**FACULTATEA DE CONSTRUCŢII DE MAŞINI
ŞI MANAGEMENT INDUSTRIAL**

Florentin Cioată **Adriana Munteanu**

Păduraru Emilian

TOLERANŢE ŞI CONTROL DIMENSIONAL
Lucrarea de laborator nr. 8

Iaşi, 2020

LUCRAREA NR. 8.

CONTROLUL FORMEI MACROGEOMETRICE A SUPRAFEŢELOR CU MIJLOACE DE MĂSURARE UNIVERSALE

Aplicaţii care se vor efectua la lucrarea de laborator nr. 8:

- verificarea rectilinităţii prin metoda fantei luminoase;
- măsurarea abaterii la rectilinitate cu instrument indicator;
- măsurarea abaterii la planitate cu instrument indicator;
- măsurarea abaterii la circularitate la suprafeţe cilindrice exterioare cu pasametru şi ortotest;
- măsurarea abaterii la circularitate la suprafeţe cilindrice interioare cu comparator de interior şi pasimetru.

1. Scopurile lucrării de laborator

- se va urmări identificarea, pe desenele de reper, a toleranţelor de formă a suprafeţelor;
- cunoaşterea metodelor de măsurarea abaterilor la rectilinitate, planitate, circularitate, aplicarea unei metode de măsurare a acestora, prelucrarea şi interpretarea rezultatelor, luarea deciziilor cu privire la piesele controlate.

2. Consideraţii generale

Abaterile de la forma suprafeţelor sunt diferenţele cu care se obţine forma suprafeţelor în urma prelucrării şi forma teoretică, fiind generate de imprecizia procesului de prelucrare.

Principalele abateri de la forma suprafeţelor sunt:

- abaterea la rectilinitate;
- abaterea la planitate;
- abaterea la circularitate;
- abaterea la cilindricitate;
- abaterea la forma dată a profilului;
- abaterea la forma dată a suprafeţei

3. Metode de control al formei suprafeţelor cu mijloace de măsurare universale.

Controlul formei suprafeţelor constă în verificarea formei macrogeometrice a elementelor geometrice ale pieselor (drepte, profile, plane, suprafeţe) şi în măsurarea abaterilor macrogeometrice de formă a elementelor geometrice ale pieselor, prin două categorii distincte de metode de control:

- metode la aplicarea cărora se utilizează mijloace de măsurare universale pentru lungimi: instrumente indicatoare, dispositive de control şi accesorii necesare pentru orientarea - poziţionarea şi fixarea pieselor de controlat, respectiv pentru fixarea instrumentului sau a aparatului utilizat;
- metode speciale.

O metodă aplicată pentru controlul unei abateri de formă, indiferent de mijloacele de măsurare utilizate, se caracterizează prin următoarele elemente:

- ***schema de măsurare***, care este o reprezentare grafică în care se indică: piesa de controlat, modul de orientare - poziţionare şi fixare a ei, pentru măsurare, modul de fixare a instrumentului indicator, poziţia instrumentului faţă de piesa de controlat, mişcările pe care le execută piesa şi/sau instrumental, în timpul măsurării. De regulă, schema de măsurare se execută sub formă de schiţă;
- ***echipamente şi accesorii necesare*** sunt echipamentele de control (măsuri, instrumente şi aparate de măsurare, dispozitive de control, etc.) şi accesoriile (suporţi, prisme, cepuri şi dornuri de control, rigle şi plăci de verificare, elemente de fixare, etc.) utilizate pentru orientarea- poziţionarea şi/sau fixarea piesei de controlat şi pentru fixarea instrumentului indicator;

Notă: toate ehipamentele de control şi accesoriile utilizate pentru controlul geometriei elementelor geometrice ale organelor de maşini, în laboratorul discipliei TCD, sunt grupate în 11 categorii distincte şi sunt prezentate în **ANEXA I**. În ANEXA I, echipamentele şi accesoriile sunt codificate printr-un cod, format din numărul categoriei de echipament din care face parte, urmat de numărul de ordine în cadrul categoriei de echipament.

- ***tehnica măsurării*** reprezintă descrierea modului de aplicare a metodei de control considerate; se urmăresc următoarele aspecte: descrierea modului de orientare- poziţionare şi/sau fixare a piesei de controlat, descrierea modului de reglare la zero a instrumentului indicator, descrierea mişcărilor pe care trebuie să le execute anumite elemente (piesă de controlat, suport, placă, etc,), una faţă de alta, modul de obţinere a indicaţiilor instrumentului/aparatului de măsurare.

Notă: deoarece se utilizează instrumente şi aparate comparatoare, valorile măsurate reprezintă indicaţiile acestora; pentru obţinerea valorii efective a abaterii de formă măsurate aceste valori măsurate se prelucrează prin utilizarea de relaţii corespunzătoare fiecărui parametru considerat.

3.1. Verificarea rectilinităţii prin metoda fantei luminoase

Echipamente şi accesorii necesare (vezi* ANEXA I*): placă de verificare cu suprafaţă activă, cod **I.1**, riglă de verificare cu o muchie activă, cod **II.1**, sursă de lumină (lumina zilei, lampă), piesa de controlat.

Schema de verificare: este prezentată în fig.1.

Tehnica de verificare: pentru verificarea rectilinităţii fiecărei drepte conţinută în suprafaţa plană **a**, a piesei de controlat 1, aceasta se sprijină pe o placă de verificare 2, în faţa unei surse de lumină 4 (o lampă); pe suprafaţa **a**, a piesei se aşază muchia activă **b**, a riglei de verificare 3 şi se observă existenţa fantei de lumină dintre suprafaţa **a** şi muchia **b**. În cazul în care apare fantă de lumină înseamnă că există abatere de la rectilinitate de-a lungul liniei de contact dintre elementele **a** şi **b**.

Verificarea rectilinităţii fiecărei drepte conţinută în suprafaţa **a**, se realizează prin deplasarea riglei de verificare având muchia activă **b** în contact permanent cu suprafaţa piesei, pe toată lăţimea piesei, observându-se apariţia fantei de lumină.

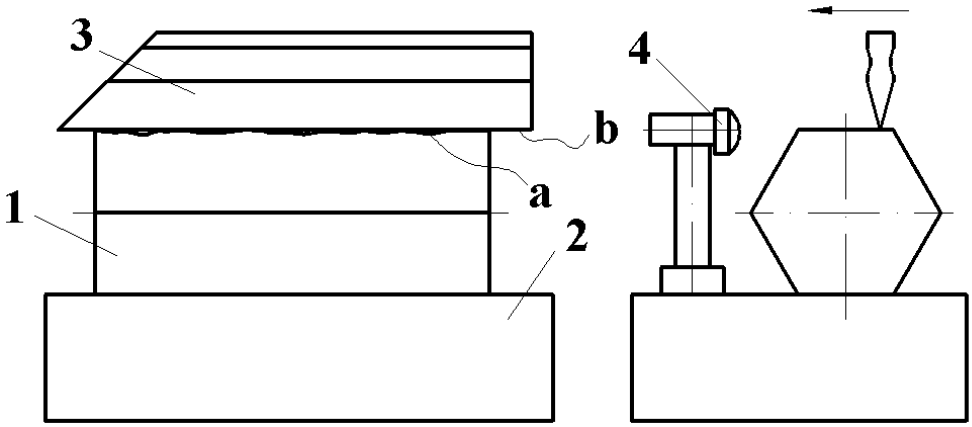


Fig.1
Verificarea rectilinităţii

3.2. Măsurarea abaterii la rectilinitate cu instrument indicator

Pe desenul de reper al piesei din fig. 2.a, este indicată o toleranţă de formă. Semnificaţia notaţiei este: toleranţa la rectilinitatea muchiilor piesei este 0,06 mm.

