

PREFATA

Această lucrare aparține seriei de manuale I.I.R.U.C. și reprezintă prin conținut o noutate. Este prima carte în care sînt descrise aparate de măsurat mecanice necesare în activitatea de service.

Se adresează, deci, oamenilor muncii din activitatea de reparații echipamente de calcul și mașini unelte dar și celor care lucrează în atelierele de confecționat piese de schimb ale întreprinderii sau în activitatea metrologică.

Stilul tehnic, coerent, clar și cursiv folosit de autor, conferă manualului un caracter didactic, adecvat pentru predarea și învățarea disciplinei în cadrul cursurilor de perfecționare a pregătirii profesionale din I.I.R.U.C.

Lucrarea reprezintă în același timp și o sursă de informare pentru oamenii muncii precum și un ajutor pentru organizatorii examenelor periodice de categorie.

De asemenea, descrierea în manual a unor aparate de măsurat aparținînd altor domenii tehnice dar care vor fi utilizate la I.I.R.U.C., oferă posibilitatea unei desfășurări normale și logice a procesului de muncă: pregătirea tehnică prealabilă a service-ului și apoi realizarea acestuia.

DIRECTOR,
ing. C. MOLDOVAN

CUPRINS

	Pag.
CAP. 1 NOTIUNI INTRODUCTIVE.....	21
1.1. Mărime.....	21
1.2. Măsurare.....	21
1.3. Sistemul Internațional de unități de măsură - SI -....	22
1.3.1. Unitățile SI fundamentale.....	22
1.3.2. Unitățile SI derivate.....	22
1.3.3. Unitățile SI suplimentare.....	23
1.4. Procesul de măsurare.....	24
1.4.1. Mărimea de măsurat (măsurandul).....	25
1.4.2. Metoda de măsurare.....	26
1.4.3. Mijlocul de măsurare. Măsura. Instrumente de măsurat. Aparate de măsurat. Instalații de măsurare. Sisteme de măsurare.....	28
1.5. Erorile de măsurare.....	34
1.5.1. Erorile sistematice.....	35
1.5.2. Erorile aleatoare (întâmplătoare).....	38
1.5.3. Greșelile.....	38
1.5.4. Calculul erorilor.....	38
1.6. Termeni utilizați în metrologie.....	42
CAP. 2 MASURAREA LUNGIMII.....	44
2.1. Unități de măsură pentru lungime.....	44
2.2. Metode de măsurare a lungimii.....	45

	Pag.
2.3. Instrumente de măsurat lungimi.....	45
2.3.1. Instrumente de măsurat lungimi cu repere.....	45
2.3.1.1. Rigle metalice rigide.....	46
2.3.1.2. Rigle metalice flexibile.....	46
2.3.1.3. Metri articulați.....	47
2.3.1.4. Rulete.....	48
2.3.2. Instrumente de măsurat lungimi termina- le.....	48
2.3.2.1. Cale plan-paralele.....	49
2.3.2.2. Spioni (lere de grosime).....	50
2.3.2.3. Calibre.....	51
2.4. Aparate de măsurat lungimi.....	52
2.4.1. Aparate mecanice de măsurat lungimi.....	52
2.4.1.1. Sublere. Sublere de exterior și interior. Sublere de exterior, interior și adânci- me. Sublere de adâncime.....	52
2.4.1.2. Compasuri pentru măsurat.....	58
2.4.1.3. Micrometre. Micrometre de exterior. Micrometre de interior. Micrometre de adâncime. Micrometre speciale.....	59
2.4.1.4. Comparatoare mecanice. Comparatoare cu cadran.....	68
2.4.2. Aparate optice pentru măsurat lungimi.....	71
2.4.2.1. Lupa de măsurat.....	71
2.4.2.2. Microscoape de măsurat.....	72
2.4.2.3. Proiecteur de profile.....	73

	Pag.
2.5. Verificarea metrologică a instrumentelor și aparatelor de măsurat lungimi.....	74
2.6. Aplicații.....	75
CAP. 3 MASURAREA ABATERII DE LA RECTILINITATE.....	77
3.1. Abaterea de la rectilinitate A _{Fr}	77
3.2. Instrumente mecanice de verificare a rectilinității.....	78
3.2.1. Rigle pentru verificare a rectilinității cu muchii active.....	79
3.2.2. Rigle pentru verificare a rectilinității cu suprafețe active.....	79
3.3. Metode de verificare a rectilinității cu instrumente mecanice.....	80
3.3.1. Metoda fantei de lumină.....	80
3.3.2. Metoda cu vopsea indicatoare.....	81
3.4. Instrumente optice de verificare a rectilinității.....	81
3.4.1. Luneta și colimatorul.....	82
3.5. Verificarea metrologică a instrumentelor mecanice de verificare a rectilinității.....	84
CAP. 4 MASURAREA ABATERII DE LA PLANITATE.....	85
4.1. Abaterea de la planitate A _{Fp}	85
4.2. Instrumente mecanice de verificare a planității.....	86
4.2.1. Rigle pentru verificare a planității.....	86
4.2.2. Plăci pentru verificare a planității.....	87
4.2.3. Nivelă.....	87

	Pag.
4.3. Metode de verificare a planității cu instrumente mecanice.....	87
4.3.1. Metoda fantei de lumină.....	87
4.3.2. Metoda cu vopsea indicatoare.....	87
4.4. Instrumente optice de verificare a planității.....	88
4.5. Verificarea metrologică a instrumentelor meca- nice de verificare a planității.....	88
CAP. 5 MASURAREA PROFILELOR PLANE SI SPATIALE..	89
5.1. Abaterea de la forma dată a profilului AFf.....	89
5.2. Instrumente și metode de verificare și masurare a formei profilului.....	90
5.2.1. Sablonul. Metoda fantei de lumină.....	90
5.2.2. Palpatorul mecanic. Metoda palpării me- canice.....	90
5.2.3. Proiectorul de profile. Metoda proiecției pe ecran.....	91
5.3. Verificarea metrologică a instrumentelor de ve- rificare și măsurare a formei profilului.....	92
CAP. 6 MASURAREA CORPURILOR CU SUPRAFETE DE REVOLUTIE.....	93
6.1. Abaterile de formă.....	93
6.1.1. Abaterea de la circularitate sau necircu- laritatea AFc.....	93
6.1.2. Abaterea de la cilindricitate sau neciln- dricitatea AF1.....	95

	Pag.
6.2. Instrumente pentru verificarea abaterilor de la forma geometrică dată.....	95
6.2.1. Instrumente pentru verificarea abaterii de la circularitate (ovalitatea).....	95
6.2.2. Instrumente pentru măsurarea abaterilor de formă.....	97
CAP. 7 MASURAREA POZITIEI RECIPROCE A AXELOR SI SUPRAFETELOR.....	99
7.1. Abaterile de poziție.....	99
7.1.1. Abaterea de la paralelism-neparalelismul- APl.....	100
7.1.2. Abaterea de la perpendicularitate-neper — pendicularitate a-APd.....	101
7.1.3. Abaterea de la înclinare APi.....	103
7.1.4. Abaterea de la coaxialitate APc.....	103
7.1.5. Bătaia radială ABr.....	105
7.1.6. Bătaia frontală ABf.....	106
7.1.7. Abaterea de la simetrie-asimetria-APs.....	107
7.2. Instrumente și metode de măsurare a abaterilor de la poziția reciprocă a axelor și suprafețelor.....	109
7.2.1. Măsurarea abaterii de la paralelism-nepa- rarelismul.....	110
7.2.2. Măsurarea abaterii de la perpendicularita- te.....	110
7.2.3. Principiul autocolimației.....	111
7.3. Aplicații.....	112

	Pag
CAP. 8 MASURAREA FILETELOR.....	115
8.1. Caracteristicile filetelor. Clasificare.....	115
8.1.1. Filetul metric.....	117
8.1.2. Filetul în inci sau în țoli.....	118
8.2. Măsurarea filetelor.....	121
8.2.1. Calibre pentru filete.....	121
8.2.2. Micrometre pentru filete.....	122
8.2.3. Lere pentru filet metric și în inci (țoli).....	123
8.2.4. Microscoape pentru filet.....	123
8.2.5. Metode de măsurare a filetelor.....	124
8.3. Aplicații.....	125
CAP. 9 MASURAREA ROTILOR DINTATE.....	129
9.1. Elementele geometrice ale roților dințate și angrenajelor cu roți dințate.....	131
9.2. Erorile și abaterile elementelor geometrice ale roților dințate cilindrice.....	137
9.3. Măsurarea roților dințate și angrenajelor cu roți dințate.....	142
9.3.1. Lupa de mărit.....	143
9.3.2. Aparat de măsurat eroarea cinematică E_{cn}	143
9.3.3. Pasmetrul portabil.....	145
9.3.4. Micrometrul cu talere.....	147
9.3.5. Aparatul pentru măsurarea bății radiale br.....	148

	Pag.
9.3.6. Sublerul pentru roți dințate.....	149
9.3.7. Sabloanele de formă.....	150
9.3.8. Proiectorul de profile.....	151
9.3.9. Pata de contact.....	151
9.4. Aplicații.....	151
CAP. 10 MASURAREA UNGHIURILOR SI CONICITATILOR....	155
10.1. Metoda măsurilor etalon.....	157
10.1.1. Calibrele conice.....	157
10.1.2. Calele unghiulare.....	157
10.1.3. Sabloanele unghiulare.....	159
10.1.4. Echierele.....	159
10.2. Metoda goniometrică.....	161
10.2.1. Raportoarele mecanice simple.....	161
10.2.2. Raportoarele mecanice cu vernier	162
10.2.3. Raportoarele mecanice optice.....	163
10.2.4. Nivelele.....	164
10.2.5. Capetele divizoare optice.....	165
10.2.6. Mesele rotative.....	166
10.3. Metoda trigonometrică.....	166
10.3.1. Riglele de sinus.....	167
10.3.2. Raportoarele sinus.....	168
10.3.3. Riglele de tangentă.....	170

	Pag
CAP. 11 MASURAREA RUGOZITATII.....	171
11.1. Rugozitatea suprafețelor.....	173
11.2. Parametrii caracteristici ai rugozității.....	174
11.2.1. Lungimea de bază l.....	175
11.2.2. Lungimea de măsurare L.....	175
11.2.3. Linia medie a profilului m.....	175
11.2.4. Linia exterioară a profilului e.....	175
11.2.5. Linia interioară a profilului i.....	175
11.2.6. Pasul neregularităților a.....	175
11.2.7. Abaterea medie aritmetică a rugozității— lor R_a	176
11.2.8. Adâncimea medie a rugozității în zece puncte R_z	176
11.2.9. Înălțimea maximă a rugozității R_{max}	176
11.3. Metode și mijloace pentru determinarea rugozității suprafețelor.....	179
11.3.1. Determinarea comparativă a rugozității. Mostrele de rugozitate.....	179
11.3.2. Determinarea absolută a rugozității. Mi- croscopul cu secțiune luminoasă. Profilo- metrul. Profilograful.....	181
11.3.3. Determinarea globală a rugozității. Apa- ratele pneumatice. Aparatele reflectome- trice.....	183

	Pag.
CAP. 12 MASURAREA VOLUMELOR.....	186
12.1. Metode pentru determinarea volumelor.....	187
12.1.1. Metoda gravimetrică.....	187
12.1.2. Metoda volumetrică.....	188
12.1.3. Metoda geometrică.....	188
12.2. Măsurî pentru determinarea volumelor.....	188
12.2.1. Cilindrii gradați din sticlă.....	188
12.2.2. Pipetele.....	188
12.2.3. Rezervoarele metalice.....	188
CAP. 13 MASURAREA MASEI.....	191
13.1. Unități de măsură pentru masă.....	192
13.2. Măsurî pentru determinarea masei.....	194
13.2.1. Unități de masă.....	194
13.2.2. Greutăți etalon.....	194
13.2.3. Greutăți etalon de verificare.....	194
13.2.4. Greutăți de lucru.....	195
13.3. Aparat de cîntărit.....	195
13.3.1. Balanțe.....	196
13.3.2. Bascule.....	198
13.4. Aparat de cîntărit semiautomat.....	200
13.4.1. Balanțe semiautomate cu cadran.....	200
13.4.2. Bascule semiautomate.....	200

	Pag
13.5. Aparate de cântărit automate.....	200
13.5.1. Balanțe automate.....	200
13.5.2. Bascule automate.....	201
CAP. 14 MASURAREA TEMPERATURII.....	202
14.1. Mărimi și unități de măsură. Scări de tempera- tură.....	202
14.1.1. Scara Celsius.....	203
14.1.2. Scara Reaumur.....	203
14.1.3. Scara Fahrenheit.....	203
14.1.4. Scara termodinamică absolută (scara Kelvin)..	204
14.1.5. Scara internațională practică.....	204
14.2. Mijloace de măsurare a temperaturii.....	206
14.2.1. Mijloace de măsurare bazate pe dilatarea corpurilor. Termometre din sticlă cu li- chid. Termometre metalice.....	207
14.2.2. Mijloace de măsurare bazate pe variația presiunii sau volumului. Termometre ma- nometrice cu lichid. Termometre mano- metrice cu vapori saturați. Termometre manometrice cu gaz.....	214
14.2.3. Mijloace de măsurare bazate pe variația rezistenței electrice cu temperatura.....	217
14.2.4. Mijloace de măsurare bazate pe efectul termoelectric. Termocuple.....	226

