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

Florentin Cioată **Adriana Munteanu**

Păduraru Emilian

TOLERANŢE ŞI CONTROL DIMENSIONAL

Lucrarea de laborator nr. 10

Iaşi, 2020

LUCRAREA NR. 10.

CONTROLUL UNGHIURILOR DINTRE SUPRAFEŢE PLANE. CONTROLUL CONURILOR EXTERIOARE ŞI INTERIOARE.

Aplicaţii care se vor efectua la lucrarea de laborator nr. 10:

1. ***Controlul unghiurilor dintre suprafeţe plane:***

- controlul unghiurilor cu raportorul universal;
- controlul unghiurilor cu microscopul mare de atelier;
- controlul abaterii de la unghiul drept cu instrument comparator;
- controlul unghiurilor la o piesă paralelipipedică;
- controlul unghiurilor prin metoda sinus.

2. ***Controlul conurilor exterioare şi interioare.***

- verificarea conurilor interioare cu calibre tampon conice;
- controlul conurilor exterioare prin metoda proiecţiei.

1. Scopurile lucrării de laborator.

- Cunoaşterea şi aplicarea metodelor pentru controlul dimensiunilor unghiulare dintre suprafeţe plane, cu măsuri de unghi, cu instrumente comparatoare şi cu mijloace de măsurare specifice.
- Cunoaşterea şi aplicarea metodelor de control al suprafeţelor conice exterioare şi interioare.

2. Consideraţii generale

Metodele de măsurare şi verificare (control) a unghiurilor se pot împărţi în următoarele trei grupe distincte:

- metode de măsurare a unghiurilor prin metode goniometrice, cu ajutorul mijloacelor de măsurare a unghiurilor: raportoare, microscoape de atelier, goniometre;
- metode de control al unghiurilor cu măsuri care utilizează măsuri de unghi;
- metode trigonometrice: metoda sinus şi metoda de tangentă.

2.1. Controlul unghiurilor dintre suprafeţe plane prin metode goniometrice.

2.1.1. Măsurarea unghiurilor folosind raportoare mecanice

Raportoarele sunt instrumente mecanice prevăzute cu suprafeţe de măsurare plane pentru măsurarea unghiului dintre două suprafeţe plane, având scara de repere gradată în unităţi de unghi (grade şi minute).

a. Raportorul universal este un instrument cu vernier circular cu diviziunea cu valoarea de 5 minute şi cu domeniul de măsurare de la 0 la 360 grade (fig. 1.); se compune din echerul cu disc şi riglă fixă 1, deasupra căruia se găseşte ansamblul mobil format din discul rotitor 2, rigla deplasabilă 3, piesa 4 de ghidare a riglei, şurubul 5, de blocare a discului rotitor şi şurubul 6 de fixare a riglei 3. Circumferinţa de pe discul fix este împărţită în patru sectoare, fiecare având diviziuni de la 0^0 la 90^0, iar vernierul de pe discul mobil, are câte 12 diviziuni, de o parte şi de alta a reperului zero.

Tehnica măsurării: pentru măsurarea unghiului α, dintre suprafeţele plane ale piesei de controlat (fig. 1.), se slăbesc şuruburile de blocare 5 şi 6, se deplasează rigla mobilă 3 în lungul canalului de ghidare până când cuprinde piesa de controlat, apoi se strânge şurubul 6; se alătură riglele 1 şi 3 celor două laturi care formează unghiul, iar atunci când printre rigle şi suprafeţele piesei nu mai există fantă de lumină, se strânge şurubul 5. Citirea se ia ca şi la vernierele liniare ale şublerelor.

Din detaliu, citirea gradelor este 59, iar fracţiunile sunt: 7 diviziuni (de pe vernierul circular) ori 5 minute (valoarea diviziunii vernierului) =35 minute, deci $\alpha_e=59^0 35'$.

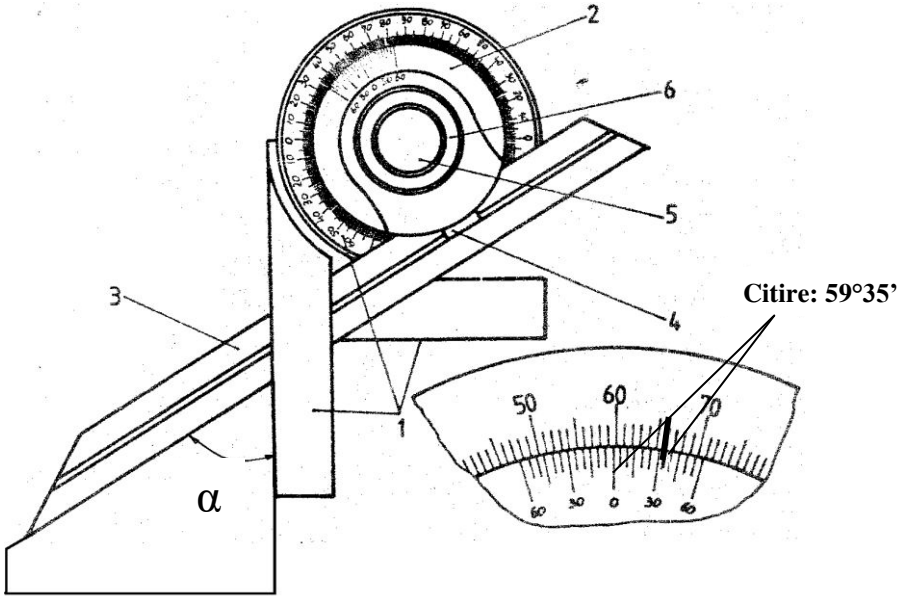


Fig. 1.
Raportorul mecanic cu vernier circular

b. Raportorul mecanic cu cadran este o construcţie mecanică fără vernier circular, la care citirea unghiului măsurat se ia pe scări circulare, în dreptul unui indice, respectiv arătător (fig. 2.).

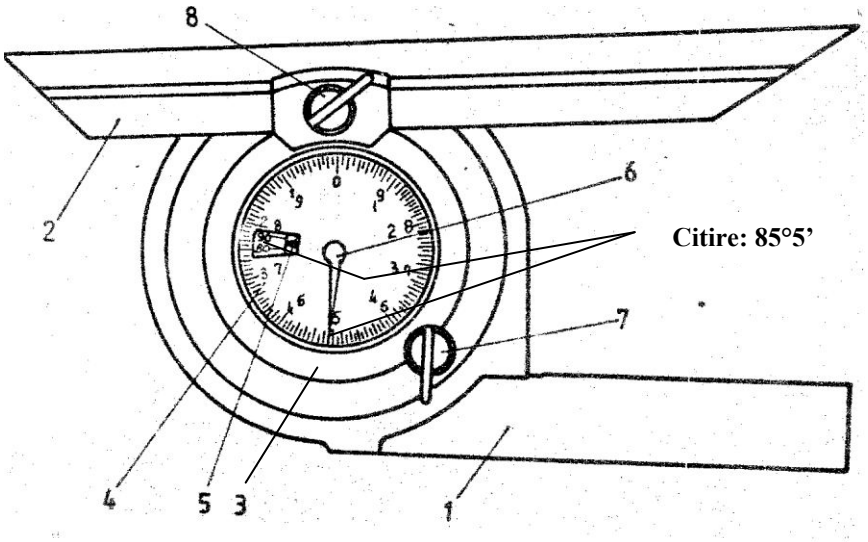


Fig. 2.
Raportorul mecanic cu cadran

Instrumentul se compune din rigla fixă cu disc 1, deasupra căreia se găseşte ansamblul mobil format din discul rotitor 4, la care se fixează rigla mobilă 2, cu ajutorul pârghiei 8. Pe discul riglei 1 este executată o scară de repere circulară împărţită în diviziuni de câte zece grade, iar discul mobil se găseşte pe a doua scară circulară împărţită în zece grade, marcate cu numere de la 1 la 10 grade, fiecare grad la rândul său, având câte 12 diviziuni cu valoarea de 5 minute. În centrul discului se află arătătorul 6, iar pentru observarea scării zecilor de grade, în discul mobil este practicată o fantă în dreptul căreia se găseşte indicele 5. Ansamblul mobil se fixează în poziţia de măsurare cu ajutorul pârghiei de blocare 7.