Pentru a stabili dacă abaterea la rectilinitate a muchiilor se încadrează în toleranţa prescrisă, se aplică metoda de măsurare cu instrument indicator.

Echipamente şi accesorii necesare (vezi* ANEXA I*): placă de verificare cu suprafaţă activă, cod **I.1**, suport reglabil cu suprafaţă de sprijin prismatică, cod **IV.3**, (doi suporţi) comparator cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,01 mm, cu palpator în formă de cuţit, fixat la suport de atelier, cod **IX.1**, distanţier, piesa de controlat.

Schema de măsurare pentru măsurarea abaterii de la rectilinitate a unei muchii este prezentată în fig.2.b.

Tehnica măsurării: piesa de controlat 1, sub formă de prismă dreaptă cu baza hexagon, se sprijină, prin intermediul prismelor 2, pe doi suporţi reglabili 3, aşezaţi pe suprafaţa activă **a**, a plăcii de verificare 4; pe aceeaşi suprafaţă activă **a**, se sprijină suportul 6, al comparatorului cu cadran 5, prevăzut cu vârf de măsurare sub formă de cuţit.

Pentru măsurarea abaterii la rectilinitatea muchiei **b**, a piesei de controlat, se realizează întâi paralelismul dintre muchia **b** şi suprafaţa activă **a**, a plăcii de verificare 4; în acest scop, se aduce vârful de măsurare al comparatorului cu cadran 5, în contact cu muchia piesei, la un capăt al piesei (poziţia A) şi se reglează la zero instrumentul. Se deplasează suportul 6, cu instrumentul de măsurare la celălalt capăt al piesei (poziţia B) şi se aduce din nou vârful de măsurare în contact cu muchia **b**; se observă indicaţia instrumentului: dacă indicaţia este diferită de zero, cele două elemente **a** şi **b** nu sunt paralele. Pentru a realiza paralelismul se reglează înălţimea suportului corespunzător poziţiei B, până ce indicaţia instrumentului în punctul B este zero; se deplasează instrumentul indicator în punctul A şi se observă indicaţia acestuia. Dacă indicaţia comparatorului este diferită de zero în acest punct, se modifică înălţimea suportului reglabil corespunzător poziţiei A, până când indicaţia în punctul A este zero; se verifică apoi, indicaţia instrumentului în punctul B.

Se repetă operaţiile de reglare a înălţimii suporţilor 3, până când indicaţiile instrumentului vor fi zero în ambele puncte A şi B; în acest fel se poate considera că prin punctele A şi B, de pe muchia piesei de controlat, trece o dreaptă virtuală paralelă cu suprafaţa activă a plăcii de verificare.

Pentru măsurarea abaterii la rectilinitate a muchiei **a**, se deplasează instrumentul indicator, având vârful de măsurare în contact permanent cu muchia **a**, pe lungimea AB (considerată lungime de referinţă) şi se notează indicaţiile minimă şi maximă ale instrumentului; pentru deplasarea rectilinie a instrumentului, suportul acestuia va fi menţinut permanent în contact cu distanţierul 7.

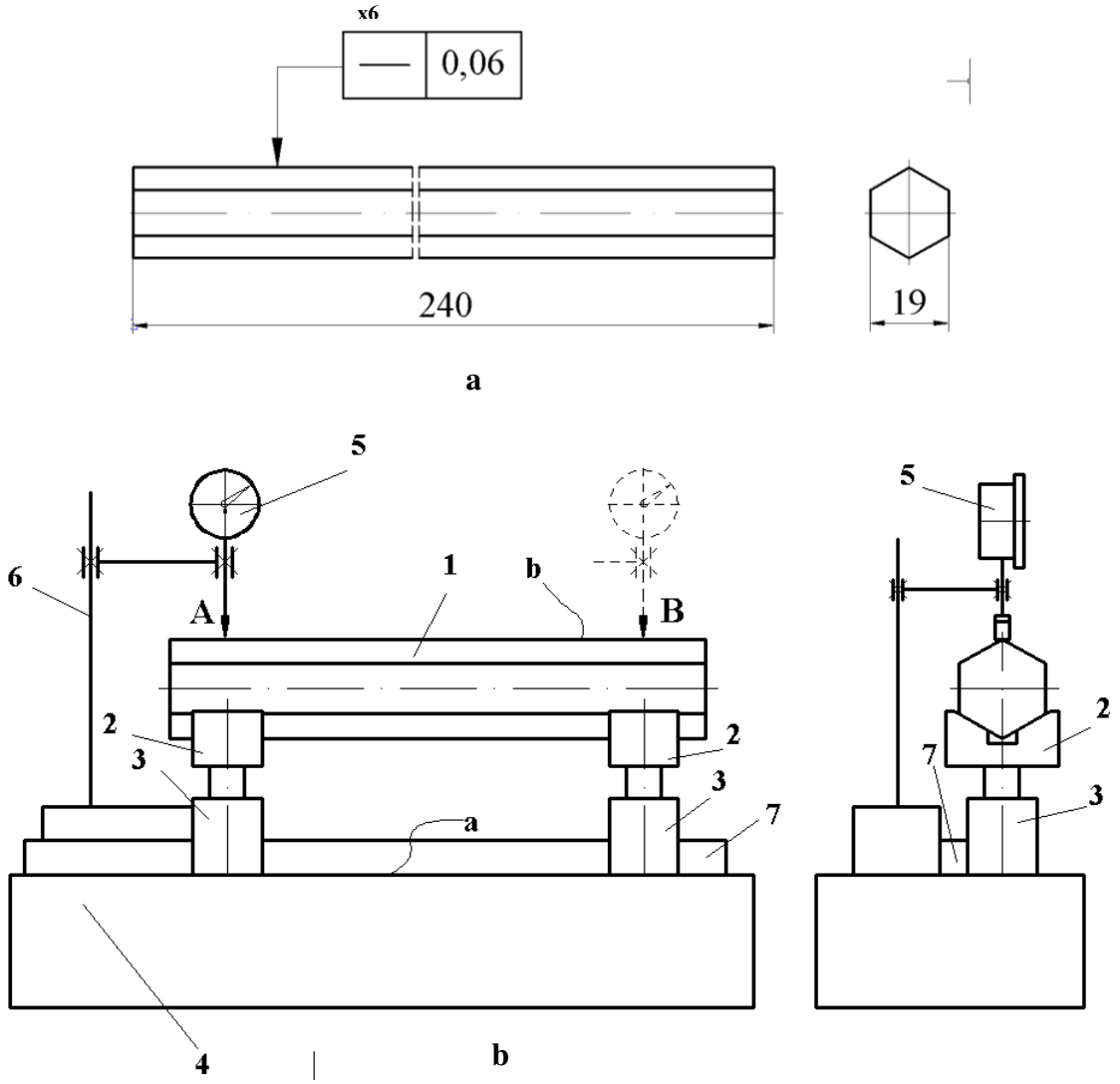


Fig. 2
Măsurarea abaterii la rectilinitate cu instrument indicator
a.- indicarea toleranţei la rectilinitate, pe desen;
b. schema de măsurare.

Obţinerea valorii efective a abaterii: diferenţa algebrică a indicaţiilor extreme măsurate reprezintă abaterea efectivă la rectilinitate a muchiei controlate.

Se măsoară abaterea la rectilinitate a celor 6 muchii ale piesei, obţinându- se 6 valori efective; cea mai mare dintre ele, A_{max}, se compară cu toleranţa prescrisă.

Dacă $A_{max} \leq IT$, se poate lua decizia: piesa controlată este admisă pentru utilizare.