	Pag.
14.2.5. Mijloace de măsurare bazate pe radiația termică. Piometre.....	232
14.2.6. Mijloace de măsurare bazate pe modificarea frecvenței de rezonanță.....	234
14.3. Aplicații practice.....	235
14.3.1. Măsurarea temperaturii suprafețelor.....	235
14.3.2. Măsurarea temperaturii mașinilor electrice.....	236
CAP. 15 MASURAREA PRESIUNII.....	238
15.1. Generalități. Presiunea relativă. Suprapresiunea. Depresiunea. Presiunea absolută. Presiunea diferențială. Presiunea statică. Presiunea totală. Presiunea dinamică.....	238
15.2. Mărimi și unități de măsură. Scări de presiune....	242
15.3. Mijloace de măsurare a presiunii.....	244
15.3.1. Clasificare.....	244
15.3.2. Aparate cu lichid. Aparate cu tub U. Aparare cu rezervor și tub U. Barometre cu mercur. Utilizarea manometrelor cu lichid....	246
15.3.3. Aparate cu element elastic. Manometre cu tub Bourdon. Manometre pentru gaze.....	251
15.3.4. Aparate cu piston și greutate.....	254
15.3.5. Aparate cu traductoare cu ionizare.....	255
15.3.6. Aparate cu traductor termic.....	257

	Pag
CAP. 16 MASURAREA VISCOZITATII.....	259
16.1. Generalități. Viscositatea dinamică. Viscositatea cinematică. Viscositatea convențională. Variația viscozității cu temperatura.....	259
16.2. Mărimi și unități de măsură. Pascal-secundă. Metru-pătrat pe secundă. Poise. Centipoise. Stockes. Centistokes.....	261
16.3. Mijloace de măsurare a viscozității.....	262
16.3.1. Clasificare.....	262
16.3.2. Viscozimetrul cu tub capilar. Viscozi- metrul Ubbelohde.	262
16.3.3. Viscozimetrul cu corp căzător. Viscozi- metrul Höppler.	265
16.3.4. Viscozimetrul cu corp rotitor.....	265
16.3.5. Viscozimetrul cu orificiu de scurgere. Viscozimetrul Engler.	266
CAP. 17 MASURAREA DENSITATII.....	268
17.1. Generalități. Densitatea (masa specifică). Greu- tatea specifică.....	268
17.2. Unități de măsură. Kilogram pe metru cub. Gram pe centimetru cub.....	269
17.3. Mijloace de măsurare a densității.....	269
17.3.1. Mijloace de măsurare prin metoda hidro- statică. Balanța Mohr-Westphal. Areo- metrele (densimetrele).	270
17.3.2. Mijloace de măsurare prin metoda picno- metrică. Picnometrul.....	275

	Pag.
17.3.3. Mijloace de măsurare prin metoda punctului de fierbere.....	276
17.3.4. Mijloace de măsurare prin metoda efu- ziunii. Efuziometre.....	276
CAP. 18 MASURAREA TURATIEI.....	278
18.1. Generalități.....	278
18.2. Mărimi și unități de măsură. Turația. Viteza unghiulară. Perioada. Radianul pe secundă. Ro- tație pe minut. Rotație pe secundă.....	278
18.3. Mijloace de măsurare a turației.....	280
18.3.1. Turometrul centrifugal.....	280
18.3.2. Turometrul cronometric.....	283
18.3.3. Turometrul cu generator electric.....	283
18.3.4. Turometrul cu curenți turbionari.....	286
18.3.5. Turometrul stroboscopic.....	288
18.3.6. Turometrul cu contacte electrice.....	291
18.3.7. Turometrul cu reluctanță variabilă.....	292
18.3.8. Turometrul capacitiv.....	293
18.3.9. Turometrul magnetorezistiv.....	293
18.3.10. Turometrul cu disc magnetic.....	294
18.3.11. Turometrul fotoelectric.....	294
18.3.12. Turometrul inductiv.....	295
18.3.13. Turometrul care folosește scînteile motoarelor cu ardere internă.....	296
18.3.14. Circuite de măsurare pentru turometrele cu impulsuri.....	298

	Pag.
CAP. 19. MASURAREA VIBRATIILOR.....	301
19.1. Generalități.....	301
19.2. Mijloace de măsurare a vibrațiilor.....	302
19.2.1. Clasificare.....	302
19.2.2. Tastograful.....	303
19.2.3. Vibrograful.....	304
19.2.4. Torsiograful.....	305
19.2.5. Instalație electronică de măsurare a vibrațiilor.....	306
CAP. 20 MASURAREA FORTEI.....	307
20.1. Mărimi și unități de măsură. Forță. Greutate. Newton, dină, kilogram forță, kilopond.....	307
20.2. Mijloace de măsurare a forței.....	310
20.2.1. Dinamometre cu element elastic.....	310
20.2.2. Dinamometre hidraulice.....	312
20.2.3. Dinamometre cu traductoare electrice. Dinamometre cu traductoare piezoelectrice. Dinamometre cu traductoare tensometrice.....	313
CAP. 21 MASURAREA DURITATII.....	317
21.1. Mărimi și unități de măsură. Duritate fizică. Duritate tehnică. Duritate metrologică. Scară de duritate. Scara lui Mohs. Duritate Brinell. Duritate Vickers. Duritate Rockwell. Duritate Martens. Duritate Shore.....	317

	Pag
21.2. Mijloace de măsurare a durității.....	319
21.2.1. Incercarea de duritate cu aparatul Brinell. Aparatul Brinell.....	320
21.2.2. Incercarea de duritate cu aparatul Vickers. Aparatul Vickers.....	323
21.2.3. Incercarea de duritate cu aparatul Rockwell. Aparatul Rockwell.....	325
CAP. 22 MASURAREA TIMPULUI.....	328
22.1. Generalități.....	328
22.2. Mărimi și unități de timp. Scări de timp. Timpul. Secunda de timp solar mijlociu (s_m). Scara timp universal (TU). Secunda efemeridelor (s_e). Scara timp al efemeridelor (TE). Secunda (s). Scara timpului atomic internațional (TAI). Coordonarea scărilor de timp. Scrierea timpului legal. Scrierea datei.....	328
22.3. Transmiterea timpului.....	334
22.3.1. Transmiterea timpului prin conductoare elec- trice.....	334
22.3.2. Transmiterea timpului prin unde electromagne- tice.....	335
22.3.3. Transmiterea timpului prin sateliți artificiali....	336
22.3.4. Transmiterea timpului prin transportul etaloa- nelor de timp la fața locului.....	337
22.4. Mijloace de păstrare și măsurare a timpului.....	337
22.4.1. Orologii astronomice.....	337
22.4.2. Orologii cu diapazon.....	338
22.4.3. Orologii cu cuarț.....	338

	Pag.
22.4.4. Orologii atomice.....	339
22.4.5. Ceasornicele mecanice.....	342
22.4.6. Ceasornicele electronice de mână.....	348
22.4.7. Ceasornicele de pontaj.....	348
22.4.8. Ceasurile solare.....	348
22.4.9. Instalații de ceasornice electrice.....	349
22.4.10. Cronometrele mecanice, electronice; secundometre.....	351
22.4.11. Aparate speciale pentru măsurarea timpului. Cronoscoape. Cronografe. Milisecundometre. Osciloscoape. Aparate numerice. Aparate înregistratoare. Metronoame.....	354
Bibliografie.....	360

CAPITOLUL 1

NOTIUNI INTRODUCTIVE

1.1. MARIME

Pentru prezentarea unui domeniu de cunoaștere, ca de exemplu: fizică, chimie, mecanică, electrotehnică, electronică etc. este necesar să se folosească mărimi și legi de definiție. Mărimea este proprietatea unui obiect sau unui sistem ce se poate determina printr-o operație de măsurare.

O mărime poate fi măsurată când este o mulțime ordonată și în care se definesc relațiile de egal ($=$), mai mare ($>$) și mai mic ($<$).

1.2. MASURARE

Este o experiență care se efectuează pentru a obține informații referitoare la anumite proprietăți ale unui obiect, sistem etc. Experiența constă în compararea unei mărimi necunoscute cu o altă mărime cunoscută și de aceeași natură ca prima și care se numește unitate de măsură.

Unitatea de măsură are valoarea numerică egală cu 1, este aleasă convențional astfel încât să fie ușor definită, determinată, produsă și păstrată.

1.3. SISTEMUL INTERNATIONAL DE UNITATI DE MASURA - SI -

1.3.1. Unitățile SI fundamentale. În 1960, s-a adoptat de Conferința Generală de Măsură și Greutăți, Sistemul Internațional de unități de măsură (prescurtat SI) ca sistem de unități legal și obligatoriu în toate țările membre dintre care face parte și România.

Sistemul Internațional SI se bazează pe următoarele unități fundamentale:

- unitatea de lungime - metru - simbol m;
- unitatea de masă - kilogram - simbol kg;
- unitatea de timp - secunda - simbol s;
- unitatea de intensitate a curentului electric - amper - simbol A;
- unitatea de temperatură termodinamică - kelvin - simbol K;
- unitatea de cantitate de substanță - mol - simbol mol;
- unitatea de intensitate luminoasă - candelă - simbol cd.

Tot Sistemului Internațional mai aparțin unităților SI derivate și unitățile SI suplimentare.

1.3.2. Unitățile SI derivate sînt obținute din expresii algebrice care utilizează simboluri matematice de înmulțire și de împărțire:

- unitatea de arie - metru pătrat - simbol m^2 ;
- unitatea de viteză - metru pe secundă - simbol m/s;
- câmp magnetic - amper pe metru - simbol A/m;
- densitate de curent - amper pe metru pătrat - simbol A/m^2 ;
- etc.;

sau poartă o denumire specială și un anumit simbol:

- unitatea de frecvență - hertz - simbol Hz ;
- unitatea de tensiune electrică - volt - simbol V ;
- unitatea de forță - newton - simbol N ;
- unitatea de presiune - pascal - simbol Pa ;
- unitatea de putere - watt - simbol W ;
- unitatea de cantitate de electricitate - coulomb - simbol C ;
- unitatea de capacitate electrică - farad - simbol F ;
- unitatea de inducție magnetică - tesla - simbol T ;
- etc .

Unitățile SI derivate pot fi folosite pentru exprimarea altor unități derivate:

- unitatea de viscozitate dinamică - pascal secundă - simbol Pa . s ;
- unitatea de câmp electric - volt pe metru - simbol V/m ;
- unitatea de permitivitate - farad pe metru - simbol F/m ;
- etc .

1.3.3. Unitățile SI suplimentare conțin următoarele:

- unitatea de unghi plan - radian - simbol rad ;
- unitatea de unghi solid - steradian - simbol sr .

Pentru extinderea gamei de măsură a unităților SI, s-au adoptat multiplii și submultiplii zecimali ai unităților SI (tabelul 1.1).

Tabelul 1.1

Factorul de multiplicare	Prefixul	Simbolul
$1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}$	tera	T
$1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$	giga	G
$1\ 000\ 000 = 10^6$	mega	M
$1\ 000 = 10^3$	kilo	k
$100 = 10^2$	hecto	h
$10 = 10^1$	deca	da
$0,1 = 10^{-1}$	deci	d
$0,01 = 10^{-2}$	centi	c
$0,001 = 10^{-3}$	mili	m
$0,000\ 001 = 10^{-6}$	micro	μ
$0,000\ 000\ 001 = 10^{-9}$	nano	n
$0,000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$	pico	p
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$	femto	f
$0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$	atto	a

1.4. PROCESUL DE MASURARE

Pentru a realiza experiența necesară măsurării, sînt necesare elementele următoare:

- mărimea de măsurat (măsurandul);
- metoda de măsurare;
- mijlocul de măsurare.

1.4.1. Mărimea de măsurat (măsurandul) reprezintă mărimea fizică cu anumite proprietăți care se pot determina prin operația de măsurare. Se stabilește în mod convențional o corespondență biunivocă între mulțimea numerelor reale și mulțimea valorilor mărimii fizice. Această corespondență se numește convenție de scară; tot prin aceasta se determină unitatea de măsură. Prin urmare, rezultatul final, obținut pentru oricare măsurare, reprezintă o anumită proprietate a mărimii măsurate redată printr-un număr însoțit de unitatea de măsură.

Mărimile de măsurat se clasifică după cum urmează:

- mărimi aditive cu proprietăți de ordonare și de adunare (de exemplu: lungime, masă, curent electric, tensiune electrică etc);
- mărimi reperabile cu proprietăți de ordonare dar nu se pot aduna (de exemplu: scara internațională de temperatură);
- mărimi fundamentale sînt considerate independente unele de altele și sînt alese convențional pentru a forma un sistem de mărimi de măsură;
- mărimi derivate se definesc cu ajutorul marimilor fundamentale prin relații de definiție;
- mărimi scalare determinate prin valorile lor numerice și prin unitatea de măsură în care se exprimă acea valoare;
- mărimi vectoriale care se definesc în funcție de un argument scalar;
- mărimi tensoriale sînt mărimi scalare care își modifică componentele în spațiu odată cu schimbarea sistemului de coordonate.

Valoarea A a unei mărimi măsurate este dată de produsul dintre un număr N și unitatea de măsură folosită U_A :

$$A = N U_A \quad (1.1)$$

(de exemplu: capacitatea electrică a unui condensator electric

$$A = 470 \mu F = 470 \cdot 10^{-6} F$$

în care

$$N = 470 \cdot 10^{-6} \text{ și } U_A = F)$$

1.4.2. Metoda de măsurare este o succesiune logică de folosire a mijloacelor de măsurare în procesul de măsurare. Conform STAS 10 705-76, metodele de măsurare se clasifică după mai multe criterii:

a) după precizie;

- metode de laborator în care se ține seama de erorile de măsurare;

- metode tehnice, nu se ține seama de eroare deoarece mijloacele de măsurare au erori limită cunoscute, corespunzător claselor de precizie;

b) după poziția aparatului față de mărimea de măsurat;

- metode prin contact; sistemul de poziționare al aparatului face atingere cu mărimea de măsurat (micrometru, comparator etc.)