Din fig. 2, citirea zecilor de grade este 80 (luată pe scara zecilor de grade, în dreptul indicelui 5), citirea unităţilor de grad este 5, iar, fracţiunile de grad sunt: 0 diviziune ori 5 minute (valoarea diviziunii vernierului) =5 minute (citiri luate pe cadranul 4, în dreptul arătătorului 6), deci $\alpha_e=85^0 5'$.

2.1.2. Măsurarea unghiurilor cu microscopul de măsurare FM.

Microscopul de măsurare este un aparat optico- mecanic de măsurare a dimensiunilor liniare şi unghiulare la piese ale căror dimensiuni de gabarit permit instalarea pe masa microscopului.

Microscopul de măsurare are, în structura sa, două sisteme principale şi unul auxiliar (fig. 3):

- sistemul mecanic;
- sistemul optic;
- sistemul de iluminare a piesei de controlat.

Sistemul mecanic asigură orientarea- poziţionarea piesei de controlat, deplasările piesei de controlat pe două direcţii perpendiculare, în plan orizontal (axele X şi Y), precum şi susţinerea sistemului optic şi deplasarea acestuia pe direcţie verticală (axa Z). Este format din soclul 21, la care este fixată coloana 9 şi consola 11, care se poate deplasa pe direcţie verticală(axa Z) , prin acţionarea roţii de mână 12. Pe soclul 21, sunt montate două sănii care se deplasează pe două direcţii perpendiculare: o sanie longitudinală 20 (axa X), acţionată de rozeta 18 şi o sanie transversală 26 (axa Y) , acţionată de rozeta 27. Pe sania transversală este montată o placă din sticlă 15, pe care se sprijină piesele de controlat.

Pentru piese de controlat tip arbori cu găuri de centrare, pe sania transversală se poate monta un dispozitiv cu vârfuri de centrare.

Sistemul optic preia imaginea piesei controlate şi o transmite ocularului, este format din capul obiectiv- oculare 14, care se montează la consola 11 şi cuprinde obiecivul 5 şi ocularele 14. Prin ocularele 14 se observă imaginea piesei de controlat şi o placa liniată pe care sunt trasate două reticule punctate 30 şi 31, perpendiculare unul pe altul (a se vedea detaliul A).

La microscop, se poate monta un cap ocular prevăzut cu un ocular central, prin care se observă o placă liniată transparentă cu reticulele punctate şi un ocular periferic , prin care se observă două scări de repere (o scară de repere cu 360 diviziuni, numerotate din grad în grad şi un vernier circular cu 60 diviziuni cu valoarea de 1 minut); placa liniată se poate roti în jurul axei optice a sistemului optic, asigurând măsurarea unghiurilor dintre suprafeţe plane (a se vedea detaliul B).

Sistemul de iluminare a piesei de controlat asigură iluminarea piesei de controlat, pentru a fi vizibilă prin ocularele microscopului; în funcţie de scopul urmărit, iluminarea piesei de controlat se realizează în două moduri:

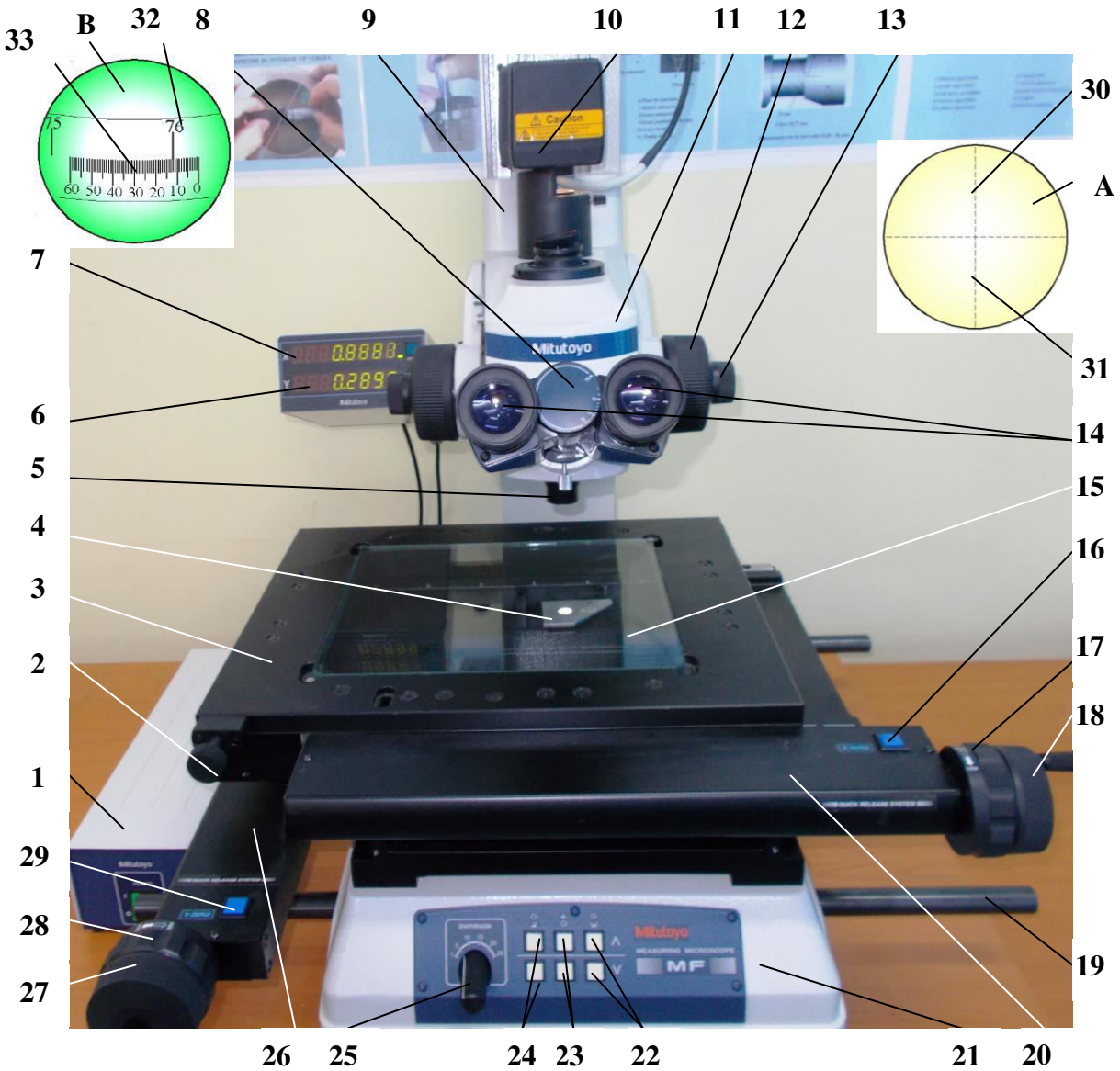


Fig. 3
Microscopul de măsurare FMXXXX. Mitutoyo

1-unitate de alimentare; 2- roată acţionare înclinare masă; 3- masă microscop; 4- piesă de controlat; 5- obiectiv; 6- afişare deplasare pe axa X; 7- afişare deplasare pe axa Y; 8- roată reglare distanţă oculare; 9- consolă; 10- lampă iluminare piesă de controlat; 11- consolă; 12- roată deplasare grosieră; 13- şurub deplasare fină consolă; 14- cap oculare; 15- măsuţă din sticlă; 16- buton resetare afişare pe axa X; 17- roată blocare- deblocare deplasare masă pe axa X; 18- roată deplasare fină pe axa X; 19- bară ridicare microscop; 20- sanie longitudinală (axa X); 21- soclu; 22- butoane reglare luminozitate; 23- butoane reglare luminozitate iluminare de jos; 24- butoane reglare luminozitate iluminare de sus; 25- manetă reglare contrast; 26- sanie transversală (axaY); 27- roată deplasare fină pe axa Y; 28- roată blocare-deblocare deplasare masă pe axa Y; 29- buton resetare afişare pe axa Y.