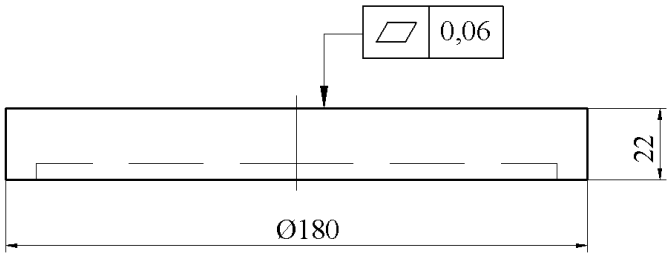
3.3. Măsurarea abaterii la planitate cu instrument indicator

Pe desenul de execuţie al piesei din fig. 3.a, este indicată o toleranţă de formă. Semnificaţia notaţiei este: toleranţa la planitatea suprafeţei frontale superioară a piesei este 0,06 mm.

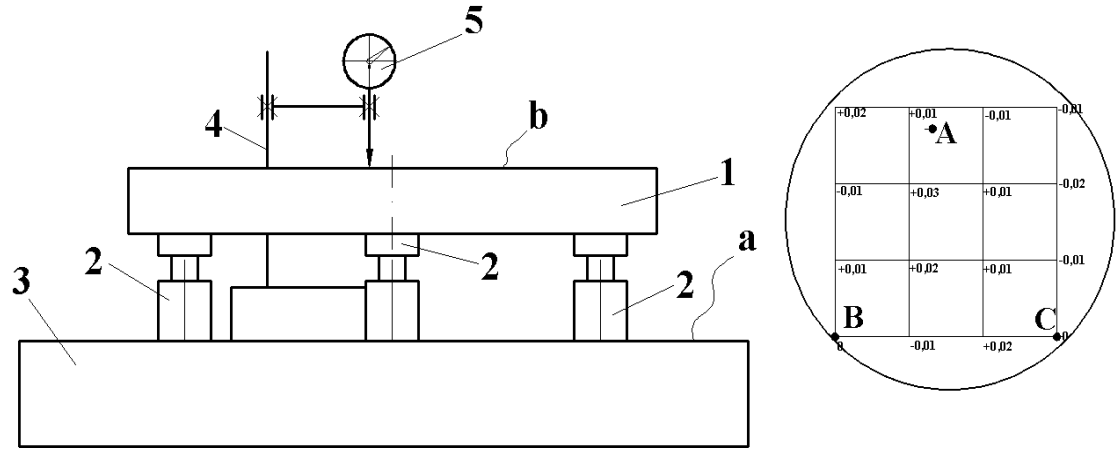
Pentru a stabili dacă abaterea la planitatea suprafeţei frontale a piesei se încadrează în toleranţa prescrisă, se aplică metoda de măsurare cu instrument indicator.

Echipamente şi accesorii necesare (vezi **ANEXA I*)***: placă de verificare cu suprafaţă activă, cod **I.1**, suport reglabil cu suprafaţă de sprijin plană, cod **IV.2** (3 suporţi), comparator digital cu precizia de citire de 0,01 mm, fixat la suport de atelier, cod **IX.2**; piesa de controlat.

Schema de măsurare pentru măsurarea abaterii de la planitatea unei suprafeţe la o piesă paralelipipedică este prezentată în fig.3.b.



a



b

Fig. 3
Măsurarea abaterii la planitate cu instrument indicator
a.- indicarea toleranţei la planitate, pe desen;
b. schema de măsurare.

Tehnica măsurării: piesa de controlat 1 se sprijină pe trei suporţi reglabili 2, care sunt aşezaţi pe suprafaţa activă **a**, a plăcii de verificare 3 (suporţii sunt poziţionaţi astfel încât punctele A, B, C (a se vedea detaliul), corespunzătoare de pe suprafaţa de controlat **b**, a piesei să fie necoliniare); pe suprafaţa acivă **a**, este aşezat şi suportul 4 al comparatorului cu cadran 5. Înainte de efectuarea măsurării, suprafaţa **b**, a piesei trebuie adusă în poziţie paralelă cu suprafaţa activă **a**, a plăcii de verificare, faţă de care se vor măsura abaterile la planitate. Pentru aceasta se va regla înălţimea celor trei suporţi până când trei puncte necoliniare de pe suprafaţa **b,** se vor afla la aceeaşi distanţă de suprafaţa activă **a**, astfel: se

aduce vârful instrumentului indicator în contact cu suprafaţa **b** în punctul A şi se reglează la zero instrumentul; se deplasează suportul 4 cu instrumentul 5, aducându-se vârful acestuia în punctul B şi se acţionează suportul reglabil corespunzător până când se obţine indicaţia zero a comparatorului. Se procedează la fel şi pentru punctul C, se revine, apoi în punctul A, ş.a.m.d., până când pentru toate cele trei puncte: A, B, C, instrumentul indică aceeaşi abatere, zero.

După realizarea paralelismului dintre suprafeţele **a** şi **b**, se fac măsurări în mai multe puncte prin deplasarea instrumentului indicator, aducându-se vârful acestuia în contact cu nodurile reţelei (trasată pe suprafaţa b, a piesei) şi se notează indicaţiile instrumentului (a se vedea detaliul).

Obţinerea valorii efective a abaterii: abaterea la planitate A_e, a suprafeţei controlate **b**, a piesei, se obţine prin diferenţa indicaţiilor maximă şi minimă obţinute.

Aceasta se compară cu toleranţa prescrisă, iar dacă $A_e \leq IT$, se poate lua decizia: piesa controlată este admisă pentru utilizare.

3.4. Măsurarea abaterilor la circularitate la suprafeţe cilindrice exterioare cu instrumente indicatoare.

La suprafeţele pieselor prelucrate prin aşchiere se întâlnesc două forme ale abaterii de la circularitate, care se măsoară prin metode specifice, fiecare metodă distingându-se prin moduri distincte de sprijinire a suprafeţei cilindrice de controlat şi metode specifice de determinare a abaterii de la circularitate:

- ***ovalitatea*****,** caracterizată prin existenţa a două diametre maxim şi minim ale secţiunii reale care are formă de elipsă; se măsoară prin introducerea piesei de controlat între suprafeţe plane (fig.4.b).
- ***poligonalitatea*****,** caracterizată prin forma de poligon închis al secţiunii reale, format din cel puţin trei arce de cerc racordate; se măsoară prin aşezarea piesei pe suprafeţe prismatice (fig.4.c).

Se deosebesc două metode distincte de măsurare a abaterii de la circularitate, corespunzătoare celor două forme particulare ale acesteia.

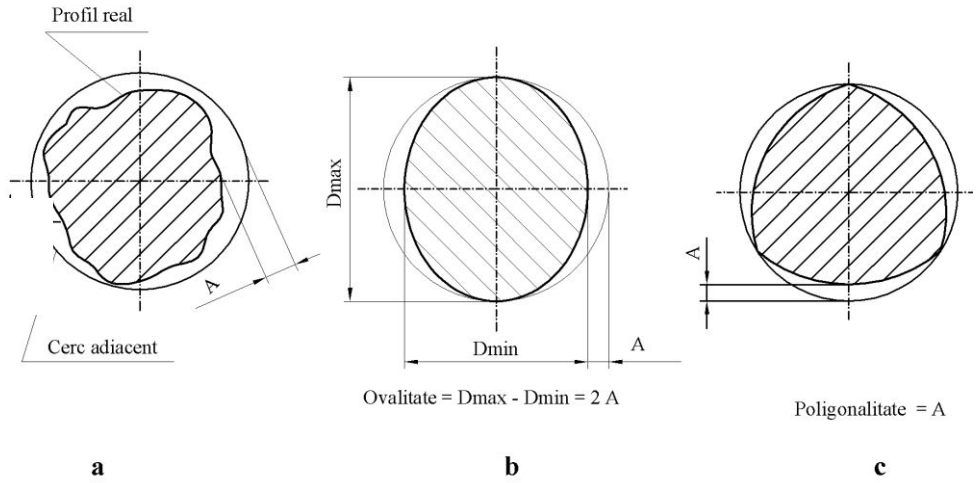


Fig. 4

- ***Metoda de măsurare cu două puncte de contact***, caracterizată prin introducerea piesei de controlat 1, între două suprafeţe plane (fig. 5.a), este aplicată la măsurarea ovalităţii; un punct **a** este materializat la contactul suprafeţei cilindrice de controlat cu masa 2, a dispozitivului de control (într-o secţiune normală a piesei), iar al doilea punct **b** este materializat de contactul dintre palpatorul 4, al instrumentului de