- metode fără contact; determinarea se face fără atingerea mecanică a mărimii de măsurat (optic, pneumatic, capacitiv etc.);

c) după modul de obținere a valorii mărimii de măsurat;

- metode de măsurare directe; valoarea mărimii se obține direct, fără calcule suplimentare cum ar fi: aprecierea directă, diferențială, de zero, coincidenței, substituiri, comparării, deviației, numărare;

- aprecierea directă constă în compararea mărimii de măsurat cu unitatea de măsură (măsura) din mijlocul de măsurare (de exemplu: măsurarea lungimii cu o riglă gradată, măsurarea capacității cu măsuri de capacitate, cântărirea cu balanțe folosind mase etalon etc.);

- diferențială - măsurarea diferenței dintre mărimea căutată și o mărime de referință cunoscută de aceeași natură (măsurarea calelor cu comparatoare interferențiale etc.);

- metoda de zero sau a echilibrului - efectul acțiunii mărimii care se măsoară se echilibrează sau este redus la zero cu efectul unei mărimi cunoscute (de exemplu, balanța, puntea Wheatstone etc.);

- metoda coincidenței - un șir de repere sau semnale caracteristice și cunoscute se compară cu un alt șir de repere sau de semnale de același fel, stabilindu-se poziționarea lor prin coincidență sau simetrie vizuală (măsurarea timpului, măsurarea lungimii cu șublerul etc.);

- metoda substituiri - mărimea de măsurat se înlocuiește în instalația de măsurat printr-o mărime cunoscută - o măsură;

- metoda comparării - indicațiile mijlocului de măsurare obținute pentru o mărime cunoscută sînt notate și comparate cu indicațiile obținute cînd se înlocuiește mărimea cunoscută cu mărimea de măsurat;

- metoda deviației - valoarea mărimii de măsurat se obține prin deviația unui element indicator (ac indicator, spot luminos);

- numărare - rezultatul măsurării se obține printr-un proces de numărare a unor cantități identice (determinarea numărului de rotații etc.);

- metode de măsurare indirecte; mărimea nu se măsoară direct, se măsoară alte mărimi cu ajutorul cărora - prin relații matematice și calcul - se determină mărimea care se măsoară (de exemplu, determinarea volumului unui vas prin măsurarea dimensiunilor acestuia);

- metode de măsurare combinate; determinarea mărimii de măsurat se face printr-o serie de măsurări directe și indirecte;

d) după modul indicației mărimii măsurate:

- metoda analoagă; fiecărei valori a mărimii de măsurat - ca mărime de intrare - îi este subordonată în mod continuu o valoare de ieșire;

- metoda digitală; unui domeniu restrâns de valori ale mărimii de măsurat îi corespunde o valoare de măsurat redată sub formă de cifre;

e) după originea sistemului de coordonate;

- metoda incrementală; măsurarea se realizează cu mijloace care indică o mărime ce nu depinde de origine;

- metoda absolută; mijloacele de măsurat indică valoarea mărimii măsurate în raport cu originea sau cu cota zero.

1.4.3. Mijlocul de măsurare este un dispozitiv compus din diferite subansambluri mecanice, optice, electronice etc. destinat captării, transformării și emiterii de semnale necesare măsurării diferitelor mărimi.

Mijloacele de măsurare se clasifică în:

- măsurii;
- instrumente de măsurat;
- aparate de măsurat;
- instalații de măsurare;
- sisteme de măsurare.

Măsura este o realizare materială a unității de măsură, a multiplilor și submultiplilor acesteia (de exemplu, metrul, litrul, ohmul etc.). Materializarea este posibilă numai pentru unele unități de măsură. Când măsura se folosește la definirea, materializarea, conservarea sau reproducerea unității de măsură numai în scopul transmiterii acesteia către alte mijloace de măsurare, se numește măsură etalon sau prescurtat, etalon.

Există măsuri etalon sau etaloane internaționale adoptate în urma unui acord internațional și recunoscute de statele membre ca bază la stabilirea valorii etaloanelor naționale.

Etalonul național denumit și etalon primar servește - prin intermediul unor instalații și metode corespunzătoare - pentru transmiterea unității de măsură la etaloanele secundare de ordinul doi și așa mai departe.

Etaloanele folosite în laboratoarele din întreprinderi pentru transmiterea unității de măsură, se numesc etaloane uzinale.

Există mărimi fizice pentru care unitățile lor de măsură nu pot fi materializate sub formă de măsuri care să reproducă în mod invariabil și exact unitatea de măsură sau submultiplii acesteia.

În cazul acestor mărimi, unitățile lor de măsură se determină prin metode indirecte, adică prin măsurarea altor mărimi și apoi efectuarea unor calcule necesare.

Instrumente de măsurat sînt mijloace simple de măsurare cu ajutorul cărora se compară direct mărimea de măsurat cu o scară de repere (de exemplu, şublere, **micrometre**, **şabloane** etc.).

Aparate de măsurat sînt mijloace de măsurare care conţin cel puţin o măsură. Sub formă simplă, aparatul de măsurat este ca o "cutie" care primeşte o mărime de intrare şi furnizează o mărime de ieşire (fig. 1.1).

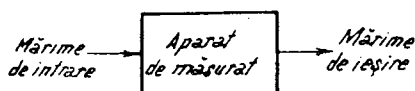


Fig. 1.1. Forma simplă a aparatului de măsurat.

Mărimea de ieşire nu depinde numai de mărimea de intrare în cazul general depinde şi de alte mărimi denumite mărimi de influenţă (temperatură, presiune, umiditate, cîmpuri electrice şi magnetice etc.). De asemenea, mărimea de ieşire a aparatului depinde şi de comenzile care au fost date aparatului din exterior. Dacă se ţine seamă şi de aceşti factori, aparatul de măsurat se reprezintă în cazul general ca în fig. 1.2.

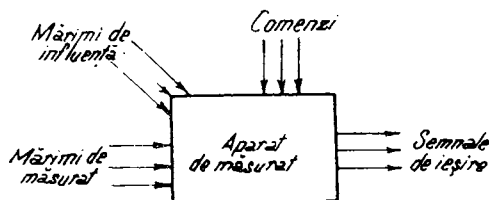


Fig. 1.2. Reprezentarea generală a aparatului de măsurat.

Mărimile de intrare ale aparatului de măsurat sînt caracterizate prin:

- natura mărimii (temperatură, tensiune, curenți etc.):
- intervalul de valori măsurabile (valoarea minimă, valoarea maximă);
- variația în timp (mărimi constante, mărimi variabile).

Comenzile primite din exterior de un aparat de măsurat pot fi:

- funcțiune (măsurarea timpului, temperaturii, curentului, tensiunii etc.);
- game de măsurare;
- calibrare internă;
- reglarea zeroului;
- echilibrare (la compensatoare, punți);
- repetarea măsurării.

În general, comenzile aparatelor de măsurat pot fi grupate astfel:

- pentru introducerea de date;
- pentru manevrarea aparatului.

Ambele grupe de comenzi pot fi automatizate parțial sau complet. Mărimile de ieșire ale unui aparat de măsurat pot fi recepționate de om sau de un dispozitiv conectat aparatului (înregistrare, comandă, prelucrare ulterioară etc.).

Aparatele de măsurat - după felul cum furnizează mărimea de ieșire - pot fi:

- aparate analogice;
- aparate digitale (numerice).

Aparatul analogic furnizează informația de măsurare sub forma unei mărimi fizice variabile continuu și omul apreciază indicația aparatului exprimând-o sub forma unui număr.

Aparatul digital prezintă rezultatul măsurării la ieșire direct sub forma unui număr care este citit de om.

Caracteristicile unui aparat de măsurat - cunoscute și sub denumirea de caracteristici metrologice - se referă la comportarea aparatului față de mărimea de măsurat, față de operatorul uman și de mediul ambiant. Acestea sînt prezentate în continuare.

Intervalul de măsurare reprezintă intervalul dintre valoarea minimă și valoarea maximă care poate fi măsurat cu un aparat. Intervalul de măsurare se împarte în game de măsurare sau scări de măsurare.

Rezoluția este cea mai mică variație a mărimii de măsurat care poate fi sesizată pe dispozitivul de indicare al aparatului de măsurat.

Sensibilitatea este raportul dintre variația mărimii de ieșire și variația corespunzătoare a mărimii de intrare (se notează cu S). Pentru aparatele numerice nu se folosește această caracteristică.

Constanta este mărimea inversă a sensibilității:

$$C = \frac{1}{S}$$

Se exprimă în $^{\circ}C/\text{diviziune}$, volți/diviziune, amperi/diviziune etc.

Pragul de sensibilitate reprezintă cea mai mică variație a mărimii de măsurat care se poate evidenția cu ajutorul aparatului de măsurat.

Precizia este calitatea aparatului de a da rezultate cât mai apropiate de valoarea adevărată a mărimii de măsurat.

Pentru gruparea aparatelor de măsurat pe baza erorilor tolerate se folosește noțiunea de clasă de precizie sau clasa aparatului.

Clasele de precizie utilizate la aparatele de măsurat sînt: 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2,5; 5.

Puterea consumată este puterea absorbită de aparatul de măsurat de la mărimea de măsurat în procesul de măsurare. Noțiunea de putere consumată se întâlnește mai ales la aparatele de măsurat electrice și electronice.

Supraîncărcabilitatea este capacitatea unui aparat de măsurat de a rezista la o suprasarcină astfel ca după suprasarcină să funcționeze normal.

Fiabilitatea metrologică este o probabilitate a aparatului de măsurat de a funcționa în timp în limitele clasei sale de precizie.

Instalații de măsurare sînt tot mijloace de măsurare constituite din măsuri, aparate de măsurat, diferite dispozitive conectate între ele printr-o schemă sau metodă comună și care se folosește la măsurarea uneia sau mai multor mărimi (de exemplu, microscopul de atelier, instalația de măsurare electrică a temperaturii etc.).

Sisteme de măsurare sînt ansambluri complexe de instalații, aparate de măsurat grupate după obiectul supus măsurării sau

după prelucrarea centralizată a informațiilor obținute în urma măsurării (de exemplu, sistemul de măsurare al unui cuptor Siemens-Martin sau ansamblul de instalații de măsurare conectat la un sistem de prelucrare a acestor informații de către un calculator electronic etc.).

Dacă se face o analogie între procesul de prelucrare a datelor și procesul de măsurare, se poate identifica relația soft-hard în care softul este reprezentat de ansamblul metodelor, tehnicilor, procedeelor de măsurare, corecta alegere și utilizare a aparaturii, calcularea erorilor de măsurare, iar hardul reprezintă ansamblul mijloacelor de măsurare, aparatelor și circuitelor componente, tehnologia și construcția aparaturii de măsurat.

1.5. ERORILE DE MASURARE

Rezultatul final obținut în urma unei măsurări nu este cel adevărat. acesta este influențat de diferiți factori perturbatori sau erori de măsurare. Principalele erori care intervin în procesul de măsurare sînt determinate de elementele componente ale acestui proces:

- erori provocate de mărimea de măsurat (erori de formă, de poziționare, deformații diferite etc.);
- erori ale măsurilor (cale, calibre, lineale etc.);
- erori ale aparatelor de măsurat (de ghidare, de divizare, de ajustare etc.);
- erori de metodă de măsurare;

- erori determinate de mediul înconjurător: temperatură, presiune, umiditate și compoziția aerului, câmpuri electrice și magnetice, frecare, forța de măsurare, iluminare, contrast, vibrații etc.;

- erori introduse de observatorul uman (atenție, acuitate vizuală, aprecieri, viteză de reacție, capacitate de acomodare etc.).

Pentru a se ține seama de aceste erori, trebuie ca metoda, mijlocul și condițiile de măsurare să fie stabilite în urma unei analize temeinice.

Toleranța T a unei mărimi de măsurat se compune dindouă părți: toleranța de execuție T_e (înscrișă pe desenul de execuție) și toleranța de măsurare sau imprecizia de măsurare $\pm U$.

Toleranța T se calculează din expresia:

$$T = \sqrt{T_e^2 + (2 U)^2} \quad (1.2)$$

Cînd pe desenul de execuție este înscrișă toleranța T , atunci piesa trebuie executată cu o toleranță maximă de 90... 80% din T și cu o rezervă de 10... 20% pentru efectuarea măsurării cu imprecizia $\pm U$.

Erorile de măsurare se clasifică în:

- erori sistematice;
- erori aleatoare;
- greșeli.