- un mod de iluminare de jos în sus, cu ajutorul unei lămpi integrată în soclul microscopului, prin care se asigură iluminarea, de jos în sus, a piesei de controlat, al cărei contur se va observa, prin ocularul dublu 14 (culoare neagră pe fondul culorii filtrului de lumină);
- un mod de iluminare de sus în jos, cu ajutorul lămpii 10, fixată la consola 11, care asigură iluminarea de sus a piesei, ale cărei suprafeţe şi detalii se pot observa prin ocularul dublu.

Măsurarea unghiurilor pe microscopul de măsurare se poate realiza prin două metode distincte:

- o metodă indirectă, prin care se măsoară dimensiuni liniare, iar valoarea efectivă a unghiului se obţine cu o relaţie trigonometrică;
- o metodă directă, prin care se măsoară nemijlocit unghiul dintre suprafeţele plane ale piesei de controlat.

Măsurarea indirectă a unghiului dintre suprafeţele plane ale unei piese, se aplică în cazul microscoapelor care nu au cap ocular cu placă liniată rotitoare.

Tehnica măsurării: pentru măsurarea unghiului cu valoarea nominală $\alpha_N = 45°$, dintre două laturi ale piesei 4 (fig. 3), aceasta se aşază pe masa transparentă 15 a microscopului; se aplică modul de iluminare de jos în sus a piesei de controlat 4; deci, în ocularul microscopului se va observa conturul piesei de controlat, negru pe fond galben, culoarea filtrului de lumină (fig. 4).

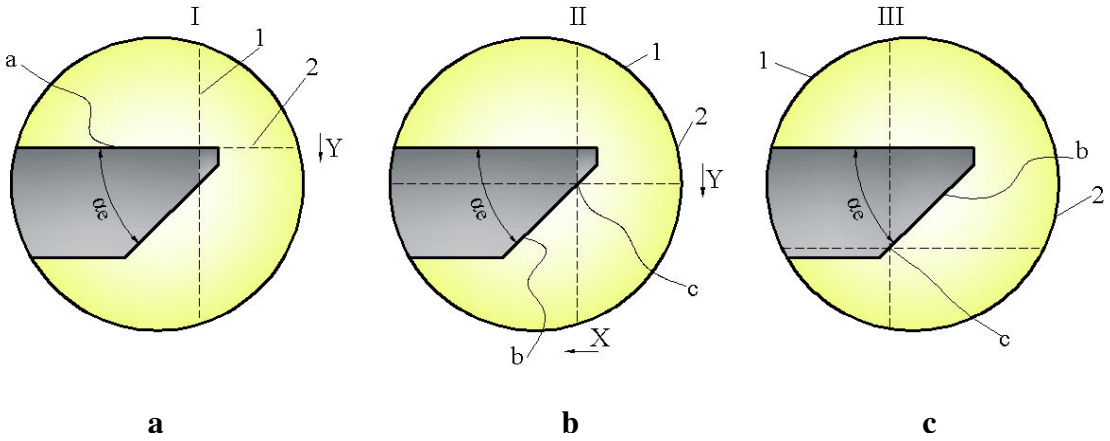


Fig. 4
Măsurarea unghiului pe microscop- metoda indirectă

Se deplasează masa 3, a microscopului cu piesa, longitudinal şi transversal, până când reticulul orizontal 2 (fig. 4.a), se suprapune pe latura **a**, a piesei de controlat (poziţia I). Se deplasează transversal piesa de controlat, prin acţionarea saniei pe axa Y şi se aduce intersecţia **c**, a reticulelor 1 şi 2 (fig. 4.b), suprapusă pe cealaltă latură, b, care materializează unghiul de măsurat (poziţia II); în momentul realizării suprapunerii, se apasă butoanele de resetare 16 şi 29, pentru afişarea valorii 000.000 pentru deplasările pe axa X şi pe axa Y, pe afişajele 6 ş 7 (fig. 3).

Se deplasează, apoi, masa microscopului cu piesa, longitudinal şi transversal şi se suprapune intersecţia **c**, a reticulelor 1 şi 2 (fig. 4.c), tot pe latura b (poziţia III), dar la o distanţă faţă de poziţia II.

Se notează indicaţiile de pe cele două afişaje, care reprezintă cateta opusă L_Y şi cateta alăturată L_X ale unghiului α_e.

Valoarea efectivă a unghiului măsurat, se obţine cu relaţia:

$$\alpha_e = \mathrm{arctg}\frac{L_Y}{L_X}. \qquad (1)$$

Notă: de regulă, la deplasarea intersecţiei reticulelor din poziţia II în poziţia III, se deplasează piesa, întâi pe o direcţie (de exemplu pe axa X), cu o valoare întreagă (afişată pe displaiul 7), apoi, pe direcţie perpendiculară, până se obţine suprapunerea cu latura piesei şi se notează coordonata pe axa Y (pe displaiul 6).

Măsurarea directă a unghiului dintre suprafeţele plane ale unei piese, se poate realiza pe microscoape prevăzute cu cap ocular cu placă liniată rotitoare şi ocular periferic pentru citirea unghiului cu care se roteşte placa liniată (fig. 3, detaliul B).

Tehnica măsurării: pentru măsurarea unghiului cu valoarea nominală $\alpha_N = 45°$, dintre două laturi ale piesei 4 (fig. 3), aceasta se aşază pe masa transparentă 15 a microscopului; se aplică modul de iluminare de jos în sus a piesei de controlat 4; deci, în ocularul microscopului se va observa conturul piesei de controlat, negru pe fond verde, culoarea filtrului de lumină (fig. 5).

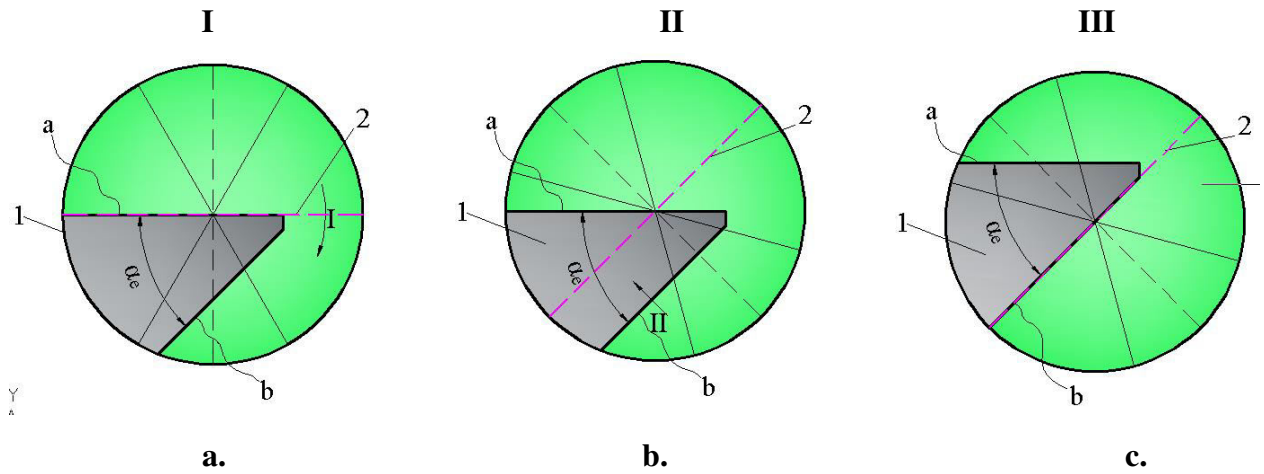


Fig. 5
Măsurarea unghiului pe microscop- metoda directă

Se deplasează masa cu piesa, longitudinal şi transversal, până când se observă prin ocularul 9 vârful unghiului (piesei), după care se roteşte placa liniată, astfel ca una din liniile plăcii (linia 2) să se suprapună pe una din laturile unghiului (latura a, fig. 5.a) şi se ia prima citire $C_{1\alpha}$, a unghiului, prin ocularul periferic (poziţia I).