măsurare 5, cu suprafaţa cilindrică de controlat. Instrumentul de măsurare este un instrument comparator, care se reglează la zero, fie pe o măsură de lungime care materializează valoarea nominală a diametrului suprafeţei de controlat (bloc de cale plan-paralele, calibru tampon cilindric, piesă model), fie direct pe suprafaţa de controlat. După reglarea la zero a instrumentului indicator, se măsoară diametrul secţiunii normale considerate, în patru poziţii diametrale dispuse uniform pe circumferinţă (conform detaliului), obţinându-se patru valori măsurate; valoarea măsurată a abaterii de la circularitate reprezintă semidiferenţa valorilor maximă şi minimă dintre cele patru valori efective:

$$A = \frac{d_{max} - d_{min}}{2} = \frac{\delta_{max} - \delta_{min}}{2}, \qquad (1)$$

<u>Notă:</u> în relaţia (1), se consideră diferenţa diametrelor, atunci când, pentru măsurarea lor, se aplică metoda evaluării directe; se consideră diferenţa abaterilor (indicaţiilor instrumentului comparator), atunci când, pentru măsurarea diametrelor, se aplică metoda diferenţei.

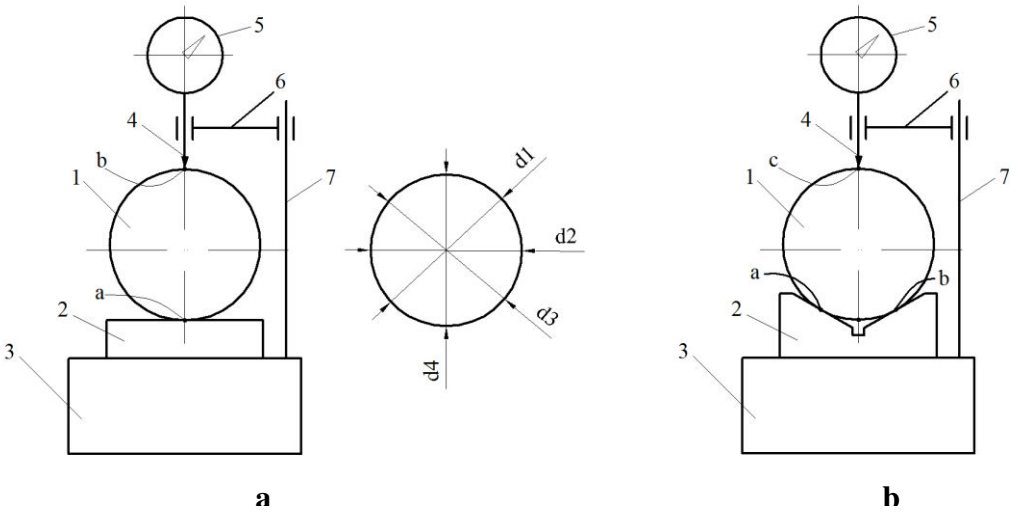


Fig.5
Scheme de măsurare a abaterii la circularitate
a. metoda cu contact în două puncte, b. metoda cu contact în trei puncte

- ***Metoda de măsurare cu trei puncte de contact*** caracterizată prin orientarea piesei de controlat 1, pe suprafeţe prismatice (fig. 5.b), este aplicată la măsurarea poligonalităţii; două puncte (**a** şi **b**) sunt materializate la contactul suprafeţei cilindrice de controlat cu prisma 2, de pe masa 3, a dispozitivului de control (într-o secţiune normală a piesei), iar al treilea punct **c** este materializat de contactul dintre palpatorul 4, al instrumentului de măsurare 5, cu suprafaţa cilindrică de controlat. Instrumentul de măsurare este un instrument comparator, care se reglează la zero direct pe suprafaţa de controlat. După reglarea la zero a instrumentului indicator, se roteşte piesa de controlat, în contact permanent cu palpatorul instrumentului indicator şi se notează indicaţiile instrumentului în punctele de întoarcere ale arătătorului; valoarea măsurată a abaterii de la circularitate (poligonalitatea) reprezintă diferenţa valorilor maximă şi minimă dintre abaterile δi, obţinute prin măsurarea secţiunii normale considerate a piesei de controlat:

$$A = \delta_{max} - \delta_{min}, \qquad (2)$$

Cele două metode de măsurare de bază prin care se evidenţiază formele particulare ale abaterii de la circularitate, se pot aplica cu utilizarea mijloacelor de măsurare universale incorporate în dispozitive tehnologice de control (comparatoare, pasametre, ortoteste, optimetre orizontale şi verticale, mese divizoare), a maşinilor de măsurat în coordonate sau a mijloacelor de măsurare speciale de tip Talyrond.

3.4.1. Măsurarea ovalităţii cu instrument comparator.

Pe desenul de execuţie al piesei din fig. 6.a, este indicată o toleranţă de formă.

Semnificaţia notaţiei este: toleranţa la circularitate a suprafeţei cilindrice cu diametrul nominal 20 mm, este 0,040 mm.

Pentru a stabili dacă abaterea la circularitate se încadrează în toleranţa prescrisă, se aplică metoda de măsurare cu două puncte de contact, folosind un instrument indicator.

Echipamente şi accesorii necesare (vezi* ANEXA I*): pasametru cu valoarea diviziunii de 0,002 mm, fixat la suport pentru pasametre, cod **IX.8.**, trusă de cale plan - paralele, cod **VI.1.**