1.5.1. Erorile sistematice (se notează cu Δ_s) sînt erorile care au în fiecare caz o valoare determinată (constantă sau variabilă)

și un semn bine precizat. Aceste erori sînt sensibil constante pentru un șir de măsurări efectuate asupra aceleiași mărimi în aceleași condiții și sînt totdeauna în același sens. Se deosebesc următoarele erori sistematice:

- erori ale măsurii reprezintă abaterile dimensiunii nominale care apar în procesul de prelucrare sau datorită uzurii în timpul utilizării acestor măsuri (de exemplu, la calibre, cale plan-paralele, rigle, scări gradate etc.); aceste abateri se determină și se indică de uzinele producătoare;

- erori instrumentale sînt erorile mijlocului de măsură provocate de erorile de divizare ale scărilor gradate, de pas ale șuruburilor micrometrice, ghidajelor, elementelor de angrenare etc.; pentru eliminarea acestor erori, unele aparate sînt prevăzute cu dispozitive de ajustare; aparatele de mare precizie sînt prevăzute cu dispozitive pentru eliminarea erorilor;

- erori ale forței de măsurare apar la mijloacele de măsurare cu contact mecanic din cauza forței de măsurare și greutatei proprii a mărimii (obiectului) de măsurat; apar deformații de încovoiere și de aplatizare a obiectului supus măsurării; aplatizarea este accentuată la măsurarea filetelor cu diametrul nominal mic și la măsurarea pieselor din materiale neferoase; rugozitatea și abaterile de formă ale suprafețelor în contact cauzează mărirea valorii deformației de contact, din care motiv se recomandă evitarea mijloacelor de măsurare cu forță de măsurare;

- erorile de temperatură sînt determinate de modificarea mărimii de măsurat (lungime, rezistență electrică etc.) sau a măsurii în funcție de temperatură; cînd obiectul sau măsura au o

altă temperatură care diferă de temperatura de referință de 20°C (68°F) trebuie să se aducă elementele la temperatura de referință de 20°C și apoi să se realizeze procesul de măsurare sau să se introducă unele corecții la rezultatele finale obținute;

- erorile de metodă sînt provocate de lipsa de precizie a metodei de măsurare și aplicării unei formule de calcul aproximative (de exemplu, măsurarea rezistențelor electrice prin metoda amonte și aval);

- erorile de instalare sînt determinate de așezarea sau reglarea greșită a aparatelor de măsurat sau a altor dispozitive de măsurat și modificarea condițiilor exterioare;

- erori ale operatorului uman sînt introduse de unele defecte ale experimentatorului.

Pentru eliminarea erorilor sistematice trebuie să se respecte următoarele:

- aparatul de măsurat să se așeze într-o poziție corectă de funcționare conform prescripțiilor tehnice;

- aparatul de măsurat să fie verificat în prealabil pentru o funcționare corectă;

- spațiul în care se fac măsurările să fie cu temperatură constantă și în afara surselor de vibrații;

- la măsurări de precizie să se utilizeze curbe de erori sau corecții (de exemplu, corecții de dilatare liniară la măsurarea lungimilor);

- să se utilizeze metoda de măsurare care să elimine erorile sistematice.

1.5.2. Erorile aleatoare (întîmplătoare) sînt provocate de mărimi de influență cu variație rapidă și care au valori întîmplătoare în timpul unor măsurări repetate. Erorile aleatoare variază într-un mod imprevizibil ca valoare și semn la repetarea măsurării în condiții practic neschimbate. Acestea se manifestă prin indicații diferite ale aparatului la măsurarea repetată ale aceeași mărimi. Limitele între care se află erorile aleatoare se pot determina - cu o probabilitate oarecare - prin mai multe măsurări efectuate în condiții identice.

1.5.3. Greșelile sînt erori grosolane care denaturează foarte mult rezultatele măsurărilor și care sînt o consecință a unui montaj incorect, alegerii greșite a metodei de măsurare, manipulării greșite, citirii și scrierii indicațiilor aparatului de măsură, calculelor inexacte etc.

Pentru eliminarea erorilor grosolane, se aplică criteriile astfel ca rezultatele finale să fie afectate numai de erori sistematice și aleatoare.

1.5.4. Calculul erorilor. Eroarea de măsurare se mai poate defini ca diferența dintre valoarea măsurată și valoarea adevărată.

Valoarea efectivă X_e a unei mărimi este valoarea determinată prin măsurări de precizie cu mijloace de măsurare etalon.

Valoarea măsurată x a unei mărimi este valoarea determinată printr-o măsurare oarecare. Valoarea individuală măsurată într-un șir de măsurări efectuate asupra aceleiași mărimi și în aceleași condiții se simbolizează cu x_i .

Valoarea de referință a unei mărimi X_0 este valoarea determinată cu o precizie superioară valorii măsurate x .

Această valoare poate fi:

- valoarea convențional-reală a mărimii (dată prin documentația de execuție a obiectului de măsurat);
- rezultatul unei măsurări obținut cu ajutorul unui aparat de măsurat de clasă de precizie superioară;
- media aritmetică a rezultatelor unei serii de măsurări efectuate asupra aceleiași mărimi sau obiect; se folosește relația

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1.3)$$

în care:

X_0 este valoarea de referință determinată ca medie aritmetică;

x_i - o valoare individuală i măsurată dintre cele n valori individuale din seria de măsurări;

n - numărul măsurărilor aparținând seriei de măsurări.

Eroarea absolută Δ a unei mărimi este diferența dintre valoarea măsurată x a mărimii (obținută prin măsurare) și valoarea de referință X_0 determinată cu o precizie superioară valorii măsurate x :

$$\Delta = x - X_0 \quad (1.4)$$

Corecția C este eroarea absolută Δ cu semnul schimbat:

Dezavantajul erorii absolute este că nu exprimă gradul de precizie. Pentru a reda acest grad de precizie al unei măsurări se întrebuințează eroarea relativă.

Eroarea relativă Δ_r a unei măsurări este raportul dintre eroarea absolută Δ și valoarea de referință adoptată X_0 :

$$\Delta_r = \frac{\Delta}{X_0} = \frac{x - X_0}{X_0} \quad (1.6)$$

Eroarea relativă - ca raport a două mărimi de aceeași natură - este un număr care se poate exprima și în procente. În acest caz:

$$\Delta_r \% = \frac{\Delta}{X_0} 100 = \frac{x - X_0}{X_0} 100 \quad (1.7)$$

Cu cât eroarea relativă este mai mică, cu atât măsurarea este mai precisă.

Aplicații

1) Să se determine eroarea absolută Δ și eroarea relativă Δ_r ale măsurării lungimii unei piese pentru care lungimea convențional-reală din desenul de execuție este $X_0 = 20,20$ mm iar rezultatul unei măsurări oarecare este $x = 20,07$ mm.

Eroarea absolută Δ este

$$\Delta = x - X_0 = 20,07 - 20,20 = - 0,13 \text{ mm.}$$

Eroarea relativă Δ_r în procente este

$$\Delta_r \% = \frac{\Delta}{X_0} 100 = \frac{-0,13}{20,20} 100 = - 0,64\%$$

2) Cu o cală plan-paralelă, s-a determinat prin măsurare lungimea unei piese $x = 30$ mm.

Folosindu-se o instalație electronică modernă cu afișaj numeric, s-a obținut valoarea de referință a lungimii piesei $X_0 = 29,9997$ mm. Să se calculeze eroarea absolută Δ și eroarea relativă Δ_r a lungimii piesei.

Eroarea absolută Δ este

$$\Delta = x - X_0 = 30 - 29,96 = 0,04 \text{ mm}$$

Eroarea relativă Δ_r în procente este

$$\Delta_r \% = \frac{\Delta}{X_0} 100 = \frac{0,04}{29,96} 100 = 0,134\%$$

3) Rezultatele a cinci măsurări ale unui diametru, efectuate în condiții absolut identice (același instrument, același operator, aceeași temperatură ambiantă etc.) sînt următoarele: $d_1 = 20,6$ mm; $d_2 = 20,8$ mm; $d_3 = 20,7$ mm; $d_4 = 20,6$ mm; $d_5 = 20,8$ mm.

Să se determine eroarea absolută și eroarea relativă pentru cea de a cincea măsurare.

Valoarea de referință a mărimii X_0 este media aritmetică a rezultatelor seriei de cinci măsurări

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5} = \frac{20,6 + 20,8 + 20,7 + 20,6 + 20,8}{5} = 20,7 \text{ mm}$$

Eroarea absolută pentru măsurarea a cincea este

$$\Delta_5 = x_5 - X_0 = d_5 - X_0 = 20,8 - 20,7 = 0,1 \text{ mm}$$

Eroarea relativă este:

$$\Delta_{r5} \% = \frac{\Delta_5}{X_0} 100 = \frac{0,1}{20,7} 100 = \frac{10}{20,7} = 0,485\%$$

1.6. TERMENI UTILIZATI IN METROLOGIE

Metrologia este un domeniu de cunoștințe referitoare la măsurări. Termenul provine din limba greacă de la cuvîntul "metron" care înseamnă măsură și de la cuvîntul "logos" care înseamnă vorbire.

Verificarea este ansamblul operațiilor efectuate de un laborator metrologic de stat sau de laboratorul metrologic uzinal pentru a constata și confirma că mijlocul de măsurare îndeplinește condițiile cerute de reglementările legale.

În țara noastră, mijloacele de măsurare supuse verificării metrologice sînt prezentate în "Instrucțiuni pentru verificarea de stat a măsurilor și aparatelor de măsurat și pentru autorizări metrologice".

Instrucțiunea de verificare este instrucțiunea prin care se stabilește metodologia obligatorie pentru verificarea unui aparat de măsurat.

Marcarea este operația de aplicare a mărcii de stat asupra unui aparat de măsurat prin care se atestă că el corespunde prescripțiilor privind verificarea.

Mărcile de stat se aplică astfel încât să sigileze și să protejeze unele subansambluri sau aparatul de măsurat în întregime, împotriva unor modificări ulterioare verificării caracteristicilor metrologice.

În România, marca de stat conține obligatoriu ultimile două cifre ale anului verificării și codul verficatorului.

Etalonarea este ansamblul de operații prin care se determină și se verifică valorile erorilor unui aparat de măsurat în vederea folosirii lui ca aparat etalon.

Buletinul de verificare este documentul prin care se certifică verificarea unui aparat de măsurat. Buletinul conține rezultatul verificării - admis sau respins - precum și datele de identificare ale aparatului de măsurat.

Supravegherea metrologică reprezintă activitatea de control asupra fabricației, punerii în funcțiune și reparației aparatelor de măsurat pentru a se asigura corecta folosire a lor.

CAPITOLUL 2

MASURAREA LUNGIMII

Lungimea reprezintă o mărime fundamentală. Noțiunea de lungime se referă la: lățime, înălțime, grosime, rază, diametru și distanță.

2.1. UNITATI DE MASURA PENTRU LUNGIME

Unitatea fundamentală pentru lungime în Sistemul Internațional de unități de măsură SI este metrul [m]. Multiplii și submultiplii metrului în SI sînt prezentate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1.

Denumire	Sîmbol	Valoare	Domeniu de utilizare
a) Multipli			
Kilometrul	km	10^3 m	distanță
Hectometrul	hm	10^2 m	distanță
Decimetrul	dam	10^1 m	distanță
b) Submultipli			
Decimetrul	dm	10^{-1} m	industrie
Centimetrul	cm	10^{-2} m	industrie
Milimetrul	mm	10^{-3} m	industrie
Micrometrul	μ m	10^{-6} m	industrie

În afara unităților din sistemul SI se folosesc și alte unități, denumite unități tolerate (tabelul 2.2)

Tabelul 2.2.

Denumire	Simbol	Valoare	Domeniu de utilizare
c) Unități tolerate			
Inch (țol)	in	0,0254 m	Industrie

2.2. METODE DE MASURARE A LUNGIMII

Sînt două metode: absolută și comparativă.

a) Metoda absolută constă în măsurarea valorii totale a lungimii cu ajutorul unui instrument sau aparat de măsură.

Măsurarea unei lungimi cu ajutorul riglei, șublerului etc., reprezintă o metodă absolută de măsurare a lungimilor.

b) Metoda comparativă constă în măsurarea diferenței unei lungimi față de o lungime-etalon. Măsurarea unei lungimi cu ajutorul comparatorului cu cadran, de exemplu, reprezintă o metodă comparativă de măsurare a lungimilor.

2.3. INSTRUMENTE DE MASURAT LUNGIMI

Reprezintă mijloace de măsurat care materializează unitatea de lungime, multiplii sau submultiplii acesteia. Se clasifică în mai multe grupe.

2.3.1. Instrumente de măsurat lungimi cu repere. Sînt instrumente ale căror valori reprezintă distanța dintre două repere, trasate perpendicular pe axa instrumentului. Acestea sînt:

- rigle metalice rigide;
- rigle metalice flexibile;
- metri articulați;
- rulete.

2.3.1.1. Rigle metalice rigide. Conțin mai multe repere și sînt cu secțiune pătrată, dreptunghiulară sau trapezoidală.

Riglele cu secțiune dreptunghiulară și trapezoidală sînt rigle de lucru și se folosesc la trasaj, control și măsurări curente în ateliere de reparație sau de producție.

Riglele metalice rigide cu secțiune patrată (fig. 2.1) se folosesc ca etalon pentru verificarea riglelor de lucru.

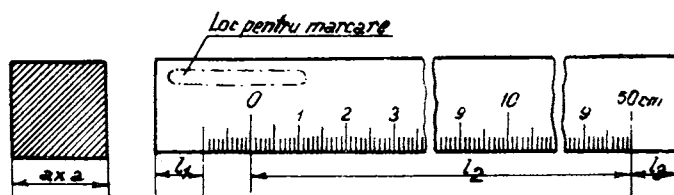


Fig. 2.1. Riglă metalică rigidă etalon cu secțiune patrată.

Riglele metalice rigide se confecționează din oțel carbon, oțel inoxidabil, alamă, bronz sau aluminiu.

2.3.1.2. Rigle metalice flexibile (fig. 2.2). Ca și riglele rigide, conțin mai multe repere. Se confecționează din bandă de oțel calitate și revenită.



Fig. 2.2. Riglă metalică flexibilă.

Riglele metalice flexibile se utilizează pentru măsurări mai puțin precise, efectuate în ateliere.

În vederea întreținerii și conservării, riglele metalice se curăță cu benzină, se șterg cu o cârpă moale, se ung cu vaselină neutră pentru a nu fi supuse oxidării. Se conservă în cutii de lemn, se folosesc cu atenție pentru a nu fi lovite.

Lungimea scării gradate a riglelor uzuale este cuprinsă între 100 și 1 000 mm.

2.3.1.3. Metri articulați (fig. 2.3). Sînt instrumente de măsurat de tipul riglă dar pliantă. Se folosesc la măsurări curente în ateliere de tâmplărie, construcții etc.