Se roteşte, din nou placa liniată până când aceeaşi linie a ei(linia 2) se aduce paralelă (poziţia II) cu cealaltă latură a unghiului (latura b, fig. 5.b); se deplasează (transversal şi longitudinal) piesa şi se roteşte placa liniată până când linia 2, se suprapune cu latura b, a piesei (poziţia III), moment în care se ia citirea $C_{2\alpha}$ (fog. 5.c).

Valoarea efectivă a unghiului măsurat, se obţine cu relaţia:

$$\alpha_e = \left|C_{1\alpha} - C_{2\alpha}\right|. \qquad (2)$$

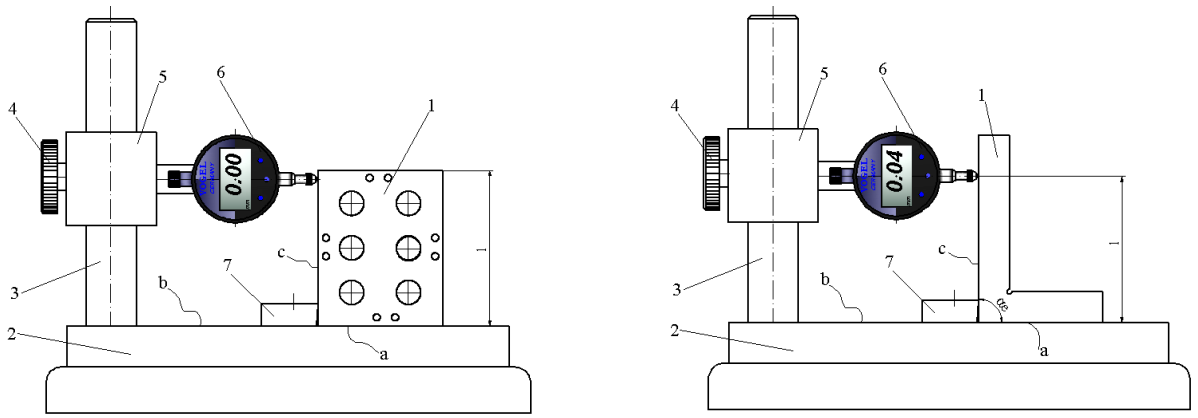
2.2. Controlul unghiurilor cu măsuri de unghi

Controlul unghiurilor cu măsuri de unghi se face de obicei prin metoda suprapunerii şi mai ales prin metoda fantei luminoase. Atunci când se constată abateri ale unghiului la piesele controlate, pentru stabilirea mărimii acestora, se utilizează compararea cu fante luminoase de grosime cunoscută sau diferite dispozitive de control.

2.2.1. Măsurarea abaterii de la unghiul drept cu o măsură şi un instrument indicator.

Echipamente de control: comparator cu cadran, cală unghiulară cu α= 90°, suport de atelier cu opritor, echer normal.

Tehnica măsurării: Acţionându-se şurubul 4 de fixare a consolei 5, pe coloana 3, se aduce vârful de contact al instrumentului indicator 6, la înălţimea de măsurare 1 şi se face blocarea consolei în această poziţie (fig. 6.) În continuare acţionându-se şurubul de fixare se deplasează consola 5, longitudinal, astfel ca vârful de măsurare al instrumentului să depăşească cu circa 1 mm suprafaţa piesei alăturată opritorului 7. După această manevră se aduce pe măsuţă măsura de unghi (cala unghiulară 1) astfel ca suprafaţa ei să vină în contact cu vârful de măsurare şi se împinge către opritorul 7; în momentul atingerii opritorului se face reglarea la zero a instrumentului 6 (fig. 6.a).



a **b**

Fig. 6
Măsurarea abaterii la unghiul drept cu măsură de unghi şi instrument indicator
a. reglarea la zero cu cală unghiulară.
b. măsurarea abaterii Δα.

După reglarea la zero a instrumentului indicator, se îndepărtează măsura de unghi şi în locul ei se aduce piesa de măsurat 1, în aceeaşi poziţie (adică lipită de opritorul 7), luându-se citirea indicaţiei instrumentului (fig. 6.b). Aceasta reprezintă abaterea liniară de la unghiul drept; valoarea ei se poate transforma în abatere unghiulară folosind relaţia:

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta h}{l} 206.264'' \pm \Delta\alpha_m , \qquad (3)$$

în care: - Δh este indicaţia instrumentului indicator în mm;

- l reprezintă distanţa de la suprafaţa măsuţei la punctul de contact al instrumentului cu piesa, în mm;

- $\Delta\alpha_m$ reprezintă abaterea de la unghiul de 90º (în secunde) a măsurii de unghi.

2.2.2. Măsurarea unghiurilor la piese cu secţiune dreptunghiulară cu instrument indicator

Echipamente de control: comparator cu cadran, suport de atelier cu opritor.

Tehnica măsurării: pentru măsurarea celor patru unghiuri, α, β, γ, ε, ale piesei cu formă paralelipipedică 1 (fig. 7.), se procedează astfel: se aşază piesa de controlat 1 pe suprafaţa activă a măsuţei 2, a suportului, alăturând-se opritorului 7; se coboară consola 5, pe coloana 3, până când vârful de măsurare al comparatorul cu cadran 6 (care este montat la consola 5), vine în contact cu suprafaţa laterală a piesei de controlat, la o înălţime 1, care se poate măsura cu un şubler de înălţime (fig. 7.a). În această poziţie, cu unghiul α luat ca bază se reglează la zero instrumentul indicator. Apoi se roteşte piesa astfel ca fiecare suprafaţă laterală a ei să vină în contact (simultan) cu opritorul 7 şi cu cu vârful instrumentului 6, stabilindu-se, de fiecare dată abaterile liniare Δh_β (fig. 7.b), Δh_γ(fig. 7.c) şi Δh_ε (fig. 7.c), corespunzătoare unghiurilor β, γ şi ε, faţă de unghiul α, luat ca valoare de referinţă.