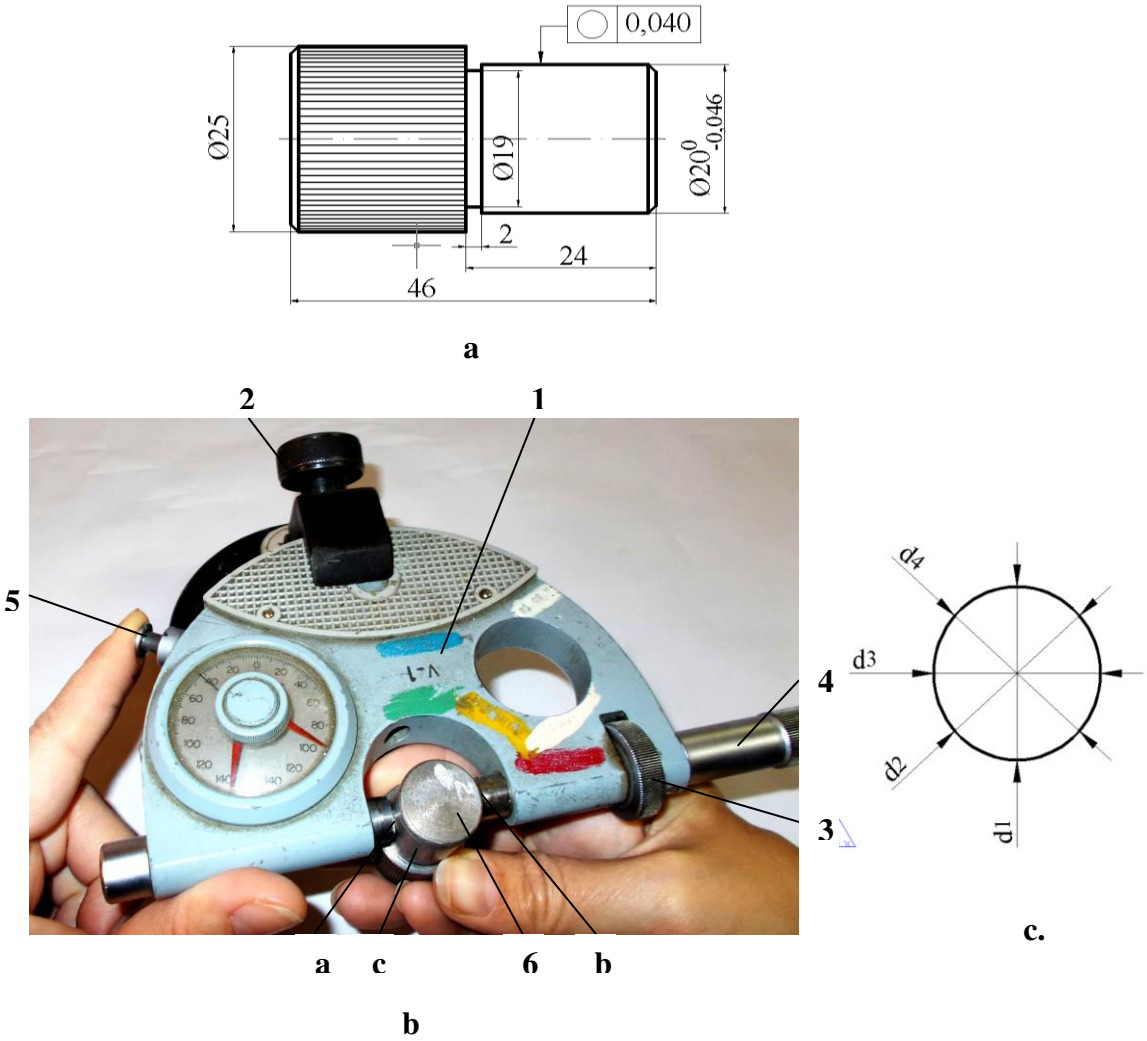


Fig. 6
Măsurarea ovalităţii cu pasametrul

a.- indicarea toleranţei la circularitate, pe desen;
b., c- măsurarea, schema de măsurare. (metoda cu două punce de contact);

Schema de măsurare pentru măsurarea abaterii de la circularitate (a ovalităţii) a unei suprafeţe cilindrice este prezentată în fig. 6.b.

Tehnica măsurării: pasametrul 1, se fixează în suportul 2; se formează un bloc de cale plan - paralele cu lungimea egală cu valoarea nominală a diametrului suprafeţei de controlat, cu care se reglează la zero pasametrul.

După reglarea la zero a pasametrului, se apasă butonul 5, de retragere a palpatorului mobil **a**, se introduce piesa de controlat 6, între suprafele active **a** şi **b**, aducându-se suprafaţa cilindrică **c**, de controlat, în contact cu acestea. Se eliberează butonul 5 şi se citeşte indicaţia instrumentului, corespunzătoare diametrului d_1. Prin rotirea piesei cu butonul 5 apăsat, se vor măsura, în acest fel, 4 diametre în aceeaşi secţiune a piesei de controlat, notându-se indicaţiile (abaterile) corespunzătoare fiecărui diametru măsurat (fig. 6.c).

Obţinerea valorii efective a abaterii: ovalitatea reprezintă diferenţa algebrică a abaterilor extreme, iar abaterea la circularitate A_e, se obţine prin calcularea semidiferenţei dintre indicaţiile extreme măsurate (relaţia 1).

Aceasta se compară cu toleranţa prescrisă, iar dacă $A_e \leq IT$, se poate lua decizia: piesa controlată este admisă pentru utilizare.

3.4.2. Măsurarea poligonalităţii cu instrument indicator.

Pe desenul de execuţie al piesei din fig. 7.a, este indicată o toleranţă de formă.

Semnificaţia notaţiei este: toleranţa la circularitate a suprafeţei cilindrice cu diametrul nominal 16 mm, este 0,010 mm.

Pentru a stabili dacă abaterea la circularitate se încadrează în toleranţa prescrisă, se aplică metoda de măsurare cu trei puncte de contact, folosind un instrument indicator.

Echipamente şi accesorii necesare (vezi* ANEXA I*): ortotest cu valoarea diviziunii de 0,001 mm, fixat la suport de laborator, cod **X.9.**, prismă scurtă joasă, cod **V.1.**

Schema de măsurare pentru măsurarea abaterii de la circularitate (a poligonalităţii) a unei suprafeţe cilindrice este prezentată în fig.7.b.

Tehnica măsurării: piesa de controlat 1, se sprijină, cu suprafaţa cilindrică de controlat, pe prisma 2, de pe măsuţa 3 a suportului ortotestului 4, fiind aşezată sub palpatorul în formă de cuţit 5, al instrumentului. Se aduce palpatorul 5, în contact cu generatoarea cea mai de sus a suprafeţei cilindrice de controlat a şi se reglează la zero ortotestul; se roteşte, apoi, piesa de controlat, cu o rotaţie completă (fiind permanent în contact cu palpatorul), notându-se abaterile extreme faţă de reperul zero al instrumentului.

Cu abaterile obţinute se poate trasa graficul în coordonate polare, al profilului circular efectiv, în secţiunea transversală controlată (fig. 7.c).

Obţinerea valorii efective a abaterii: abaterea la circularitate măsurată, A_e, este egală cu poligonalitatea măsurată, care se obţine ca diferenţă dintre valorile maximă şi minimă ale indicaţiilor ortotestului (relaţia 2).

Aceasta se compară cu toleranţa prescrisă, iar dacă $A_e \leq IT$, se poate lua decizia: piesa controlată este admisă pentru utilizare.

