunchi de con, egală cu diferența dintre diametrul mare și diametrul mic raportată la lungimea acestuia figura 7.1.b).

$$C = \frac{D - d}{L} = 2 \tan \left( \frac{\alpha}{2} \right)$$

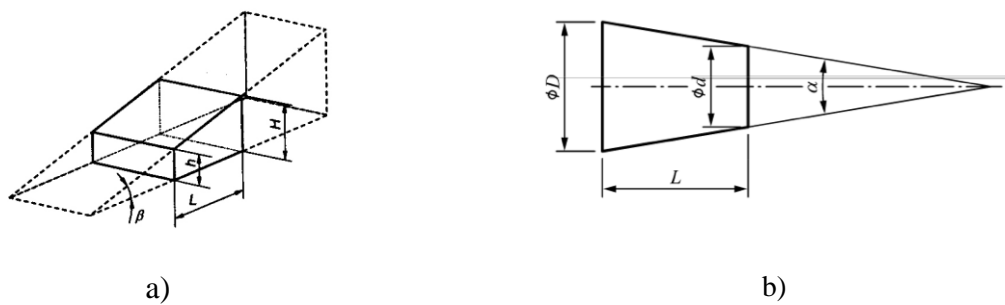


Figura 7.1. Înclinarea a) și conicitatea b)

Unitatea de măsură a unghiurilor în sistemul internațional de unități SI este radianul (simbol: rad). Pe desenele tehnice dimensiunea unghiurilor se notează în grade sexazecimale.

Un radian este unghiul la centrul cercului pentru care arcul este egal cu raza acestuia:

$$1\text{rad} = 57^{\circ} 17' 44,8''$$

$$1^{\circ} = \pi/180 \text{ rad.}$$

### 7.3. Măsurarea unghiurilor prin metode goniometrice folosind raportorul

Raportoarele sunt instrumentele cele mai des folosite la măsurarea unghiurilor.

Din punct de vedere constructiv, raportoarele sunt: digitale (figura 7.2.a), optice (figura 7.2.b), și mecanice (cu vernier).



Figura 2. Raportoare: digital a) și optic b)

În figura 7.3, sunt prezentate două exemple de măsurare a unghiurilor utilizând raportoarele.

La măsurarea unghiurilor se procedează astfel :

- se alege rigla mobilă adecvată;
- se reglează și se verifică raportorul cu ajutorul unei cale unghiulare;
- se rotește rigla mobilă, până când ambele rigle se suprapun pe piesa de controlat (fără a avea fantă de lumină între rigle și piesă);
- se fixează poziția relativă a celor două rigle cu ajutorul sistemului de blocare;
- se efectuează citirea. De cele mai multe ori, valoarea citită nu coincide cu cea măsurată.

Trebuie apreciată mărimea unghiului, iar valoarea citită se adună sau se scade din  $90^\circ$  sau din  $180^\circ$ .



Figura 7.3. Exemple de măsurare utilizând raportorul mecanic cu vernier

## **7.4. Determinarea dimensiunilor unghiulare prin metode trigonometrice**

### **7.4.1. Măsurarea alezajelor conice utilizând bile calibrate**

Se așează alezajul conic de măsurat pe platoul de control (figura 7.4). Se introduce în alezajul conic bila mică, având raza  $r$ . Utilizând un șubler sau un micrometru de adâncime, se măsoară cota  $H$  (distanța axială de la baza mare la bila mică). Ulterior, se introduce bila mare, cu raza  $R$  și se măsoară cota  $h$  (distanța axială de la baza mare la bila mare).

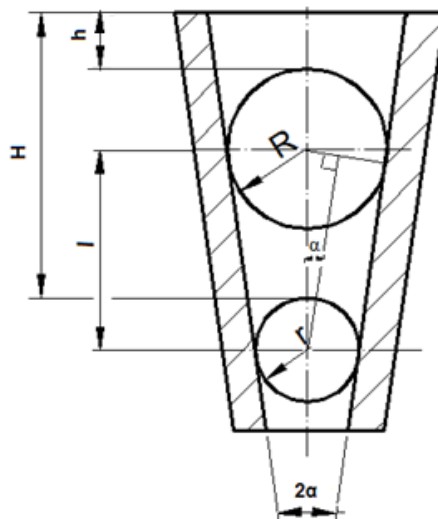


Figura 7.4. Măsurarea unghiului alezajului conic cu ajutorul bilelor calibrate

Utilizând cele două bile calibrate de dimensiuni diferite, conform montajului din figura 7.4, se poate determina unghiul  $\alpha$  cu relația:

$$\sin \alpha = \frac{R-r}{l}$$

unde elementele care apar în formulă reprezintă:

$l = H - h - R + r$  - distanța axială dintre centrele bilelor calibrate

$R, r$  - razele bilelor calibrate

$\alpha$  - unghiul dintre axa și generatoarea alezajului conic

În planul axial, unghiul între generatoarele alezajului conic se va determina cu relația:

$$2\alpha = 2 \arcsin(R - r) / l$$

#### 7.4.2. Măsurarea arborilor conici folosind role calibrate

Se așează arborele conic cu baza mică pe platoul de control (figura 7.5). Rolele calibrate se poziționează de o parte și de alta a arborelui conic. Cu ajutorul unui șubler sau al unui micrometru, se măsoară cota peste role,  $L_1$ . Se formează două blocuri de cale cu aceeași dimensiune nominală și se așează, pe platoul de control, de o parte și de cealaltă a arborelui conic, iar pe suprafețele de măsurare libere se poziționează câte o rolă calibrată. Se măsoară cota peste role  $L_2$  (în mm).

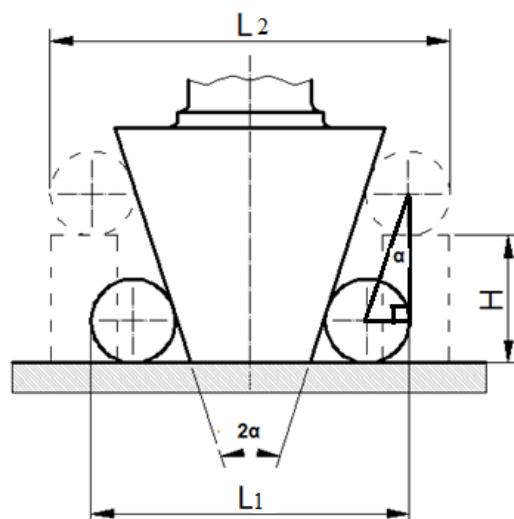


Figura 7.5. Măsurarea unghiului arborelui conic folosind role calibrate

În cazul unui arbore conic, determinarea unghiului  $2\alpha$  (figura 7.5) se face utilizând relația:

$$2\alpha = 2 \arctg \left( \frac{L_2 - L_1}{2H} \right)$$

unde elementele care apar în formulă reprezintă:

- H - dimensiunea nominală a blocurilor de cale;
- $L_1$  - distanța măsurată peste role, când acestea sunt pe platoul de control;
- $L_2$  - distanța măsurată peste role, când acestea sunt pe blocurile de cale.

#### 7.4.3. Măsurarea arborilor conici utilizând rigla sinus

Utilizarea riglei sinus este limitată la unghiuri ascuțite (de obicei până la  $45^\circ$ ). Se folosesc cale plan-paralele. Se poziționează arborele conic de măsurat pe rigla sinus (figura 7.6). Se formează blocul de cale la dimensiunea  $H_t$ , care se calculează cu relația:

$$H_t = L \sin 2\alpha_t$$

unde elementele care apar în formulă reprezintă:

- $H_t$  - dimensiunea teoretică a blocului de cale;
- L - constanta riglei sinus (distanța dintre rolele egale);
- $2\alpha_t$  - unghiul teoretic prescris.



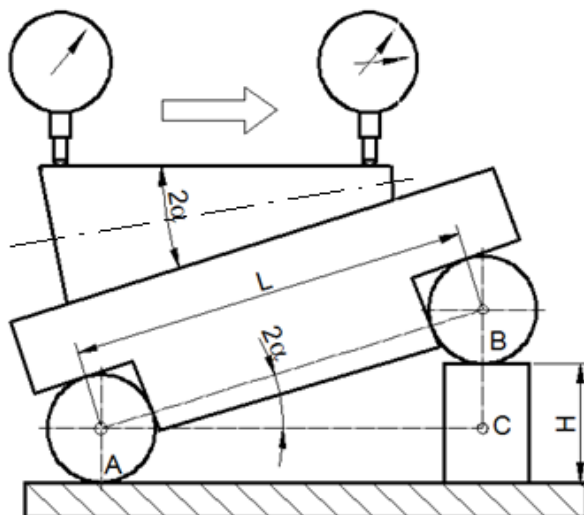


Figura 7.6. Schema de măsurare a arborelui conic utilizând rigla sinus

Blocul de cale format la dimensiunea  $H$ , se poziționează sub rola mobilă a riglei sinus. Generatoarea superioară a arborelui conic de măsurat, ar trebui să fie paralelă cu placa de control. Verificarea paralelismului se face utilizând un comparator cu cadran care se deplasează de-a lungul generatoarei conului de măsurat. Dacă valorile indicate de comparatorul cu cadran la extremitățile generatoarei, sunt egale, atunci generatoarea conului este paralelă cu placa de control.