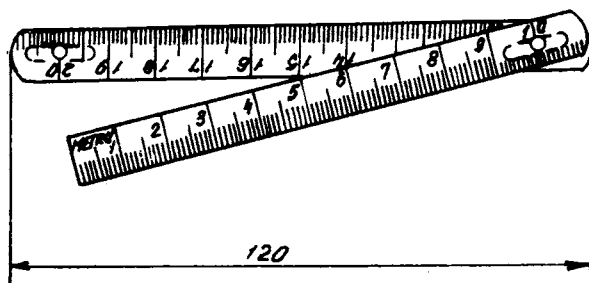


Fig. 2.3. Metru metalic articulat.

Se confecționează din 10 lame articulate și nituite la capetele lamelor. Lamele sînt din duraluminu, oțel sau lemn. Lungimea uzuală este de 1 000 mm dar se confecționează metri articulați cu lungime mai mare de 1 000 mm.

2.3.1.4. Rulete. Sînt instrumente de măsurat sub formă de benzi, împărțite în unități de lungime. La un capăt, banda este fixată pe un ax pe care se înfășoară și care este montat transversal în cutia de protecție.

Ruletele se confecționează din metal, țesătură textilă sau materiale plastice cu inserții metalice, fibră de sticlă.

În fig. 2.4 este reprezentată o ruletă cu bandă din țesătură textilă în cutie de protecție.

Foarte răspîndite sînt ruletele de buzunar. Acestea au de obicei banda metalică divizată în milimetri.

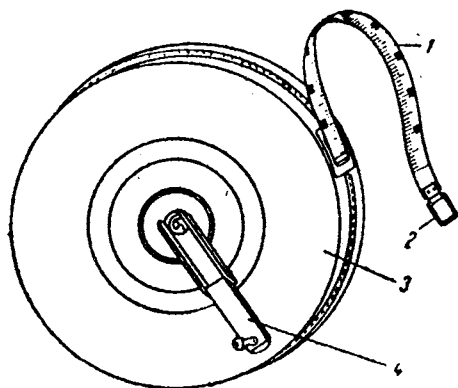


Fig. 2.4. Ruletă cu bandă din țesătură textilă: 1. bandă de măsurat; 2. inel de întindere; 3. casetă de protecție; 4. manivelă.

2.3.2. Instrumente de măsurat lungimi terminale. Sînt instrumente ale căror valori sînt unice și reprezentate de distanța dintre suprafețele de măsurare, perpendiculară pe axa instrumentului

Acestea sînt:

- cale plan-paralele;
- spioni (lere de grosime);
- calibre.

2.3.2.1. Cale plan-paralele. Sînt utilizate pentru reglarea instrumentelor de măsurat, măsurarea pieselor și dispozitivelor, reglarea mașinilor unelte etc. Sînt de formă paralelipipedică (fig. 2.5), două dintre fețele opuse (1 și 2 respectiv 3 și 4) fiind suprafețe de măsurare. Distanța dintre aceste două suprafețe - înscrisă pe cale - reprezintă dimensiunea nominală a calei.

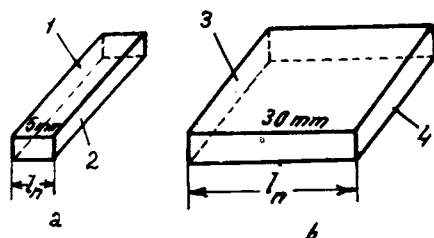


Fig. 2.5. Cale plan-paralele.

În fig. 2.5 a este reprezentată o cală plan-paralelă cu lungimea nominală $l_n = 5 \text{ mm}$ iar b este o cală plan-paralelă cu $l_n = 30 \text{ mm}$.

Calele plan-paralele se confecționează din oțel aliat călit.

Suprafețele de măsurare sînt finisate prin lepuire. Aceasta permite aderarea perfectă a calelor între ele, formînd așa numitul bloc de cale. Lungimea blocului de cale este suma dimensiunilor calelor.

Intreținerea calelor plan-paralele constă în degresarea cu solvenți neutri (benzină ușoară, alcool etilic) și ștergerea cu finet curat, piele de căprioară, vată medicinală. Particulele de praf se înlătură cu o pensulă cu păr moale.

Pentru conservare, calele - după curățare și degresare - se greșează cu vaselină neutră pentru a evita coroziunea. Calele nu vor fi lăsate în bloc - aderate unele de altele - pentru că există pericolul sudării la rece a suprafețelor de măsurat.

Calele plan-paralele se păstrează în cutii speciale, confecționate din lemn sau plastic.

2.3.2.2. Spioni (lere de grosime). Sînt instrumente de măsurat terminale cu valoare unică, în formă de lamelă metalică flexibilă, prevăzută cu suprafețe plan-paralele. Un instrument reunește mai multe lamele (fig. 2.6). Lamele de tablă flexibilă 1, de diferite grosimi, sînt asamblate prin știfturile 3, între lamele de protecție 2, sub formă de trusă.

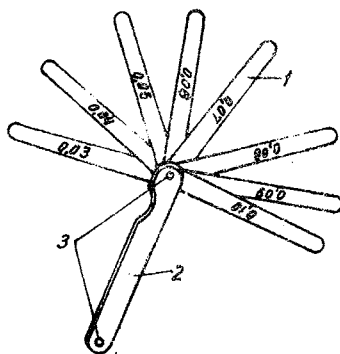


Fig. 2.6. Trusă spioni (lere de grosime).

Lungimea lamelelor sînt de 100 mm iar grosimea variază între 0,03 mm și 1 mm din sutime în sutime sau din zecime în zecime de milimetru. Grosimea lamelelor este inscripționată pe fiecare lamelă în parte. La utilizare, spionii și suprafețele cu care aceștia vin în contact se degresează și se șterg bine cu o pînză curată în vederea evitării introducerii erorilor de măsurare.

Prin asocierea lamelelor și suprapunerea lor, se obțin blocuri de lamele de dimensiune dorită.

2.3.2.3. Calibre. Sînt instrumente de măsurat terminale care se folosesc la controlul dimensiunilor, forme efective a pieselor. Din acest motiv, se mai numesc și verificatoare. În ateliere, se folosesc frecvent calibrele limitative pentru controlul dimensiunilor maxime și minime ale pieselor. În acest scop, calibrele au o parte "TRECE" (T) și o parte "NU TRECE" (NT).

Partea "TRECE" corespunde dimensiunii minime a piesei iar partea "NU TRECE" corespunde dimensiunii maxime.

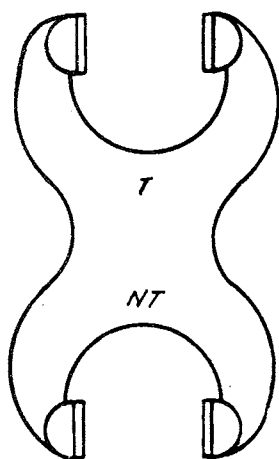


Fig. 2.7. Calbru limitativ (T=TRECE; NT=NU TRECE).

Calibrele limitative se împart în:

- calibre potcoavă (fig. 2.7) pentru controlul arborilor;
- calibre tampon pentru controlul alezajelor.

Verificarea calibrelor se realizează cu cale plan-paralele sau cu instrumente de măsurat lungimi de o precizie superioară calibrelor.

2.4. APARATE DE MASURAT LUNGIMI

Sînt dispozitive care se folosesc la transformarea lungimii măsurate într-o informație sau o indicație echivalentă, exprimată în unități de lungime.

Aparatele care funcționează pe principii mecanice se numesc:

2.4.1. Aparate mecanice de măsurat lungimi. Din această grupă fac parte:

- șublere;
- compasuri pentru măsurat;
- micrometre.

2.4.1.1. Șublere. Sînt aparate de măsurat cu vernier și cursor, folosite pentru măsurarea de dimensiuni exterioare, interioare sau de adîncime. Vernierul este o scară gradată ajutătoare, suprapusă peste o riglă gradată pentru a permite citirea mai precisă a fracțiunilor de diviziune ale riglei gradate.

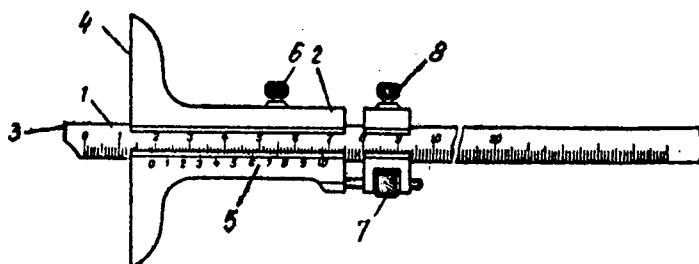


Fig. 2.10. Subler de adâncime.

Subleretele de exterior și interior (fig. 2.8) respectiv cele de exterior, interior și adâncime (fig. 2.9) se compun din următoarele părți: 1 - rigla gradată; 2 - ciocul scurt al riglei; 3 - ciocul lung al riglei; 4 - cursor; 5 - ciocul scurt al cursorului; 6 - ciocul lung al cursorului; 7 - vernier; 8 - pîrghie de blocare a cursorului; 9 - șurub de blocare al cursorului; 10 - piulița dispozitivului de avans fin al cursorului; 11 - șurubul dispozitivului de avans fin al cursorului; 12 - tijă de adâncime.

Subleretele de adâncime (fig. 2.10) se compun din: 1 - riglă gradată; 2 - cursor; 3 - suprafața de măsurare a riglei; 4 - suprafața de măsurare a cursorului; 5 - vernier; 6 - șurub de blocare al cursorului; 7 - piulița dispozitivului de avans fin; 8 - șurubul dispozitivului de avans fin.

Pentru mărirea preciziei de citire, se folosește scara gradată ajutătoare, vernierul. Caracteristicile vernierelor șublerelor produse în țara noastră, sînt redată în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3.

Caracteristicile vernierelor:

Valoarea diviziunii vernierului (mm)	Lungimea diviziunii de pe vernier	Lungimea vernierului și citirea sa R-Riglă; V-Vernier
$\frac{1}{10}$	1,90	
$\frac{1}{20}$	0,95	
$\frac{1}{50}$	0,98	

Cu ajutorul vernierului se pot citi fracțiuni ale diviziunilor riglei gradate.

Cum se citește o lungime măsurată cu șublerul?

Valoarea lungimii măsurate se citește pe scara gradată a riglei în dreptul diviziunii zero a vernierului. Dacă reperul zero al vernierului coincide cu unul dintre reperele riglei, atunci dimensiunea este egală cu numărul întreg de milimetri corespunzător aceluia reper al riglei. În oricare alt caz, dimensiunea măsurată se compune din numărul întreg de milimetri, corespunzător diviziunii riglei aflată imediat în stânga reperului zero al vernierului urmat de atâtea unități zecimale de ordinul 0,1; 0,05; 0,02 (corespunzător felului de vernier al șublerului), câte diviziuni ale vernierului sînt cuprinse între zero și reperul respectiv, aflate în coincidență.

Exemple:

a) - șubler cu vernier a cărui diviziune are valoarea $\frac{1}{10}$ mm (fig. 2.11).



Fig. 2.11. Vernier cu diviziune $\frac{1}{10}$ mm.

Se observă că reperul 9 de pe vernier se află în coincidență cu un reper de pe riglă iar în stînga reperului zero al vernierului este reperul 41 de pe riglă. Prin urmare, șublerul măsoară o lungime egală cu:

$$41 \text{ mm} + 9 \text{ div} \frac{1}{10} \text{ mm} / \text{div} = 41 \text{ mm} + 0,9 \text{ mm} = 41,9 \text{ mm}$$

b) - șubler cu vernier a cărui diviziune are valoarea $\frac{1}{20}$ mm.

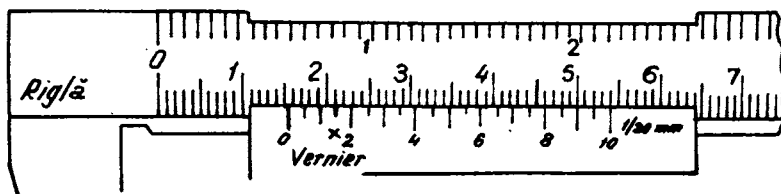


Fig. 2.12. Vernier cu diviziune $\frac{1}{20}$ mm.

Reperul de pe vernier care se află în coincidență cu un reper de pe riglă este marcat cu x, iar în stînga reperului zero al vernierului este reperul 15 de pe riglă. Prin urmare, șublerul măsoară o lungime egală cu:

$$15 \text{ mm} + 3 \text{ div} \times \frac{1}{20} \text{ mm/div} = 15 \text{ mm} + 0,15 \text{ mm} = 15,15 \text{ mm}$$

c) Asemănător se determină valoarea lungimii măsurată cu un șubler cu vernier a cărui diviziune are valoarea $\frac{1}{50}$ mm.

Preciziile de măsurare vor fi: 0,1 mm pentru a); 0,05 mm pentru b) și 0,02 mm pentru c).

Sublerele descrise folosesc cadran cu vernier dar există șublere cu cadran (fig. 2.13) la care în locul vernierului de pecursor se folosește un dispozitiv compus dintr-un cadran, ac indicator, pinion, carcasă, lagăre și geam.

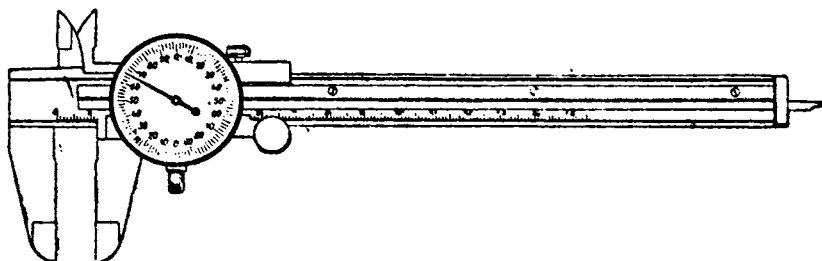


Fig. 2.13. Subler cu cadran.