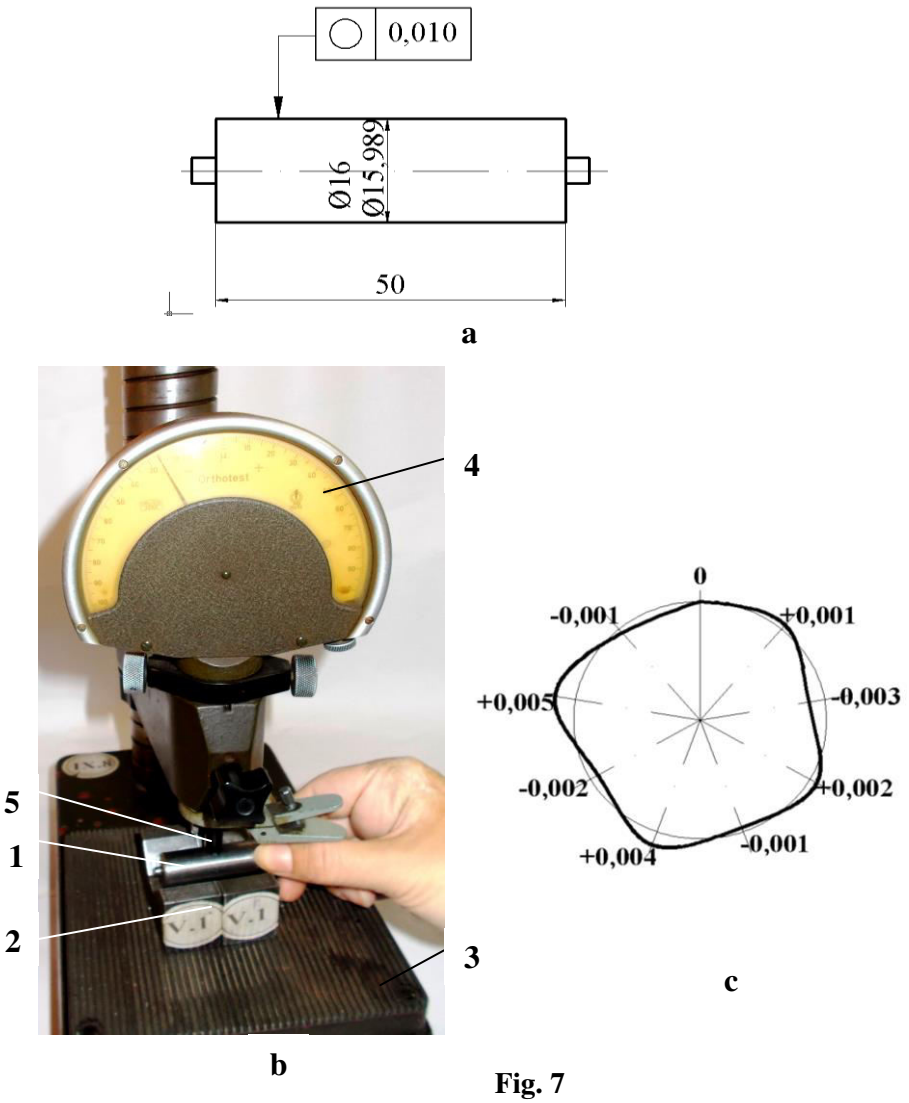


Fig. 7
Măsurarea poligonalităţii cu ortotestul
a.- indicarea toleranţei la circularitate, pe desen;
b.- măsurarea (metoda cu trei puncte de cotact);
c.- graficul profilului efectiv, în coordonate polare.

3.5. Măsurarea abaterii la circularitate la suprafeţe cilindrice interioare cu instrumente indicatoare.

Cele mai utilizate mijloace de măsurare comparatoare pentru controlul circularităţii suprafeţelor cilindrice interioare sunt comparatoarele de interior şi pasimetrele.

3.5.1. Măsurarea abaterii la circularitate la suprafeţe cilindrice interioare cu comparatorul de interior.

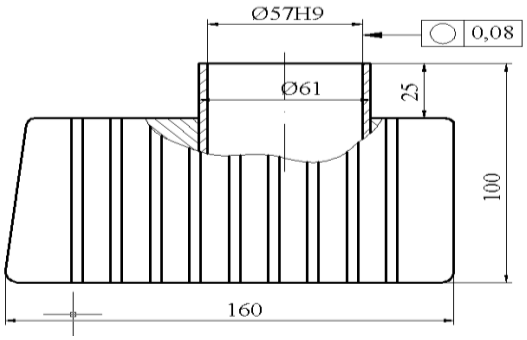
Pe desenul de execuţie al piesei din fig. 8.a, este indicată o toleranţă de formă.

Semnificaţia notaţiei este: toleranţa la circularitate a suprafeţei cilindrice interioare cu diametrul nominal 57 mm, este 0,08 mm.

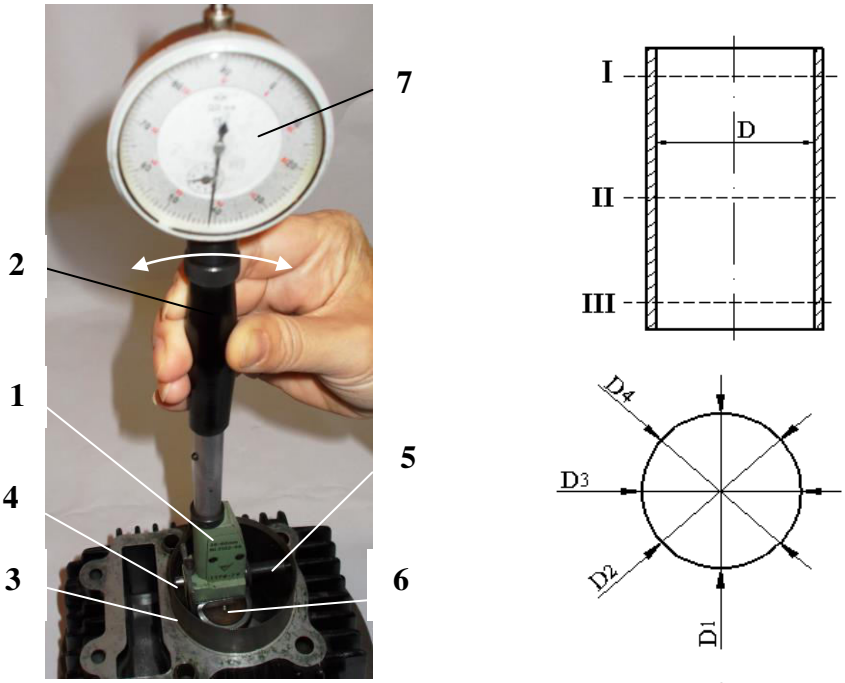
Pentru a stabili dacă abaterea la circularitate se încadrează în toleranţa prescrisă, se aplică metoda de măsurare cu două puncte de contact, folosind un comparator de interior.

Echipamente şi accesorii necesare (vezi* ANEXA I*): comparator de interior, cod **X.12.**, cu valoarea diviziunii de 0,01 mm, calibru inel "**T**", diametrul nominal 58 mm, cod **VI.5.**, suport fix cu suprafaţă de sprijin plană, cod **IV.1.**

Schema de măsurare pentru măsurarea abaterii de la circularitate la o suprafaţă cilindrică interioară a unei piese, este prezentată în fig. 8.b.



a



b **c**

Fig. 8
Măsurarea abaterii la circularitate cu comparatorul de interior
a.- indicarea toleranţei la circularitate, pe desen;
b.- măsurarea; c. schema de măsurare.

Tehnica măsurării: comparatorul de interior se reglează la zero cu un calibru inel cu diametrul egal cu valoarea nominală a suprafeţei interioare a piesei de controlat (sau de valoare apropiată, cuprinsă în domeniul de măsurare al instrumentului). Lungimea piesei fiind mare, în raport cu diametrul ei, se va măsura abaterea de la circularitate în mai multe secţiuni transversale (trei secţiuni) ale suprafeţei cilindrice interioare, în apropierea extremităţilor şi la mijlocul piesei.

Se va determina ovalitatea deoarece, comparatorul de interior (având două suprafeţe de măsurare) vine în contact cu suprafaţa cilindrică interioară în două puncte diametral opuse, măsurându-se, astfel 4 diametre într-o secţiune transversală a piesei.

Pentru măsurare, comparatorul de interior 1, se introduce în interiorul piesei de controlat 3 şi se sprijină pe supotul 6 care asigură măsurarea celor 4 diametre în aceeaşi secţiune I; se notează indicaţiile instrumentului, corespunzătoare unui număr de 4 diametre, obţinute prin rotirea, cu câte 45°, a piesei de controlat (dacă este posibil), sau a comparatorului.

Notă: indicaţia comparatorului se notează în punctul de întoarcere al arătătorului, obţinut prin basculare a instrumentului în interiorul suprafeţei cilindrice interioare controlate (fig. 8.b).

Se măsoară abaterea de la circularitate şi pentru celelalte două secţiuni transversale II şi III.

Obţinerea valorii efective a abaterii: se determină valoarea efectivă a abaterii la circularitate în fiecare secţiune transversală măsurată a piesei (care se calculează cu relaţia 1).

Valoarea efectivă a abaterii la circularitate, A_e, considerată pentru întreaga lungime a suprafeţei cilindrice interioare este cea mai mare valoare măsurată a abaterii la circularitate în secţiunile transversale I, II şi III, ale piesei controlate.

Aceasta se compară cu toleranţa prescrisă, iar dacă $A_e \leq IT$, se poate lua decizia: piesa controlată este admisă pentru utilizare.

3.5.2. Măsurarea abaterii la circularitate la suprafeţe cilindrice interioare cu pasimetrul.

Pe desenul de execuţie al piesei din fig. 9.a, este indicată o toleranţă de formă.

Semnificaţia notaţiei este: toleranţa la circularitate a suprafeţei cilindrice interioare cu diametrul nominal 20 mm, este 0,024 mm.