Dacă valorile indicate, de comparatorul cu cadran, la cele două extremități sunt diferite, se modifică dimensiunea blocului de cale, repetându-se după fiecare modificare operația de verificare a paralelismului generatoarei cu placa de control.

La o anumită înălțime  $H$  a blocului de cale, la cele două extremități ale generatoarei superioare, se observă un același punct de întoarcere pentru acul comparatorului (prin deplasarea comparatorului pe direcție perpendiculară pe axa piesei de măsurat). Unghiul efectiv între generatoarele arborelui conic se calculează cu relația:

$$2\alpha = \arcsin \frac{H}{L}$$

unde elementele care apar în formulă reprezintă:

- $H$  - dimensiunea blocului de cale;
- $L$  - constanta riglei sinus (distanța dintre rolele egale);
- $2\alpha$  - unghiul între generatoarele arborelui conic, în planul axial.

## 7.5. Verificarea unghiurilor utilizând măsuri rigide

Calele unghiulare sunt măsuri unghiulare cu valoare fixă, având formă prismatică triunghiulară, cu un singur unghi activ, sau prismatică dreptunghiulară, cu toate unghiurile active. Ele se utilizează pentru verificarea directă a unghiurilor pieselor de precizie ridicată, cât și la reglarea și verificarea mijloacelor de măsurare care utilizează metoda goniometrică.



Figura 7.7. Trusă de cale unghiulare

Suprafețele active ale calelor unghiulare au, de obicei, o lungime de 70 mm și au o precizie ridicată (forma, poziția relativă și rugozitatea).

Calele unghiulare se execută în două clase de precizie:

- 1, cu abaterile limită:  $\pm 10''$ ;
- 2, cu abaterile limită:  $\pm 20''$ .

Pentru unghiurile de la  $10^\circ$  la  $90^\circ$  există truse care conțin 19, 36 sau 94 cale unghiulare. La verificarea unghiurilor se pot forma blocuri de cale unghiulare, cu ajutorul unor dispozitive anexe. În cazul verificării unghiurilor, se aplică metoda fantei de lumină.

## 7.6. Rezultate

Se identifică și se studiază mijloacele de măsurare specifice. Cu metodele prezentate în lucrare, se vor efectua măsurări și verificări ale diferitelor piese.

Prin compararea unghiurilor, înclinărilor și conicităților prescrise cu cele măsurate sau verificate, se trag concluzii cu privire la mărimile respective. Măsurările se vor efectua conform indicațiilor de la punctul 7.3, 7.4, iar rezultatele se vor nota în tabelele 7.1, 7.2, 7.3 și 7.4

Tabelul 7.1. Rezultate la măsurarea cu raportoare

Instrumentul folosit:							
Număr cotă	Caracteristică dimensională nominală întreagă (Dimensiunea nominală) [°]	Abaterea limită inferioară (ei, EI) [°]	Abaterea limită superioară (es, ES) [°]	Limita inferioară a dimensiunii (dimensiunea minimă admisă) [°]	Limita superioară a dimensiunii (dimensiunea maximă admisă) [°]	Dimensiunea efectivă (măsurată) [°]	Observații

Tabelul 7.2. Rezultatele la măsurarea alezajului conic utilizând bile calibrate

Distanța axială de la baza mare la bila mică, H [mm]	Distanța axială de la baza mare la bila mare, h [mm]	Distanța axială dintre centrele bilelor calibrate, l [mm]	Raza bilei mari, $R=D/2$ [mm]	Raza bilei mici, $r=d/2$ [mm]	$\sin \alpha$	Unghiul dintre axa și generatoarea alezajului conic, $\alpha$ [°]

Tabelul 7.3. Rezultate la măsurarea arborelui conic folosind role calibrate

Dimensiunea nominală a blocurilor de cale, H [mm]	Distanța măsurată peste role, când acestea sunt pe platoul de control, $L_1$ [mm]	Distanța măsurată peste role, când acestea sunt pe blocurile de cale $L_2$ [mm]	$\tan \alpha$	Unghiul între axa și generatoarea arborelui conic) $\alpha$ [°]