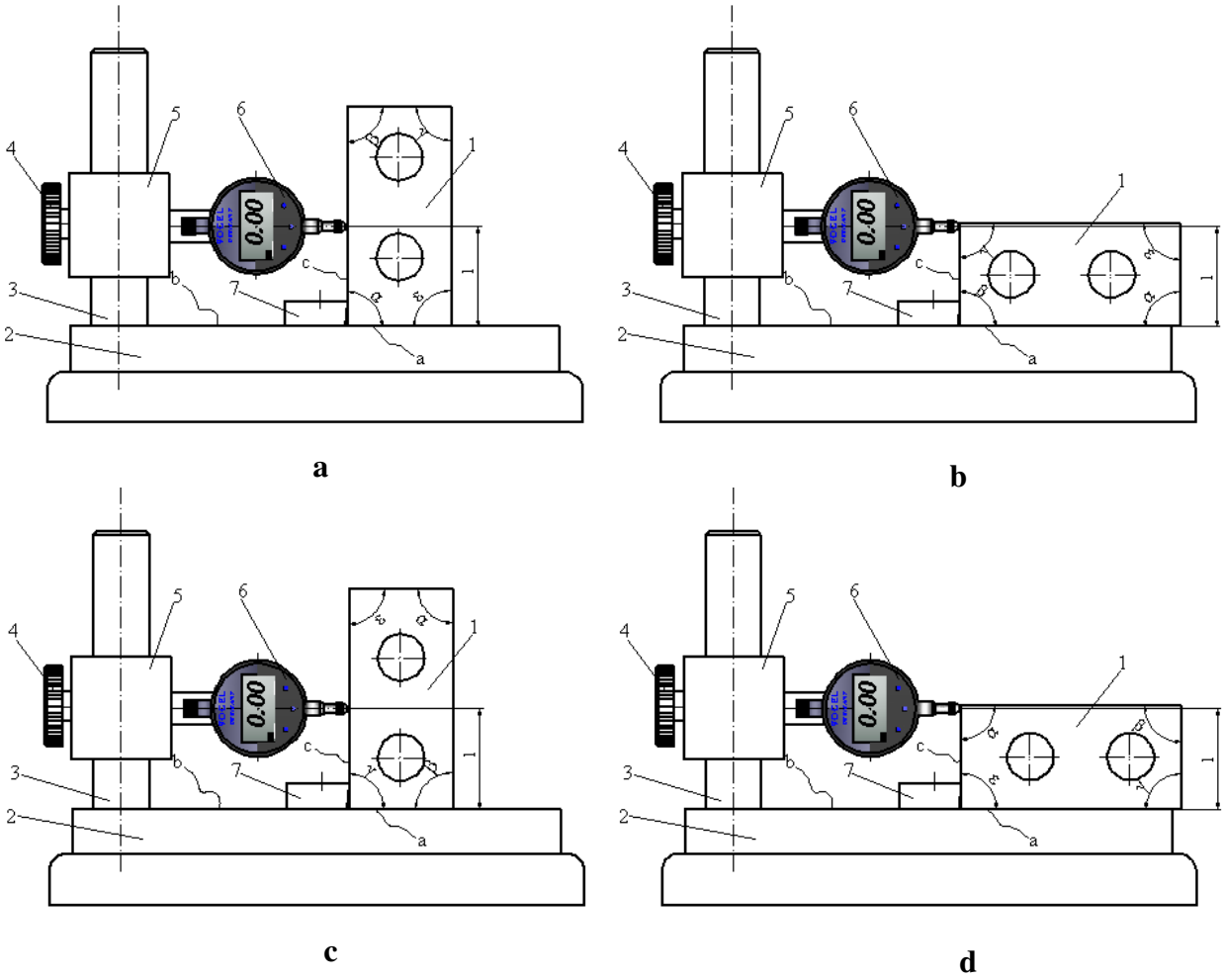


Fig. 7
Măsurarea unghiurilor la piese paralelipipedice cu instrument indicator

Cunoscându-se înălţimea 1, la care s-au executat măsurările, se transformă abaterile liniare în valori unghiulare, cu relaţiile:

$$\Delta\beta=\frac{\Delta h_\beta}{l}206.264;\ \Delta\gamma=\frac{\Delta h_\gamma}{l}206.264;\ \Delta\varepsilon=\frac{\Delta h_\varepsilon}{l}206.264,$$

Se formează, apoi sistemul de patru ecuaţii cu patru necunoscute, din care se obţin valorile efective ale celor patru unghiuri ale piesei controlate:

$$\beta=\alpha+\Delta\beta; \qquad (4)$$
$$\gamma=\alpha+\Delta\gamma$$
$$\varepsilon=\alpha+\Delta\varepsilon;$$
$$\alpha+\beta+\gamma+\varepsilon=360°.$$

Notă: piesa având secţiune dreptunghiulară, suma unghiurilor suprafeţei laterale a ei este de 360°.

2.3. Controlul unghiurilor prin metoda sinus.

Metoda sinus face parte din categoria metodelor trigonometrice care se bazează pe măsurarea unor dimensiuni liniare folosite, apoi la determinarea unghiurilor prin utilizarea funcţiilor trigonometrice. Cele mai utilizate metode trigonometrice sunt metoda sinus şi metoda de tangentă.

Pentru aplicarea metodei sinus, la măsurarea unghiurilor dintre suprafeţe plane, se foloseşte un accesoriu special: rigla sinus sau placa sinus, cu distanţa dintre axele rolelor calibrate de 100 ±0,001 mm; valoarea efectivă a unghiului se obţine, cu ajutorul funcţiei sinus, în urma măsurării unor dimensiuni liniare.

Echipamente de control: riglă sinus, trusă de cale plan-paralele, placă de verificare, comparator cu cadran fixat la suport de atelier.

Tehnica măsurării: rigla sinus 4 se sprijină, cu un capăt, prin intermediul unei role calibrate 2, pe suprafaţa activă **a**, a plăcii de verificare 1, iar cu celălalt capăt (prin intermediul rolei calibrate10), pe suprafaţa activă liberă a blocului de cale plan - paralele 11, cu înălţimea H (fig. 8.).

Piesa de controlat 5, al cărui unghi α_e, se va măsura, se aşază pe suprafaţa superioară a riglei sinus 4, suprafaţă care este înclinată faţă de suprafaţa activă **a**, a plăcii de verificare 1, cu valoarea nominală α_N, a unghiului de controlat, deoarece înălţimea H a blocului de cale plan- paralele 11, pe care se sprijină rola calibrată 10, este calculată cu relaţia:

$$H = L.\sin \alpha_N, \qquad (5)$$

în care: *L* este distanţa dintre axele rolelor calibrate, iar α_N este valoarea nominală a unghiului de măsurat.

Dacă unghiul efectiv α_e, are aceeaşi valoare cu cea nominală, atunci suprafaţa liberă **b**, a piesei 5, este paralelă cu suprafaţa activă a plăcii de verificare 1; paralelismul se controlează cu ajutorul instrumentului indicator 6, fixat la suportul de atelier 12, aşezat pe placa de verificare 1, asfel: se reglează la zero instrumentul pe un capăt al suprafeţei piesei 5 (poziţia I), apoi se deplasează la cealaltă extremitate a acesteia (poziţia II), unde se observă indicaţia instrumentului.

Dacă unghiul efectiv are valoare diferită de cea nominală, atunci indicaţia instrumentului comparator este diferită de valoarea zero; valoarea efectivă se obţine astfel: se modifică înălţimea blocului de cale plan- paralele 11, aflat sub rola calibrată 10, până când, pentru o valoare H' a acasteia, suprafaţa liberă a piesei de controlat 5, devine paralală cu suprafaţa activă a plăcii de verificare 1 (indicaţia instrumentului în poziţia II este zero).