Pentru a stabili dacă abaterea la circularitate se încadrează în toleranţa prescrisă, se aplică metoda de măsurare cu trei puncte de contact, folosind un instrument indicator.

Echipamente şi accesorii necesare (vezi* ANEXA I*): pasimetru, cod **IX.16.**, cu valoarea diviziunii de 0,002 mm, calibru inel "**T**", cu diametrul nominal 20 mm, conţinut în trusa pasimetrului, placă de verificare cu suprafaţă activă, cod **I.2.**

Schema de măsurare pentru măsurarea abaterii de la circularitate la o suprafaţă cilindrică interioară a unei piese, este prezentată în fig.9.b.

Tehnica măsurării: pasimetrul se reglează la zero cu un calibru inel cu diametrul egal cu valoarea nominală a suprafeţei interioare a piesei de controlat.

Notă: calibrele inel pentru reglarea, la zero, a pasimetrului, împreună cu capetele de măsurare, corespunzătoare fiecărei valori nominale ale domeniului de măsurare, sunt livrate în trusa acesuia.

Pentru măsurare, se introduce capul de măsurare al pasimetrului în interiorul piesei de controlat 2 (cu butonul 4, de retragere a palpatorului mobi, apăsat); se eliberează butonul 4 şi se notează indicaţiile de pe cadranul 5, în punctul de întoarcere al arătătorului, indicaţii obţinute în timpul rotirii piesei de controlat (sau a instrumentului), cu o rotaţie completă, în contact permanent cu palpatorul mobil (fig. 9.b).

Cu abaterile obţinute se poate trasa graficul profilului circular efectiv, în secţiunea transversală controlată, în coordonate polare, (fig. 9.c).

Obţinerea valorii efective a abaterii: se determină valoarea efectivă a abaterii la circularitate în secţiunea transversală măsurată a piesei (care se calculează cu relaţia 2).

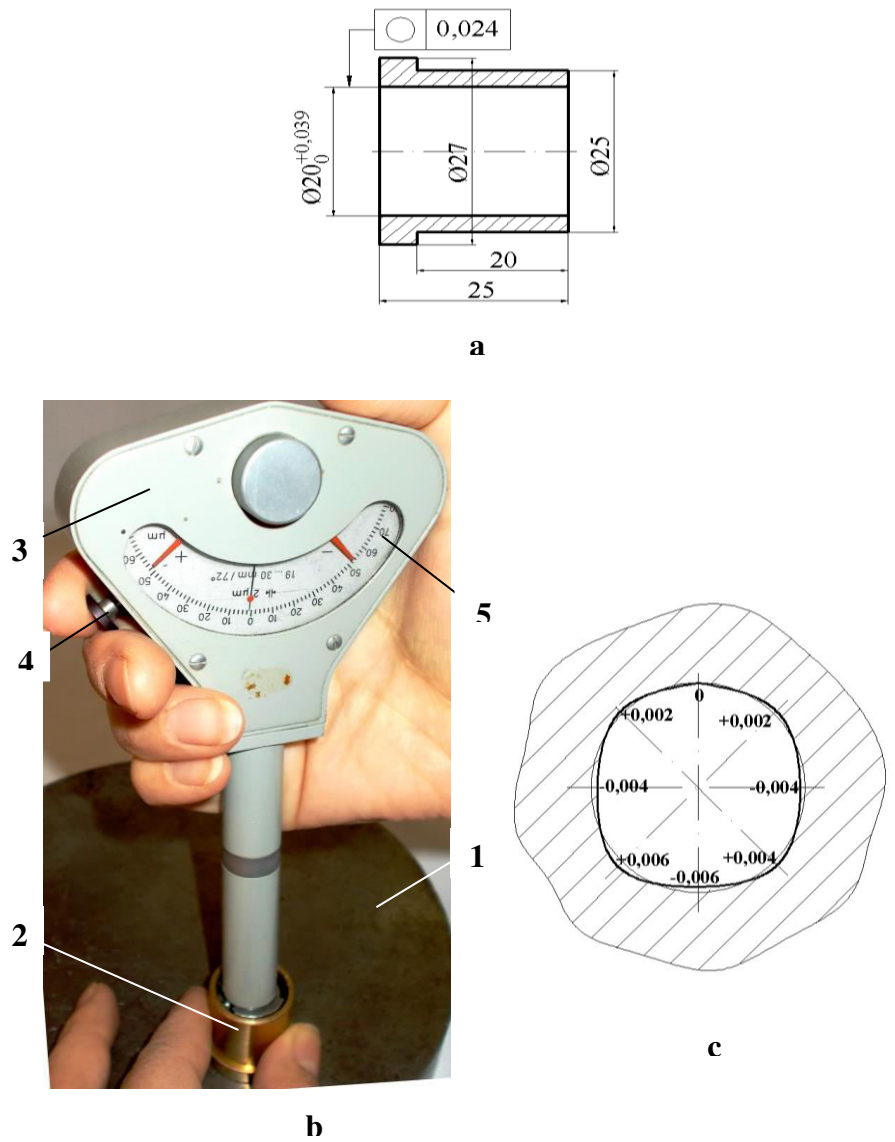


Fig. 9.
Măsurarea abaterii la circularitate cu pasimetrul
a.- indicarea toleranţei la circularitate, pe desen;
b.- măsurarea; c. graficul profilului efectiv, în coordonate polare.

Aceasta se compară cu toleranţa prescrisă, iar dacă $A_e \leq IT$, se poate lua decizia: piesa controlată este admisă pentru utilizare.

4. Modul de efectuare a lucrării, prelucrarea şi interpretarea rezultatelor măsurării.

Pentru efectuarea lucrării de laborator, se parcurg etapele:

E. Pe desenul de execuţie al piesei de controlat (din conspect), se identifică, abaterea de formă pentru care este indicată toleranţa, elementul geometric tolerat al pesei şi toleranţa de formă prescrisă.

E3. Se măsoară abaterea de formă identificată.

E4. Se determină (prin calcul) valoarea efectivă a abaterii de formă.

E5. Se compară valoarea efectivă a abaterii de formă cu valoarea toleranţei prescrise şi se formulează concluzia: abaterea efectivă de formă ***se încadrează/nu se încadrează*** în toleranţa prescisă.

Notă: abaterea efectivă de formă se încadrează în toleranţa prescrisă dacă respectă una din condiţiile:

$$\mathbf{A_e \leq IT_{formă}}.$$

E5. Se ia decizia cu privire la piesa controlată: ***piesa controlată este admisă*** **pentru utilizare** sau ***respinsă de la utilizare.***

Notă: la verificarea rectilinităţii prin metoda fantei de lumină, se execută desenul de execuţie al piesei, se indică suprafaţa verificată şi se precizează: *există/ nu există abatere de la rectilinitate.*

Notă: codurile echipamentelor de control şi ale accesoriilor necesare pentru măsurare, sunt date în ANEXA I (Echipamente şi accesorii pentru controlul abaterilor geometrice).

CONŢINUTUL REFERATULUI PENTRU LUCRAREA DE LABORATOR NR. 8

Referatul întocmit de student va cuprinde:

1. **Conspectul lucrării de laborator** cu următoarele puncte:
   - elementele caracteristice ale metodei de măsurare;
   - verificarea rectilinităţii prin metoda fantei luminoase: tehnica măsurării şi fig. 1;
   - măsurarea abaterii la rectilinitate cu instrument indicator: tehnica măsurării şi fig. 2;
   - măsurarea abaterii la planitate cu instrument indicator: tehnica măsurării şi fig. 3.a şi 3.b;
   - măsurarea abaterii la circularitate a suprafeţelor cilindrice exterioare cu pasametrul şi cu ortotestul: tehnica măsurării şi fig. 6a şi 6.c, 7.a şi 7.c;
   - măsurarea abaterii la circularitate a suprafeţelor cilindrice interioare cu comparatorul de interior şi cu pasimetrul: tehnica măsurării şi fig. 8.a şi 8.c, 9.a şi 9.c;
   - modul de efectuare a lucrării, prelucrarea şi interpretarea rezultatelor.
2. **Rezultatele măsurărilor** efectuate în laborator:
   - valorile efective obţinute în urma măsurării;
   - valorile efective (calculate) ale abaterilor măsurate;
   - deciziile cu privire la piesele controlate.