Tabelul 7.3. Rezultate la măsurarea arborelui conic utilizând rigla sinus

Dimensiunea teoretică a blocului de cale) $H_t$ [mm]	Constanta riglei sinus (distanța dintre rolele egale) L [mm]	Unghiul teoretic prescris $2\alpha_t$ [°]	Dimensiunea blocului de cale H [mm]	$\sin 2\alpha$	Unghiul între generatoarele arborelui conic, în planul axial $2\alpha$ [°]

## Bibliografie

- [CRI 04] Crișan, L., *METODE MODERNE DE MĂSURARE*, ISBN 973-35-1840-9, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 2004;
- [ITU 08] Itu, T., Tripa, M., *TOLERANȚE ȘI AJUSTAJE ÎN INGINERIE MECANICĂ*, ISBN 978-973-662-426-1, Editura UTPRESS, Cluj-Napoca, 2008;
- [ITU 90] Itu, T., Crișan, L., Breazu, E., Pavel, C., *TOLERANȚE ȘI MĂSURĂRI TEHNICE*, C.Z.U. 621.753.1/3 (076.5), Institutului Politehnic Cluj-Napoca, 1990;
- [MIT 11] Mitutoyo Metrology Handbook, *THE SCIENCE OF MEASUREMENT*, ISBN 978-0-9556133-0-2, 2011;
- [MIT 12] <http://www.mitutoyo.com.sg/documents/manuals;>
- [POT 11] Potorac, A., Prodan, D., *TOLERANȚE ȘI CONTROL DIMENSIONAL*, Îndrumar de laborator, Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava, 2011;
- [SRE 01] SR EN ISO 3274:2001 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței. Metoda profilului. Caracteristici nominale ale aparatelor de măsură cu contact (palpator)
- [SRE 02] SR EN ISO 4288:2002 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței. Metoda profilului. Reguli și proceduri pentru evaluarea stării suprafeței;
- [SRE 02-1] SR EN ISO 1302:2002 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Indicarea stării suprafeței în documentația tehnică de produs
- [SRE 03] SR EN ISO 4287:2003      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței: Metoda profilului. Termeni, definiții și parametri de stare ai profilului
- [SRE 03-1] SR EN ISO 4287:2003/AC:2009      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței: Metoda profilului. Termeni, definiții și parametri de stare ai profilului

- [SRE 03-2] SR EN ISO 4287:2003/A1:2009      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Starea suprafeței: Metoda profilului. Termeni, definiții și parametri de stare ai suprafeței. Amendament 1: Număr de proeminențe;
- [SRE 04] SR EN ISO 2538:2004 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Serii de unghiuri ale prismelor și înclinări;
- [SRE 11] SR EN ISO 3611:2011      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Echipament de măsurare dimensională: Micrometre de exterior. Caracteristici de proiectare și caracteristici metrologice;
- [SRE 11-1] SR EN ISO 13385-1:2011 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Echipament de măsurare a dimensiunilor. Partea 1: Șublere; concepție și caracteristici metrologice;
- [SRE 11-2] SR EN ISO 13385-2:2011 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Echipament de măsurare a dimensiunilor. Partea 2: Șublere de adâncime; concepție și caracteristici metrologice;
- [SRE 12] SR EN ISO 1119:2012 ver.eng.      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Serii de unghiuri de conuri și de conicități;
- [SRE 12-1] SR EN ISO 3040:2012      Specificații geometrice pentru produse (GPS). Cotare și tolerare. Conuri;
- [SRI 94] SR ISO 7863:1994      Micrometre verticale și blocuri de supraînălțare;
- [STA 70] STAS 6467-70      Micrometru pentru țevi. Condiții generale;
- [STA 73] STAS 1373/5-73      Șublere de dantură. Dimensiuni;
- [STA 80] STAS 6519-80      Micrometre cu talere pentru roți dințate. Condiții tehnice generale de calitate;
- [STA 82] STAS 7087-82      Mostre de rugozitate;
- [STA 83] STAS 11671-83      Micrometre de interior. Condiții tehnice generale de calitate;

- [STA 83-1] STAS 11672-83 Micrometre pentru filete. Condiții tehnice generale de calitate;
- [STA 85] STAS 12402-85 Micrometre de adâncime;
- [STA 87] STAS 1373/1-87 Șublere. Condiții tehnice generale de calitate;
- [STA 87-1] STAS 6466-87 Micrometre pentru tablă. Condiții tehnice generale de calitate
- [ULT 12] [www.ultrapraezision.de](http://www.ultrapraezision.de);
- [WEK 99] Wekkemann, A., Gewande, B.- *KOORDINATENMESSTECHNIK, München*, Carl Hanse, 1999.