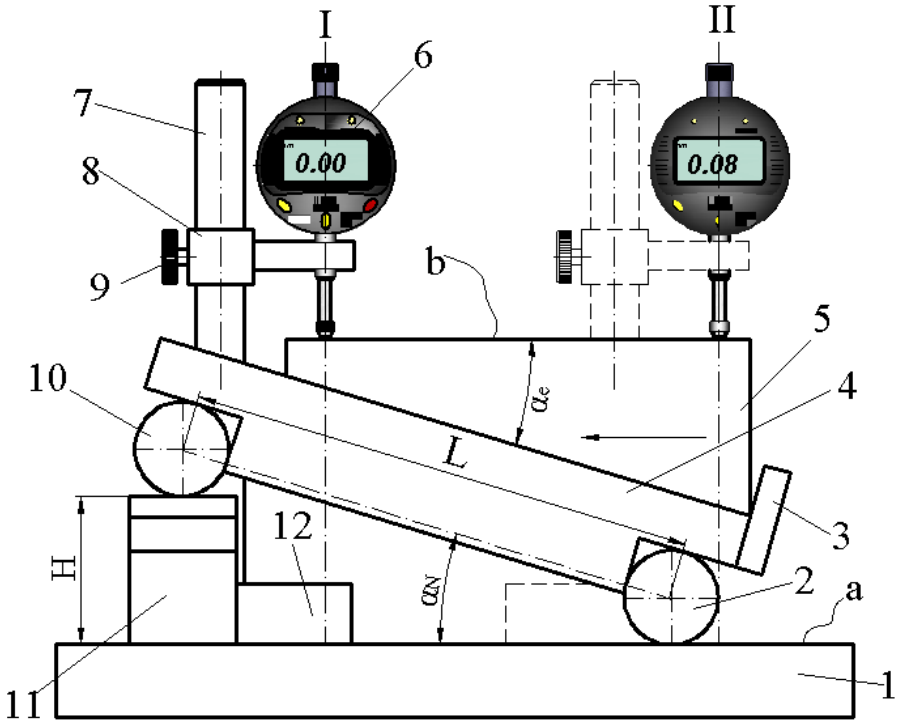


Fig. 8
Măsurarea unghiului dintre suprafeţe plane prin metoda sinus

Valoarea efectivă a unghiului piesei va fi dată de relaţia:

$$\alpha_e = \arcsin \frac{H'}{L}. \qquad (6)$$

Notă: la aplicarea metodei sinus pentru măsurarea unghiurilor dintre suprafeţe plane, se poate utiliza şi dispozitivul cu placă sinus.

3. Controlul conurilor

3.1. Consideraţii generale

La producerea în serii mari a pieselor cu suprafeţe conice, măsurarea acestora fiind prea costisitoare, se face o verificare cu calibre ori cu dispozitive speciale, în timp ce măsurarea se aplică în cazul calibrelor conice sau la producţia individuală şi atunci când este necesară o precizie mare de măsurare.

Verificarea cu calibre a suprafeţelor conice exterioare şi interioare, se face uşor, asigurându-se în acelaşi timp interschimbabilitatea pieselor. Calibrele conice, folosite obişnuit, sunt limitative, deoarece verifică ambele limite ale suprafeţei conice: limita maximului de material (limita Trece) şi limita minimului de material (limita Nu Trece); de aceea calibrele conice au două părţi, denumite după limita dimensională pe care o verifică: partea Trece, simbolizată **T** şi partea Nu Trece, simbolizată **NT**.

Calibrele conice se împart în două mari categorii (fig. 9.):

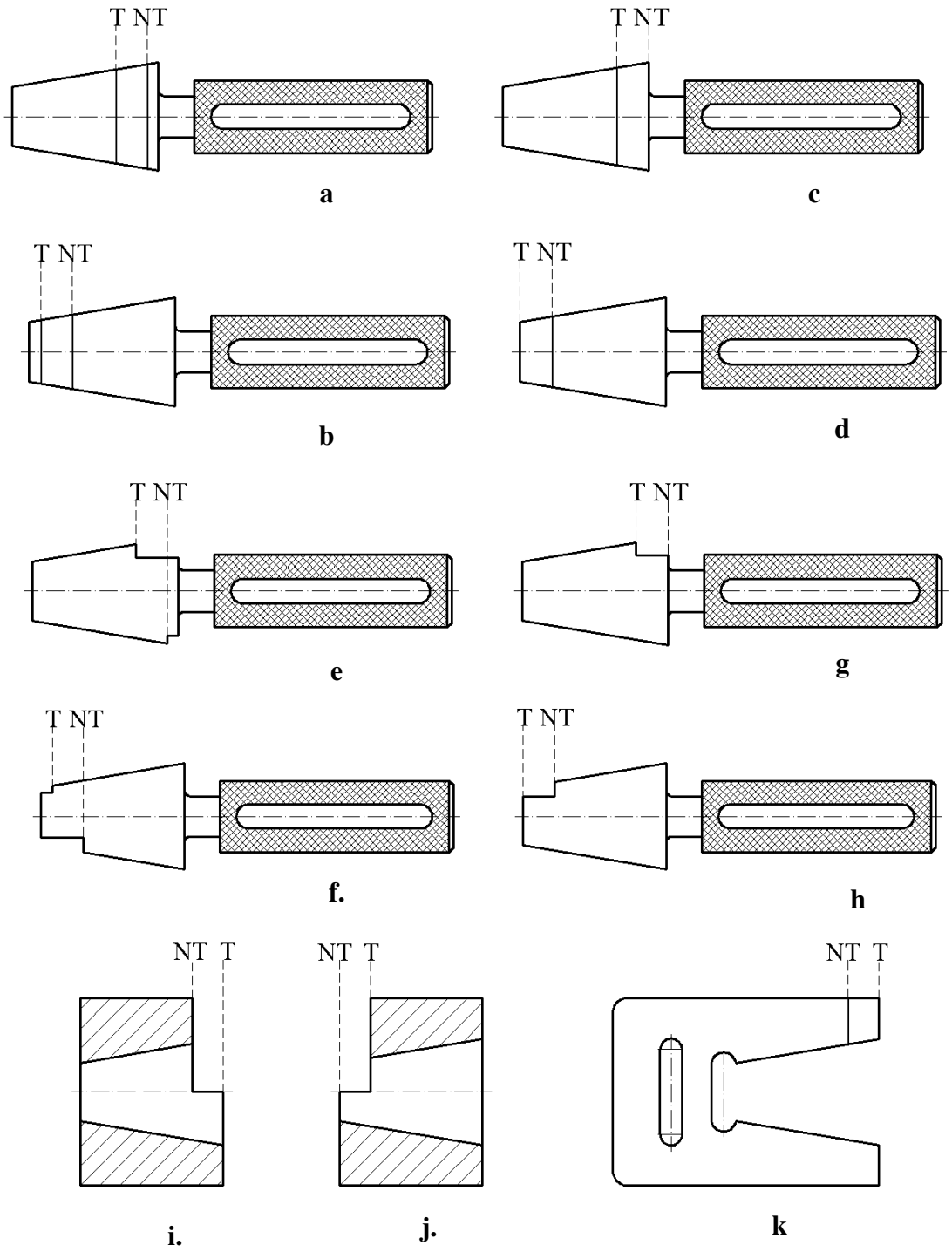


Fig. 9
Calibre limitative pentru verificarea suprafeţelor conice
a- h- calibre tampon conice pentru verificarea alezajelor conice;
i- k- calibre bucşă şi furcă pentru verificarea arborilor conici

- calibre pentru verificarea alezajelor conice, sub formă de tampoane conice cu diferite variante constructive:
  - calibre tampon cu două rizuri (fig. 9.a, b);
  - calibre tampon cu un riz (fig. 9.c, d);
  - calibre tampon cu două degajări (fig. 9.e, f);
  - calibre tampon cu o degajare (fig. 9.g, h);

- calibre pentru verificarea arborilor conici, cu două variante constructive:
  - calibre bucşă conică (fig. 9.i, j.);
  - calibre furcă plată (fig. 9.k.).