Mișcarea acului indicator este realizată de către un pinion care angrenează pe o cremalieră montată pe rigla șublerului.

Precizia șublerelor cu cadran este 0,01 mm. Acest tip de aparat are avantajul că aprecierea sutimilor de milimetru se face mai simplu prin citirea directă pe cadran.

Pentru o măsurare corectă cu șublerul trebuie ca piesa să fie curățată înainte de măsurare, să fie măsurată când este în repaus, să fie corect prinsă între ciocurile șublerului iar scara șublerului să fie privită corect în timpul citirii valorii măsurate.

În fig. 2.14 sînt prezentate diferitele posibilități de măsurare cu un șubler de exterior, interior și adîncime.

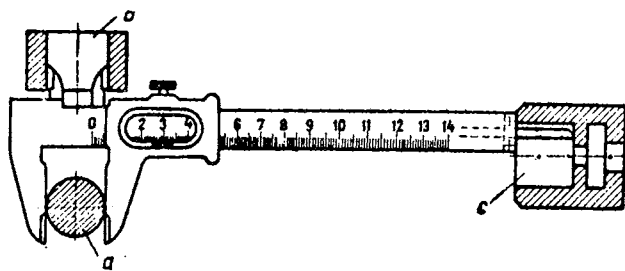


Fig. 2.14. Posibilități de măsurare cu șublerul de exterior, interior și adîncime.

Poziția a) indică măsurarea dimensiunilor exterioare, b) dimensiunilor interioare iar c) arată măsurarea adîncimilor.

Șubleretele se întrețin și se conservă prin curățarea cu benzină, ștergere cu o cârpă curată și ungere cu vaselină neutră.

2.4.1.2. Compasuri pentru măsurat. Sînt aparate de măsurat lungimi compuse din două brațe articulate, terminate cu extremități în formă de vîrfuri care se folosesc la încadrarea dimensiunii de măsurat. Sînt prevăzute cu un sector circular gradat pe care se citește valoarea dimensiunii care se măsoară (fig. 2.15).

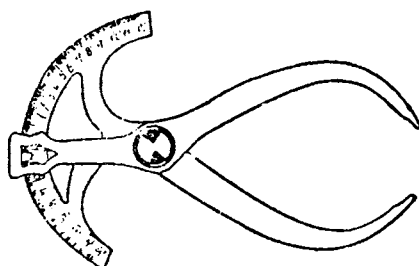
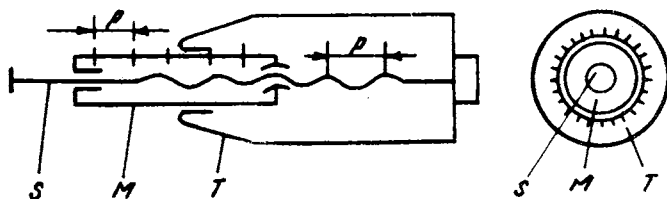


Fig. 2.15. Compas de măsurat (de exterior).

Limitele de măsură sînt 0... 400 mm cu precizia de 0,2 și 0,1 mm. Se construiesc în două variante: pentru exterior și pentru interior.

2.4.1.3. Micrometre. Sînt aparate de măsurat lungimi cu vernier circular, folosite pentru măsurarea de dimensiuni exterioare, interioare sau de adîncime. Precizia măsurărilor efectuate cu micrometrele este ridicată: 0,02 mm, 0,01 mm și 0,001 mm.

Principiul de măsurare cu scară gradată circulară constă în transformarea mișcării de rotire a unui șurub cu pas fin, de obicei 0,5 mm, denumit șurub micrometric, într-o deplasare liniară (fig. 2.16).



Surubul micrometric S are pasul p. Acest pas are o valoare egală cu diviziunea scării gradate de pe manșonul M.

Pentru a determina o fracțiune s din această diviziune p, se folosește tamburul gradat T care reprezintă vernierul propriu-zis.

Fracțiunea s este

$$s = p \frac{\varphi}{360^{\circ}} = p/n \quad (2.1)$$

în care:

φ reprezintă fracțiunea din unghiul 2π , corespunzătoare deplasării s;

n - numărul de diviziuni marcate pe tamburul T.

Pentru $p = 0,5 \text{ mm}$ și $n = 50$ diviziuni, rezultă valoarea unei diviziuni a tamburului de $\frac{0,5}{50} = 0,01 \text{ mm}$ (o sutime de milimetru).

Micrometrele se clasifică în:

- micrometre de exterior;
- micrometre de interior;
- micrometre de adâncime;
- micrometre speciale.

Micrometre de exterior (fig. 2.17).

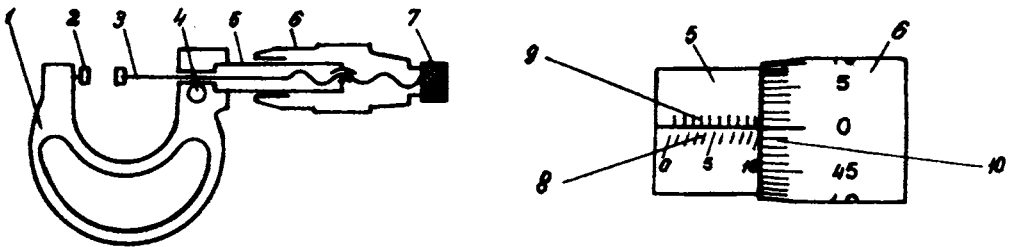


Fig. 2.17. Micrometrul de exterior.

Au următoarele părți componente: 1 - potcoava; 2 - nicovala; 3 - tijă; 4 - dispozitivul de blocare; 5 - brațul cilindric; 6 - tamburul; 7 - dispozitivul de limitare a forței de apăsare la măsurare exercitată între nicovala 2 și tija 3. Tot în fig. 2.17 s-au indicat scările gradate ale micrometrului: 8; scara gradată inferioară a brațului cilindric (pentru milimetri) 9; scara gradată superioară a brațului cilindric (pentru jumătăți de milimetru) 10; scara gradată a tamburului (pentru sutimi de milimetru).

Mărimea potcoavei determină domeniul de măsurare care crește din 25 în 25 mm începând de la 0-25 mm; 25-50 mm până la 475-500 mm.

Pentru măsurare, se introduce piesa între cele două suprafețe de măsurare ale micrometrului, sprijinind-o pe suprafața de măsurare a nicovalei. Se rotește șurubul micrometric până când suprafața de măsurare a tijei șurubului micrometric ia contact cu piesa, după care se continuă rotirea dispozitivului de limitare a forței de apăsare, asigurând forța de apăsare necesară.

Citirea indicațiilor micrometrului constă din citirea numărului întreg și a jumătăților de milimetru pe brațul cilindric și din citirea sutimilor de milimetru pe tambur.

Valoarea lungimii măsurate constă din:

a) un număr întreg de milimetri dacă marginea inelară a tamburului coincide cu o diviziune a scării gradate inferioare a tamburului (fig. 2.18). Reperul zero al tamburului se află în coincidență cu linia axială a brațului cilindric.

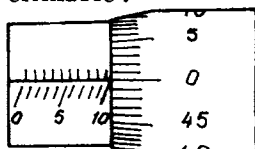


Fig. 2.18. Micrometrul indică 10 mm.

De exemplu, pentru poziția tamburului micrometrului din fig. 2.18, valoarea lungimii de măsurat este

$$10 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$$

b) un număr întreg de milimetri plus un număr de sutimi de milimetri, corespunzător reperului tamburului aflat în coincidență cu linia axială a brațului cilindric. De exemplu, pentru poziția tamburului micrometrului din fig. 2.19, valoarea lungimii de măsurat este

$$8 \text{ mm} + 0,36 \text{ mm} = 8,36 \text{ mm}$$

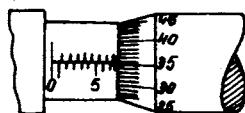


Fig. 2.19. Micrometrul indică 8,36 mm.

c) un număr întreg de milimetri plus o jumătate de milimetru dacă marginea inelară a tamburului coincide cu o diviziune a scării gradate superioare a tamburului (fig. 2.20).

Reperul zero al tamburului se află în coincidență cu linia axială a brațului cilindric.

De exemplu, pentru poziția tamburului micrometrului din fig. 2.20 valoarea lungimii de măsurat este

$$9 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + 0 \text{ mm} = 9,5 \text{ mm}$$

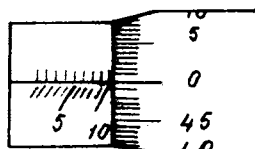


Fig. 2.20. Micrometrul indică 9,5 mm.

d) un număr întreg de milimetri plus o jumătate de milimetru plus un număr de sutimi de milimetru corespunzător reperului tamburului aflat în coincidență cu linia axială a brațului cilindric. Cea mai apropiată diviziune de marginea inelară a tamburului este o diviziune a scării gradate superioară a brațului cilindric. De exemplu, pentru poziția tamburului micrometrului din fig. 2.21, valoarea lungimii de măsurat este

$$13 \text{ mm} + 0,5 \text{ mm} + 0,44 \text{ mm} = 13,94 \text{ mm}$$

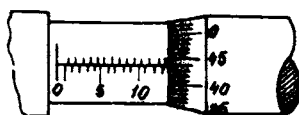


Fig. 2.21. Micrometrul indică 13,94 mm.

Pentru precizia de citire 0,001 mm, construcția micrometrelor de exterior se modifică și se introduce în fața scării gradate a tamburului, un vernier prevăzut cu 10 diviziuni echidistante corespunzând unui interval de 9 diviziuni ale tamburului (fig. 2.22).

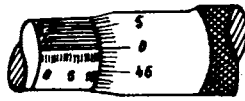


Fig. 2.22. Micrometrul cu vernier pentru precizia de 0,001 mm

Micrometrele de exterior cu limitele superioare de măsurare mai mari de 25 mm sînt prevăzute cu cale de reglare.

Pentru efectuarea unei măsurări cu micrometrul de exterior, se curăță bine fețele de măsurare cu o cîrpă moale și se verifică aparatul la indicația zero, astfel încît atunci cînd suprafețele de măsurare sînt în contact, marginea inelară a tamburului să coincidă cu reperul zero al brațului cilindric iar reperul zero al tamburului să aibă o abatere mai mică decît o diviziune față de linia longitudinală a brațului cilindric paralelă cu axul său.

Micrometre de interior. Sînt tot aparate de măsurat lungimi cu scară gradată circulară, folosite la măsurarea diametrelor alezajelor cilindrice și dimensiunilor interioare.

Micrometrele de interior se clasifică în:

- micrometre de interior cu fălci;
- micrometre de interior-vergea.

În fig. 2.23 este prezentat un micrometru de interior cu fălci.

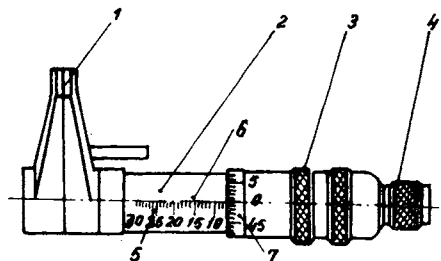


Fig. 2.23. Micrometrul de interior cu fălci.

Părțile componente sînt: 1 - fălcile de măsurare; 2 - bușa cilindrică gradată în mm și jumătăți de milimetru; 3 - tamburul; 4 - dispozitivul de limitare a forței de apăsare la măsurare.

Tot în fig. 2.23 s-au indicat scările gradate ale micrometrului de interior cu fălci: 5 - scara gradată inferioară a bușei cilindrice (pentru milimetru); 6 - scara gradată superioară a bușei cilindrice (pentru jumătăți de milimetru); 7 - scara gradată a tamburului (pentru sutimi de milimetru).

Suprafețele de măsurare ale fălcilor 1 sînt cilindrice, cu lungimea de cel puțin 5 mm și cu raza de 2,5 mm fiecare.

Domeniul de măsurare este cuprins în intervalul 5-30 mm.

Micrometrul de interior tip-vergea este prezentat în fig.

2.24.

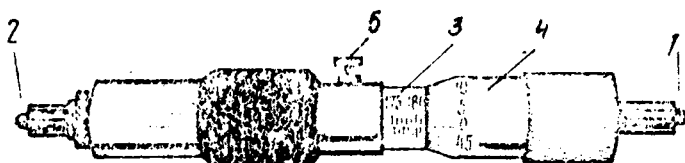


Fig. 2.24. Micrometrul de interior tip-vergea.

Părțile componente sînt: 1 - capul de măsurare semisferic solidar cu piulița unei asamblări filetate; 2 - capul de măsurare semisferic solidar cu șurubul micrometric; 3 - bușă cilindrică gradată; 4 - tamburul; 5 - dispozitivul de blocare.

Scara gradată a bușei cilindrice pentru milimetri este dispusă superior.

Capul de măsurare 1 solidar cu piulița asamblării filetate se poate demonta și intercala între acest cap de măsurare și micrometrul propriu-zis, prelungitoare de lungimi diferite: 15; 20; 50; 100; 150; 200 mm. Limita minimă de măsurare este de 15 mm dar prin intermediul prelungitoarelor, se poate ajunge la o limită maximă de măsurare de peste 1 000 mm.

Pentru măsurare, micrometrul se introduce în interiorul alezajului și prin rotirea tamburului, se aduc suprafețele capetelor de măsurare în contact cu pereții piesei.