Notă: **conspectul va fi scris de mână, iar desenele vor fi făcute sub formă de schiţă de mână.**

ANEXA I.

ECHIPAMENTE ŞI ACCESORII PENTRU CONTROLUL ABATERILOR GEOMETRICE

Codul	Denumire; caracteristici
	I. PLĂCI DE VERIFICARE CU SUPRAFAŢĂ ACTIVĂ
I.1.	Placă de verificare (andezit): L x l x h = 900 x 600 x 80 mm
I.2.	Placă de verificare (fontă) : L x l x h = 600 x 500 x 90 mm
I.3.	Placă de verificare (fontă), cu mânere : L x l x h = 300 x 300 x 75 mm
I.4.	Placă de verificare (oţel) : L x l x h = 4600 x 400 x 25 mm
I.5.	Placă de verificare (oţel) : L x l x h = 400 x400 x 30 mm
I.6.	Placă de verificare (oţel) : L x l x h = 500 x 300 x 25 mm
I.7.	Placă de verificare (oţel) : L x l x h = 400 x 300 x 20 mm
	II. RIGLE DE VERIFICARE
II.1.	Riglă de verificare cu o muchie activă: L= 150 mm, 200 mm.
II.2.	Riglă de verificare cu suprafeţe active: L x h x g = 180x30x6 mm, 300x30x mm.
II.3.	Riglă de verificare cu patru muchii active: L x l = 175 X 20 mm
	III. CEPURI ŞI DORNURI DE CONTROL
III.1.	Cep de control: d x L = ∅15 x 60 mm
III.2.	Cep de control în trepte: d_1 x d_2 x L = ∅14 x ∅16 x 200 mm
III.3.	Dorn de control: d x L = ∅40 x 250 mm
III.4.	Dorn de control: d x L = ∅15 x ∅20 x 150 mm
III.5.	Dorn de control: d x L = ∅26 x ∅27 x 400 mm
	IV. SUPORŢI
IV.1.	Suport fix cu suprafaţă de sprijin plană: h = 80 mm
IV.2.	Suport reglabil cu suprafaţă de sprijin plană: hmax = 110 mm
IV.3.	Suport reglabil cu suprafaţă de sprijin prismatică: hmax = 100 mm
IV.4.	Suport fix cu suprafaţă de sprijin prismatică: h = 100 mm
	V. PRISME
V.1.	Prismă scurtă joasă: L x l x h = 25 x 50 x 30 mm
V.2.	Prismă scurtă joasă: L x l x h = 40 x 100 x 50 mm
V.3.	Prismă scurtă înaltă: L x l x h = 20 x 100 x 50 mm
V.4.	Prismă completă: L x l x h = 35 x 140 x 100 mm
V.5.	Prismă completă: L x l x h = 50 x 130 x 110 mm
V.6.	Prismă lungă: L x l x h = 200 x 100 x 60 mm
V.7.	Prismă cu mecanism de fixare: L x l x h = 40 x 40 x 35 mm
	VI. MĂSURI TERMINALE DE LUNGIME
VI.1.	Trusă de cale plan- paralele: 4 serii
VI.2.	Trusă de accesorii pentru cale plan- paralele
VI.3.	Sonde (spioni)
VI.4.	Calibre tampon cilindrice complete, T şi NT
VI.5.	Calibre inel, T şi NT
VI.6.	Calibre potcoavă, T şi NT

ANEXA I. **(continuare)**

Codul	Denumire; caracteristici
	VII. MĂSURI TERMINALE DE UNGHI
VII.1.	Trusă de cale unghiulare: 3 serii
VII.2.	Trusă de accesorii pentru cale unghiulare
VII.3.	Cală unghiulară cu patru unghiuri: $\alpha_N = 90°$
VII.4.	Echer normal
VII.5.	Echer cu talpă
VII.6.	Echer cilindric
	VIII. RIGLE ŞI PLĂCI SINUS
VIII.1.	Riglă sinus: L = 100 mm
VIII.2.	Placă sinus: L = 100 mm
VIII.3.	Placă sinus: L = 200 mm
	IX. INSTRUMENTE ŞI APARATE COMPARATOARE
IX.1.	Comparator cu cadran: v.d.=0,01 mm, fixat la suport de atelier (palpator cuţit)
IX.2.	Comparator digital: v.d.=0,01 mm, fixat la suport de atelier
IX.3.	Comparator cu cadran : v.d.=0,01 mm, fixat la suport de atelier.
IX.4.	Comparator cu cadran: v.d.=0,002 mm, cu suport cu măsuţă şi opritor
IX.5	Comparator cu cadran: v.d.=0,01 mm, cu suport cu măsuţă şi opritor
IX.6.	Comparator cu cadran : v.d.=0,01 mm, fixat la suport de atelier.
IX.7.	Comparator digital: v.d.=0,01 mm, fixat la suport de atelier (axa oriz.).
IX.8.	Pasametru: val.div.=0,002 mm, fixat la suport pentru pasametre.
IX.9.	Ortotest: val.div.=0,001 mm, fixat la suport de laborator.
IX.10	Comparator cu cadran: v.d.=0,01 mm, fixat la suport cu măsuţă
IX.11	Microcomparator: v.d.=0,001 mm, fixat la suport cu măsuţă
IX.12	Comparator digital: rez.=0,001 mm, fixat la suport cu măsuţă
IX.13	Comparatoare de interior truse: 5-15 mm, 15- 35 mm, 35- 50 mm, 50. 150 mm, 150- 250 mm, val.div.=0,01 mm.
IX.14, 15	Comparatoare pentru interior cu pârghie dreaptă/ cotită: v.d.=0,01 mm, fixat la suport de atelier
IX.16	Pasimetre, truse: 19-32 mm, 33- 44 mm, 45-60 mm, v.d.=0,002 mm.
IX.17	Comparator cu cadran: v.d.=0,01 mm, fixat la suport prismatic.
	X. DISPOZITIVE CU VÂRFURI DE CENTRARE
X.1.	Dispozitiv cu vârfuri de centrare: H x L = 150 x 600 mm
X.2.	Dispozitiv cu vârfuri de centrare: H x L = 100 x 150 mm
X.3.	Dispozitiv cu vârfuri de centrare şi prisme: H x L = 250 x 250 mm
	XI. ALTE DISPOZITIVE DE CONTROL
XI.1.	Dispozitiv cu placă sinus (ghidaj de rostogolire): L = 200 mm
XI.2.	Dispozitiv cu placă sinus (ghidaj de alunecare): L =200 mm,cu vârfuri de centrare
XI.3.	Dispozitiv cu vârfuri de centrare şi prisme: h x L = 100 x 200 mm
XI.4.	Dispozitiv de control pentru înălţimi, cu coloană verticală şi masă cu suprafaţă activă: H = 200 mm
XI.5.	Dispozitiv de control cu elemente modulate: h x L = 100 x 300 m
XI.6.	Dispozitiv de control cu masă divizoare şi instrument indicator
XI.7.	Dispozitiv pentru controlul arborilor canelaţi
XI.8	Dispozitiv cu vârfuri de centrare şi mecanism de citire a unghiului de rotire
XI.9.	Dispozitiv pentru controlul bătăii radiale a danturii roţilor dinţate.
XI.10.	Dispozitiv cu vârfuri de centrare, prisme şi suport cu suprafaţă plană pentru controlul abaterilor geometrice