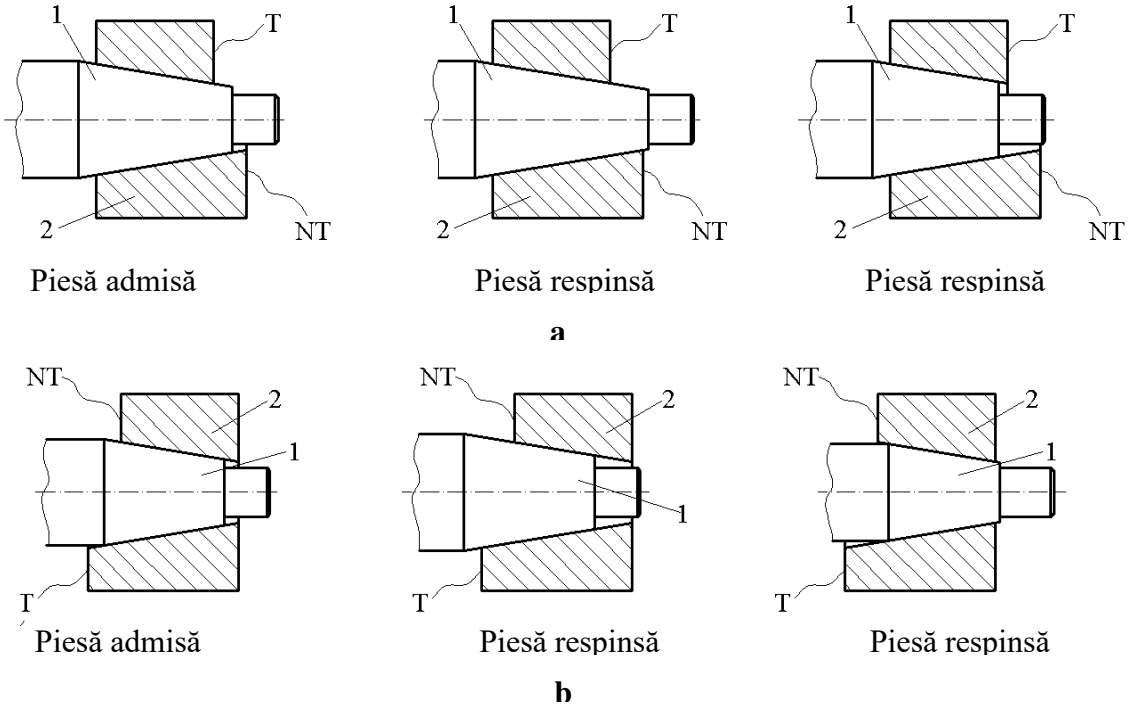


Fig. 10
Verificarea conurilor exterioare cu calibre bucşă conică
a- verificarea conurilor exterioare după baza mică a conului;
b- verificarea conurilor exterioare după baza mare a conului.

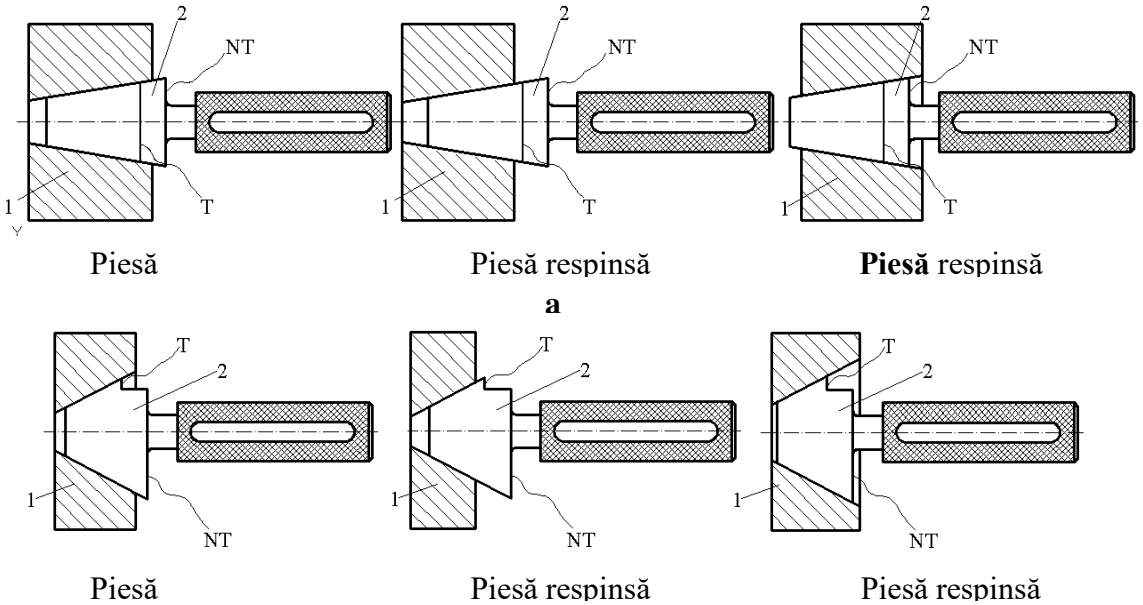


Fig. 11
Verificarea conurilor interioare cu calibre tampon conice
a- verificarea conurilor interioare cu calibru tampon conic cu rizuri;
b- verificarea conurilor interioare cu calibru tampon conic cu degajări.

3.2. Verificarea conurilor cu calibre limitative

Verificarea conurilor exterioare cu calibre bucşă conică se face introducând piesa de controlat 1, în interiorul calibrului bucşă conică 2, fără apăsare, după care se observă poziţia bazei mici sau mari a piesei, faţă de limitele calibrului (fig. 10.).

Când verificarea se face după baza mică a conului, pot exista situaţiile (fig. 10.a):

- dacă baza mică a conului de verificat se află între limitele calibrului, piesa poate fi considerată admisă pentru utilizare;
- dacă baza mică a conului de verificat a depăşit limita ,,nu trece" a calibrului, piesa se respinge de la utilizare;
- dacă baza mică a conului de verificat nu ajunge la limita ,,trece" a calibrului, piesa se respinge de la utilizare.

Atunci când verificarea se face după baza mare a conului apar situaţiile (fig. 10.b):

- dacă baza mare a conului de verificat se află între limitele calibrului, piesa este considerată admisă pentru utilizare;
- dacă baza mare a conului de verificat a depăşit limita ,,nu trece" a calibrului piesa se respinge de la utilizare;
- dacă baza mare a conului de verificat nu a ajuns la limita ,,trece" a calibrului, piesa se respinge de la utilizare.

În acelaşi fel se face şi verificarea conurilor interioare, cu calibre tampon conice (fig. 11.a şi b).

3.3. Măsurarea conurilor exterioare cu microscopul mic de atelier

În cazul conurilor exterioare cu dimensiuni reduse şi pentru care sunt prescrise toleranţe mici la unghi sau la conicitate (calibre tampon conice), pentru măsurarea unghiului acestora, se utilizează microscoapele de măsurare de atelier sau digitale, prin aplicarea a două metode diferite:

- metoda proiecţiei (umbrei), cu iluminarea piesei de controlat, de jos în sus;
- metoda de contact, prin utilizarea de cuţite cu muchie activă.

3.3.1. Măsurarea conurilor exterioare prin metoda proiecţiei.

Pentru măsurarea unghiului conului exterior, pe microscopul de măsurare prezentat în fig. 3, se utilizează un accesoriu al microscopului şi anume, un dispozitiv cu vârfuri de centrare (nefigurat în fig. 3) montat pe masa microscopului; piesa de controlat se introduce între vârfurile de centrare ale acestui accesoriu al microscopului.

Tehnica măsurării: se deplasează longitudinal şi transversal masa microscopului (împreună cu piesa de controlat 1), până când o generatoare a conului (în fig. 12, generatoarea superioară **a**) apare în câmpul vizual 2, iar intersecţia **b**, a plăcii liniate a microscopului (este figurată în detaliu) se suprapune pe generatoarea a (poziţia I); în acest moment, se apasă butonul de resetare de afişare a valorii 000.000 pe axa Y. Se deplasează piesa pe axa Y (mişcarea MI) şi se aduce intersecţia **b**, a plăcii liniate pe generatoarea inferioară a conului (poziţia II), moment în care se ia citirea C_{1y}, care reprezintă valoarea diametrului mare d_1, al conului. Tot în această poziţie, se se apasă butonul de resetare pentru afişarea valorii 000.000 pe axa X. Se deplasează, apoi, piesa pe axa X (mişcarea MII), pe o distanţă l (mai mică decât lungimea conului; de preferinţă să fie valoare întreagă), care se citeşte pe afişajul axei X, fiind citirea C_{1X} (poziţia III).