Micrometre de adâncime. Se folosesc la măsurarea pragurilor și găurilor înfundate. Precizia de citire este 0,01 mm.

Micrometrul de adâncime este prezentat în fig. 2.25.

Părțile componente sînt: 1 - talpa; 2 - bușă cilindrică **gradată**; 3 - tija de măsurare; 4 - dispozitivul de blocare; 5 - tamburul; 6 - dispozitivul de limitare a forței de apăsare la măsurare.

Scările gradate de pe bușă cilindrică 2 și tamburul 5 sînt inverse celor de la micrometrul de exterior.

În mod obișnuit, domeniul de măsurare al micrometrelor de adâncime este 0-25 mm. Pentru extinderea domeniului pînă la 125 mm, se folosesc tije de măsurare amovibile cu lungimea de 25; 50; 75 și 100 mm.

Se construiesc micrometre de adâncime cu 6 tije de măsurare pentru extinderea domeniului pînă la 150 mm.

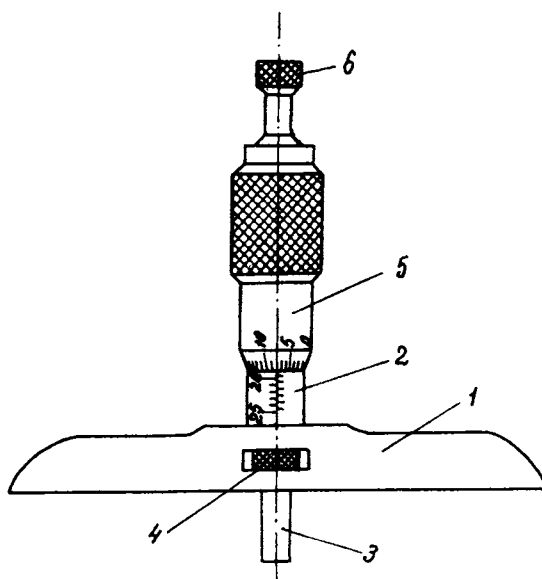


Fig. 2.25. Micrometrul de adâncime.

Micrometre speciale. Se folosesc la măsurări speciale.

Corespunzător destinației, aceste micrometre se clasifică în:

- micrometre pentru țevi (fig. 2.26 a);
- micrometre pentru table (fig. 2.26 b);
- micrometre pentru filete (fig. 2.26 c);
- micrometre pentru roți dințate (fig. 2.26 d).

Micrometrele speciale au precizia de 0,01 mm.

Pentru întreținerea și conservarea în vederea unei utilizări corecte se vor respecta următoarele:

- curățarea suprafețelor de măsurare și a pieselor demăsurat;

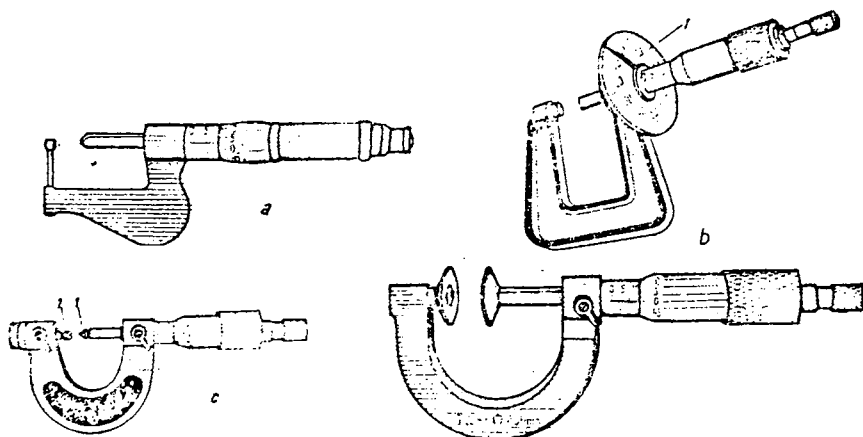


Fig. 2.26. Micrometre speciale: a - micrometrul pentru țevi;
b - micrometrul pentru table; c - micrometrul pentru filete;
d - micrometrul pentru roți dințate.

- măsurarea pieselor în stare de repaus;
- aplicarea lentă a suprafețelor de măsurare ale micrometrului pe suprafața piesei, cu ajutorul dispozitivului de limitare a forței de apăsare la măsurare;
- curățarea cu benzină, ștergerea cu o cârpă moale și ungerea cu vaselină neutră înaintea conservărilor de lungă durată;
- păstrarea în cutii, ferite de lovituri, agenți corozivi etc.

2.4.1.4. Comparatoare mecanice. Sînt aparate de măsurat lungimi cu ajutorul cărora se efectuează măsurări relative, adică se determină abaterile dimensiunilor efective față de dimensiunile nominale ale pieselor. Tot cu ajutorul acestora se determină abaterile de formă și abaterile de poziție ale pieselor; abateri de la circularitate, planitate, rectilinitate, cilindricitate, paralelism, perpendicularitate etc.

Comparatoarele mecanice utilizate în atelierele de reparații, construcții și montaj sînt:

- comparatoare cu cadran, cu valoarea diviziunii de 0,01 mm ;
- minimetre, ortoteste, milimesse, cu valoarea diviziunii de 0,001 mm ;
- pasametre, cu valoarea diviziunii de 0,02 mm.

În cele ce urmează, se vor prezenta doar comparatoarele cu cadran, frecvent folosite în construcția de mașini.

Comparatoare cu cadran (fig. 2.27). Pentru a determina cu precizie ridicată dimensiunile măsurate, aparatul amplifică mecanic deplasarea unei tije palpatoare care în final se transmite unui ac indicator care se rotește în fața unui cadran. Acul indicator va căpăta deci o mișcare cu mult mai mare ca aceea a tije palpatoare.

De altfel, comparatorul cu cadran prezentat în fig. 2.27 se compune din următoarele: 1 - cadran ; 2 - tija de palpate ; 3 - vîrf de măsurare ; 4 - buton pentru ridicarea tije de palpate ; 5 - brațul de fixare ; 6 - rama mobilă cu geam ; 7 - cadran cu scara gradată în sutimi de milimetru ; 8 - acul indicator al sutimilor de milimetru ; 9 - acul indicator al rotațiilor ; 10 - dispozitiv pentru blocarea ramei mobile.

Domeniul de măsurare este de la 0 la 10 mm, acul indicator 8 putînd executa zece rotații a o sută de diviziuni.

Corespunzător, acul indicator al rotațiilor execută o rotație completă.

Pentru folosire, comparatorul cu cadran se montează pe un suport (fig. 2.28) și se reglează la zero cu ajutorul unui bloc de cale plan-paralele 1 egal cu dimensiunea nominală a piesei de măsurat.

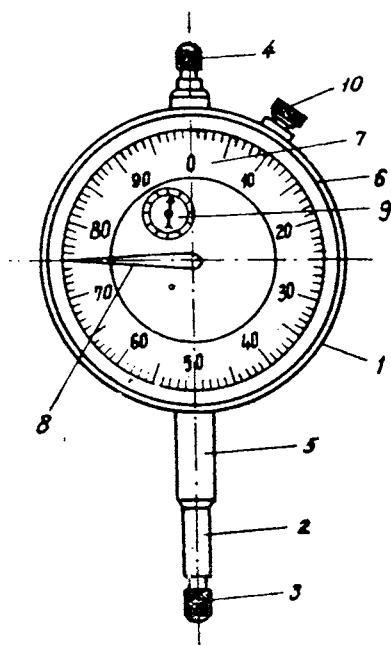


Fig. 2.27. Comparatorul cu cadran.

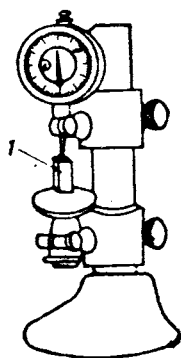


Fig. 2.28. Suport pentru comparator.

După ce s-a fixat comparatorul pe brațul suportului iar pe masă se așază cala sub tija palpatoare, se deplasează brațul împreună cu comparatorul pe coloană pînă cînd acul indicator este pe zero sau în apropiere.

Apoi, prin rotirea cadranelui, se aduce acul indicator exact pe zero. În această poziție, se blochează rama mobilă și se înlocuiește cala sau blocul de cala cu piesa de măsurat, citindu-se abateră pe cadran.

Cu ajutorul comparatoarelor cu cadran se pot măsura și verifica alezaje sau adîncimea găurilor înfundate. Corespunzător destinației, aceste comparatoare se numesc: comparatoare pentru alezaje și comparatoare pentru adîncimi.

2.4.2. Aparate optice pentru măsurat lungimi. Sînt aparate destinate în special măsurătorilor de precizie. Cel mai răspîndit aparat optic în atelierele de reparații și construcții de mașini este lupa de măsurat.

2.4.2.1. Lupa de măsurat. Posibilitățile de utilizare sînt multiple: lățimi sau grosimi fine de benzi, canale, diviziuni, alezaje, amprente Brinell, Vickers. În industria electronică, lupa de măsurat este foarte utilă pentru măsurarea circuitelor imprimate. Lupa de măsurat (fig. 2.29) se compune din: 1 - lupa propriu-zisă; 2 - montura reglabilă în înălțime; 3 - suportul rabatabil; 4 - talpa; 5 - scara divizată în zecimi de milimetru;

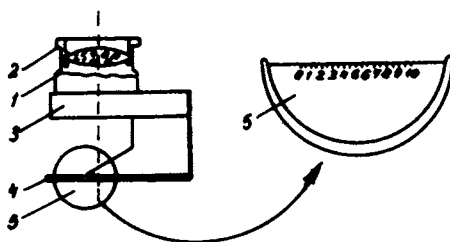


Fig. 2.29. Lupa de măsurat.

Caracteristicile unei lupe de măsurat sînt (ca exemplu):
grosimentul 10 x; valoarea diviziunilor scării 0,1; domeniul de măsurare 0... 10 mm; eroarea la o diviziune $\pm 0,03$ mm.

Măsurarea se face punînd în coincidență diviziunea zero a scării gradate cu extremitatea din stînga a lungimii de măsurat și apreciînd prin lupa reglată în înălțime, valoarea diviziunii corespunzătoare extremității din dreapta a acestei lungimi.

Tot din categoria aparatelor optice pentru măsurat lungimi fac parte microscopul de măsurat și proiectoarele de profile.

2.4.2.2. Microscopul de măsurat. Se folosesc pentru observarea obiectelor mici, măsurarea dimensiunilor lineare și unghiurilor.

Un astfel de aparat se compune din microscopul propriu-zis și din dispozitivele auxiliare pentru efectuarea comodă și precisă a măsurătorilor. Microscopul are două sisteme optice: sistemul aflat lîngă obiectul de măsurat - obiectivul și sistemul de lîngă ochiul observatorului - ocularul. Prin ocular, se privește obiectul. Obiectivul formează o imagine reală, răsturnată și mărită, iar ocularul mărește imaginea funcționînd ca o lupă. După precizie, posibilități de măsurat și în deosebi după destinație, microscopul de măsurat sînt:

- microscopae pentru mașini-unelte ;
- microscopae pentru găuri ;
- microscopae de atelier ;
- microscopae universale.

2.4.2.3. Proiector de profile. Se folosește la măsurarea directă sau compararea elementelor geometrice cu forme mai complicate. În fig. 2.30 este prezentată schema de principiu a proiecto-
rului de profile. Cu acest aparat, conturul unei piese, mărit de 10
până la 100 de ori, este proiectat pe un ecran special pentru obser-
vare sau măsurare.

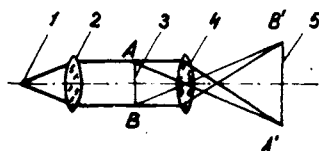


Fig. 2.30. Proiectorul de profile. Schema de principiu.

Sursa de lumină 1 trimite un fascicul de raze care prin intermediul lentilei 2 devin paralele la ieșirea din lentilă.

În calea acestui fascicul de raze paralele este plasată piesa de măsurat AB. Razele care învâluie conturul piesei de verificat străbat lentila 4 și apoi sînt sesizate pe ecranul 5. Pe acest ecran va apare imaginea inversată și mărită A'B' a conturului piesei AB. Această imagine poate fi comparată cu desenul piesei, valoarea eventualelor abateri putînd fi determinată în cazul în care proiectorul de profile este prevăzut cu accesoriile necesare.

2.5. VERIFICAREA METROLOGICA A INSTRUMENTELOR SI APARATELOR DE MASURAT LUNGIMI

Instrumentele și aparatele de măsurat lungimi se verifică periodic pentru a se controla condițiile pe care trebuie să le îndeplinească aceste mijloace de măsurare.

Rolul în această activitate revine la I.I.R.U.C., Laboratorului de metrologie din cadrul serviciului C.T.C. - Laboratoare.

Pentru un control riguros, uniform, conform unor metode de verificare unice pe economie, Institutul Național de Metrologie a elaborat următoarele Norme tehnice de metrologie - prescurtat N.T.M.

N.T.M - 1-44-78	Verificarea metrologică a riglelor metalice de măsurat;
N.T.M - 1-43-72	Verificarea metrologică a măsurilor pliante de lungime;
N.T.M - 1-09-72	Verificarea metrologică a panglicilor de măsurat; rulete;
N.T.M - 1-13-78	Verificarea metrologică a calelor plan-paralele până la 1 000 mm;
N.T.M - 1-55-80	Verificarea metrologică a lerelor de grosime;
N.T.M - 1-01-72	Verificarea metrologică a șublerelor;
N.T.M - 1-05-75	Verificarea metrologică a micrometrelor cu valoarea diviziunii 0,01 mm;
N.T.M - 1-49-75	Verificarea metrologică a micrometrelor pentru alezaje;
N.T.M - 1-16-78	Verificarea metrologică a comparatoarelor cu cadran cu valoarea diviziunii de 0,001 și 0,002 mm;

N.T.M - 1-47-75	Verificarea metrologică a comparatoarelor de alezaje cu valoarea diviziunii 0,01; 0,02 și 0,001 mm;
N.T.M - 1-03-80	Verificarea metrologică a lupelor de măsurat;
N.T.M - 1-26-77	Verificarea metrologică a microscopelor de măsurat;
N.T.M - 1-33-77	Verificarea metrologică a microscopelor uni- versale;
N.T.M - 1-35-76	Verificarea metrologică a microscopelor de atelier;
N.T.M - 1-50-75	Verificarea metrologică a proiectoarelor de pro- file.