Pentru a obţine valoarea celui de- al doilea diametru (diametrul mic d_2, al conului), piesa de controlat se deplasează pe axa Y (mişcarea MIII), până cînd intersecţia **b**, a plăcii

liniate se suprapune pe generatoarea inferioară a conului (poziţia IV); în acest moment, se apasă butonul de resetare de afişare a valorii 000.000 pe axa Y.

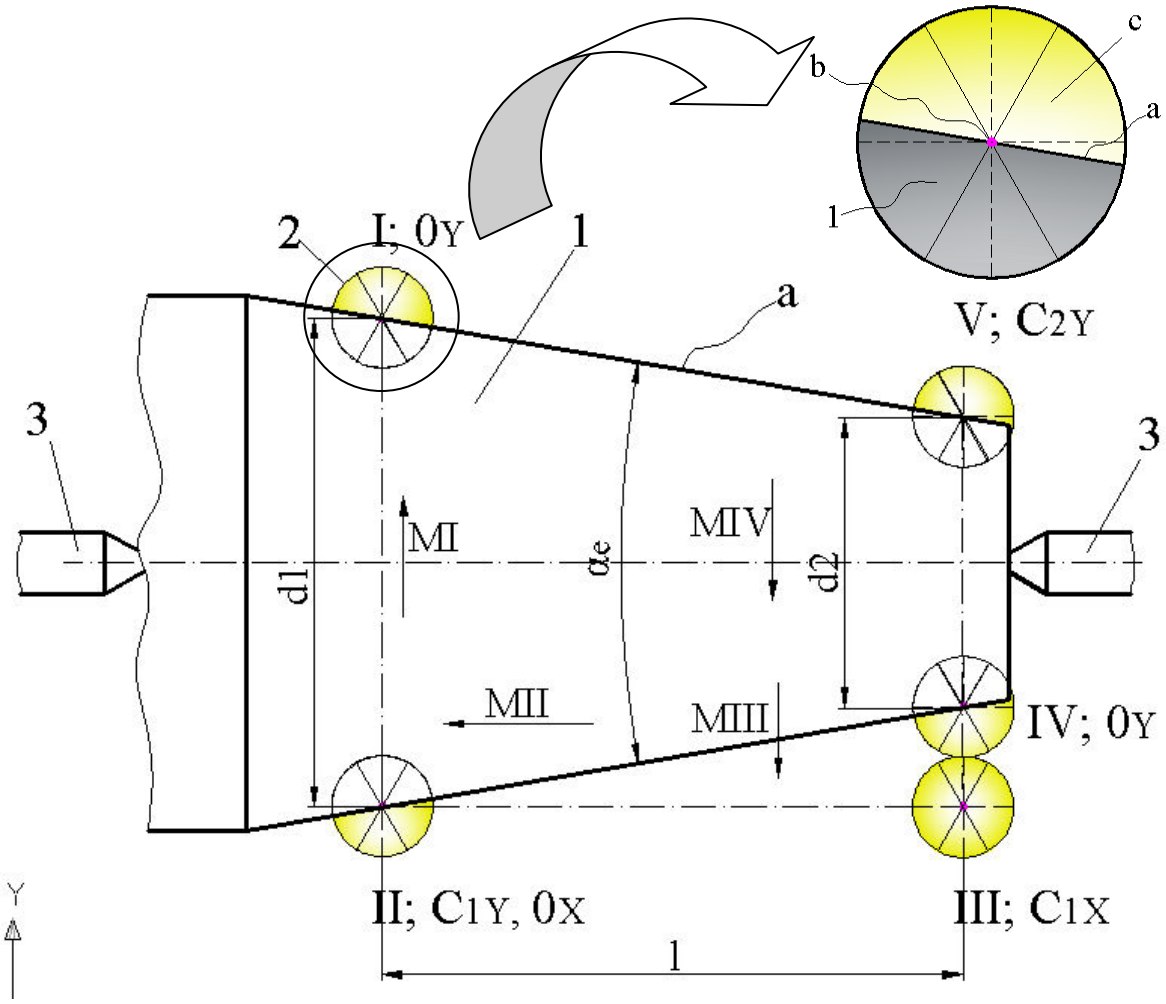


Fig. 12
Măsurarea unghiului conului exterior pe microscopul de măsurare
(metoda proiecţiei)

Se deplasează piesa pe axa X (Mişcarea IV), până când intersecţia **b**, a plăcii liniate se suprapune pe generatoarea superioară a conului (poziţia V), moment în care se ia citirea C_{2X}, afişată pe axa X, citire care reprezintă valoarea diametrului d_2.

Valoarea efectivă $\boldsymbol{\alpha_e}$, a unghiului conului se obţine cu relaţia:

$$\alpha_e = 2 \cdot \mathrm{arctg}\frac{d_1 - d_2}{2l}. \qquad (7)$$

în care diametrele d_1 şi d_2, respectiv lungimea l, se obţin ca diferenţă a valorilor absolute ale citirilor luate:

$$\mathbf{d_1 = |C_{1Y}|;} \qquad (8)$$

$$\mathbf{d_2 = |C_{2Y}|;}$$

$$\mathbf{l = |C_{IX} - C_{IX}|.}$$

Notă: în relaţiile 8, se iau valori absolute ale dimensiunilor, deoarece, în funcţie de sensul deplasărilor pe axele X şi Y, valorile afişate pot fi negative.

Atunci când măsurările trebuie să fie deosebit de precise, pentru a elimina erorile de măsurare generate de aberaţiile optice, se aplică metoda cu cuţite speciale late (cu muchii active) din trusa de accesorii a microscopului.

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

Pentru efectuarea lucrării de laborator, se parcurg etapele:

E1. Se execută desenele de reper ale pieselor care se vor controla.

E2. Se identifică pe desenul de reper parametrul care trebuie controlat şi toleranţa acestuia.

E3. Se măsoară parametrul identificat prin aplicarea unei metode de măsurare prezentată în referat (unde este cazul se va determina, prin calcul, în funcţie de alţi parametri care se măsoară).

E4. Se stabileşte dacă valoarea efectivă a parametrului măsurat se încadrează în toleranţa prescrisă;

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

Notă: la verificarea cu calibre limitative, rezultatul verificării se va prezenta sub formă de tabel (exemplu: verificarea conurilor interioare cu calibre conice):

Verificarea conurilor interioare cu calibre tampon conice

Nr. piesă	Rezultatul verificării
1.	Piesă admisă pentru utilizare
2.	Piesă respinsă de la utilizare
. . .	. . .

CONŢINUTUL REFERATULUI PENTRU LUCRAREA DE LABORATOR NR. 10

Referatul întocmit de student va cuprinde:

1. **Conspectul lucrării de laborator** cu următoarele puncte:

- măsurarea unghiurilor cu raportorul universal: tehnica măsurării;
- măsurarea unghiurilor cu microscopul FM: tehnica măsurării şi fig. 4;
- măsurarea abaterii de la unghiul drept cu o măsură şi un instrument indicator: tehnica măsurării şi fig. 6;
- măsurarea unghiurilor la piese cu secţiune dreptunghiulară cu instrument indicator: tehnica măsurării şi fig. 7;
- controlul unghiurilor prin metoda sinus: tehnica măsurării şi fig. 8;
- verificarea conurilor interioare cu calibre tampon conice: fig. 11;
- măsurarea conurilor exterioare prin metoda proiecţiei: tehnica măsurării şi fig. 12;
- modul de efectuare a lucrării, prelucrarea şi interpretarea rezultatelor

2. **Rezultatele măsurărilor** efectuate în laborator:

- desenele de reper ale pieselor controlate (schiţe de mână);
- valorile obţinute în urma măsurării;
- valorile efective ale parametrilor măsuraţi;
- deciziile cu privire la piesele controlate.

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