2.6. APLICATH

1. Să se determine valoarea lungimii obiectului măsurat cu ajutorul șublerului, atunci când rigla și vernierul sînt poziționate ca în fig. 2.31 a, b și c.

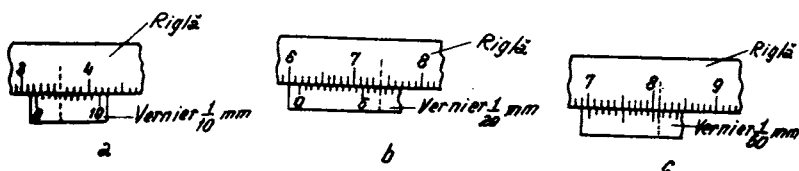


Fig. 2.31. Citirea șublerelor.

Răspuns: a - 32,4 mm; b - 61,65 mm; c - 70,22 mm.

2. Să se determine valoarea lungimii obiectului măsurat cu ajutorul micrometrului, atunci când scările gradate ale brațului cilindric și tamburului sînt poziționate ca în fig. 2.32 a, b, c și d.

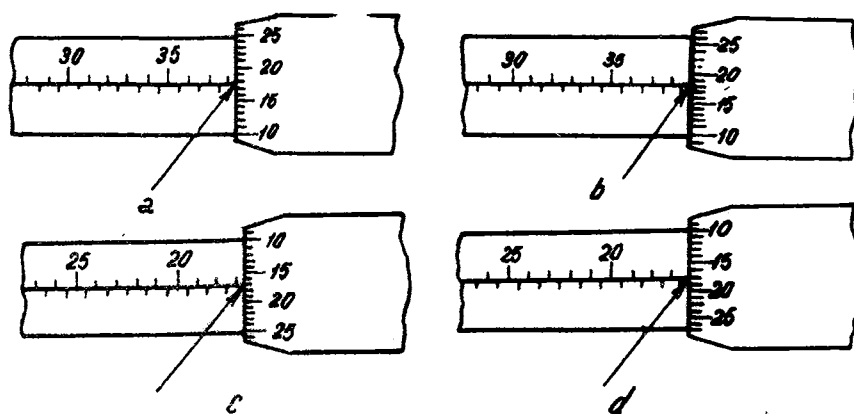


Fig. 2.32. Citirea micrometrelor.

Răspuns: a 38,18 mm; b - 38,68 mm; c - 23,17 mm;
d - 23,67 mm.

CAPITOLUL 3

MASURAREA ABATERII DE LA RECTILINITATE

A cunoaște dacă o piesă este dreaptă sau rectilinie prezintă importanță la rezolvarea unor probleme practice întâlnite în ateliere și laboratoare. Astfel de probleme se pun în cazul alinierii pieselor și subansamblurilor în vederea montării lor.

În acest scop se pot exemplifica următoarele verificări de rectilinitate:

- verificarea ghidajelor prismatice și cilindrice;
- verificarea muchiilor liniare;
- verificarea coincidenței axelor geometrice ale arborilor;
- verificarea coaxialității alezajelor;
- verificarea muchiilor sculelor;
- verificarea poziției relative a axelor și suprafețelor.

3.1. ABATEREA DE LA RECTILINITATE A Fr

Abaterea axei sau muchiilor unei piese de la rectilinitate se numește nerectilinitate. Conform STAS 7384-71 această abatere se notează cu A Fr. Conform fig. 3.1, abaterea A Fr reprezintă distanța maximă dintre profilul efectiv și dreapta adiacentă, pe toată lungimea de referință L aleasă.

Se înțelege prin dreaptă adiacentă, dreapta tangentă la profilul efectiv și așezată în așa fel încât distanța maximă dintre profilul efectiv și dreapta adiacentă să fie minimă.

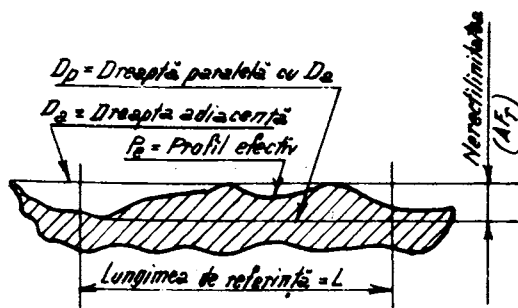


Fig. 3.1. Abaterea de la rectilinitate A_{Fr} .

Nerectilinitatea se măsoară întotdeauna perpendicular pe dreapta adiacentă.

Toleranța la rectilinitate reprezintă valoarea maximă admisă a nerectilinității.

Măsurarea respectiv verificarea rectilinității se realizează cu instrumente mecanice și instrumente optice. Corespunzător instrumentelor folosite, se aplică metode de verificare a rectilinității.

3.2. INSTRUMENTE MECANICE DE VERIFICARE A RECTILINITĂȚII

Pentru verificarea rectilinității, cele mai utilizate instrumente mecanice sînt riglele pentru verificare a rectilinității (STAS 2518-69). Riglele se mai numesc și liniale. După construcție, riglele se clasifică în:

- rigle de verificare cu muchii active;
- rigle de verificare cu suprafețe active;
- rigle de verificare cu unghiuri active.

Vor fi prezentate primele două tipuri, acestea fiind mai răspândite în aplicațiile practice.

3.2.1. Rigle pentru verificare a rectilinității cu muchii active. Sînt constituite din bare rigide metalice de secțiune specială (fig. 3.2).

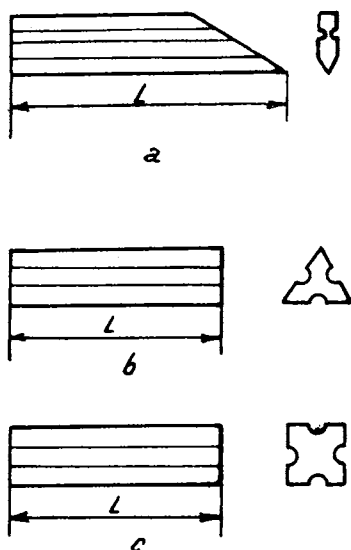


Fig. 3.2. Rigle cu muchii active: a - riglă de verificare cu o muchie activă; b - riglă de verificare cu trei muchii active; c - riglă de verificare cu patru muchii active.

3.2.2. Rigle pentru verificare a rectilinității cu suprafețe active. Sînt realizate tot din bare metalice rigide cu secțiuni în formă de dreptunghi sau I plin, cu două suprafețe active (fig. 3.3).

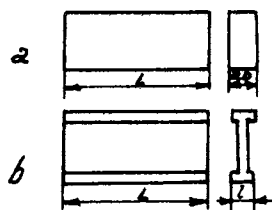


Fig. 3.3. Rigle cu suprafețe active: a - riglă de verificare dreptunghiulară; b - riglă de verificare în formă de I.

Riglele de verificare trebuie să îndeplinească următoarele condiții tehnice: muchiile și suprafețele active nu trebuie să prezinte zgîrieturi, pete de rugină sau alte defecte constatate din examinarea aspectului exterior.

3.3. METODE DE VERIFICARE A RECTILINITATII CU INSTRUMENTE MECANICE

Metodele de verificare a rectilinității folosesc instrumentele mecanice prezentate. Sînt cunoscute următoarele:

- metoda fantei de lumină;
- metoda cu vopsea indicatoare.

3.3.1. Metoda fantei de lumină. Determinarea abaterii de la rectilinitate prin metoda fantei de lumină se realizează cu rigle cu muchii active.

Astfel, dacă se apasă rigla cu una din muchiile active pe generatoarea unui arbore sau pe o suprafață plană, atunci între muchia riglei și piesa de măsurat se observă o fantă luminoasă foarte subțire pe fond întunecat (fig. 3.4).

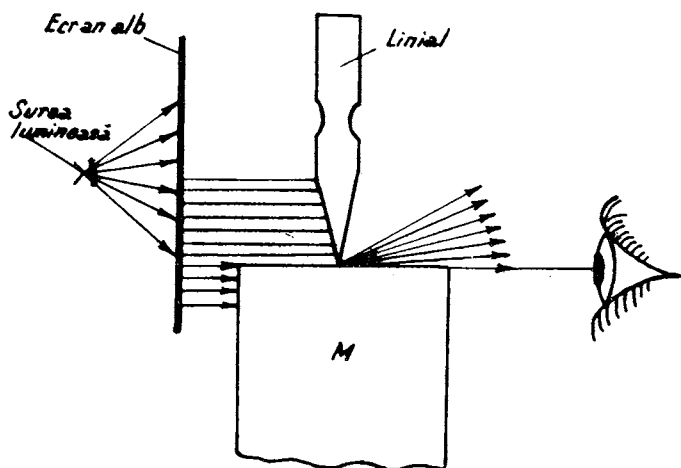


Fig. 3.4. Verificarea rectilinității prin metoda fantei de lumină.

Variația lățimii fantei indică o abatere de la rectilinitate.

3.3.2. Metoda cu vopsea indicatoare. Se folosesc rigle cu suprafețe active. Acestea se acoperă cu vopsea după care rigla se deplasează pe suprafața controlată. Rectilinitatea se apreciază după mărimea și numărul petelor de vopsea rămase pe piesă.

3.4. INSTRUMENTE OPTICE DE VERIFICARE A RECTILINITĂȚII

În principiu, verificarea rectilinității cu instrumente optice constă în compararea piesei sau obiectului supus măsurării cu o dreaptă identică cu axa optică a instrumentului optic.

În practica atelierelor de construcții de mașini se folosesc mai multe tipuri de instrumente optice ca de exemplu:

- luneta și colimatorul;
- luneta autocolimatoare;
- linialul optic;
- linialul cu laser.

Având în vedere aplicabilitatea acestor instrumente în practica curentă, prezintă interes cunoașterea primului ansamblu de instrumente compus din lunetă și colimator.

Pentru cunoașterea celorlalte instrumente optice, se recomandă studierea literaturii de specialitate din domeniul respectiv.

3.4.1. Luneta și colimatorul. Pentru verificarea rectilinității, se alege o dreaptă de referință care trece prin două puncte A și B ale piesei de verificat (fig. 3.5).

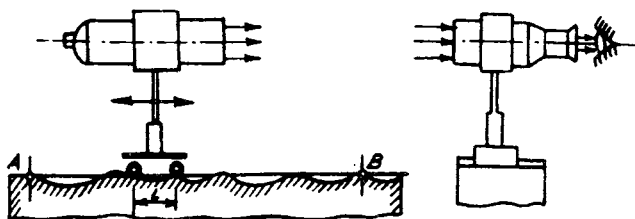


Fig. 3.5. Verificarea rectilinității cu luneta și colimatorul.

Colimatorul se sprijină pe un suport compus din trei sfere, dar direcția AB se palpează numai cu două sfere. Luneta se fixează pe un suport separat. Înainte de începerea măsurării, se reglează cele două aparate în așa fel încât imaginea reticulului colimatorului

R_1 (fig. 3.6 a) și reticulului lunetei R_2 (fig. 3.6 b) să se suprapună exact ca în fig. 3.6 c, atunci când colimatorul se află în punctele A și B sau numai într-un punct din acestea.

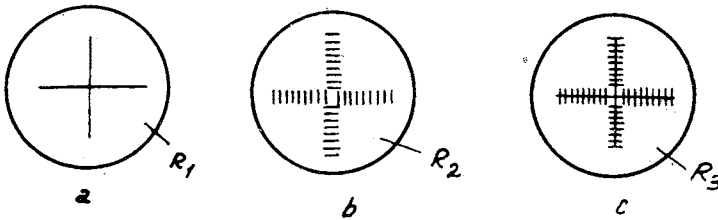


Fig. 3.6. Reticulul colimatorului R_1 și reticulului lunetei R_2 .

Dacă trebuie să se verifice coaxialitatea a două alezaje, colimatorul se autocentrează în alezaj iar luneta se fixează în afara acestuia. Dacă axele sînt înclinate, imaginea crucii reticulare R_1 , se formează pe reticulul lunetei decalată cu mărimile a și b față de scara gradată R_2 (fig. 3.7).

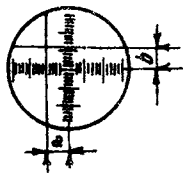


Fig. 3.7. Înclinarea axelor a două alezaje constatată pe reticulele lunetei și colimatorului.

3.5. VERIFICAREA METROLOGICA A INSTRUMENTELOR MECANICE DE VERIFICARE A RECTILINITATII

Instrumentele mecanice de verificare a rectilinității se verifică periodic în laboratoare metrologice autorizate.

În acest scop se folosesc:

Instrucțiuni pentru verificarea riglelor pentru verificarea rectilinității - Nr. 1-38-72 - elaborate de Institutul Național de Metrologie.

CAPITOLUL 4

MASURAREA ABATERII DE LA PLANITATE

Suprafețele anumitor subansamble sau piese din echipamentele de calcul trebuie să îndeplinească condiția de planitate.

Căile pe care se deplasează cartelele perforate, ghidajele, mesele funcționale precum și alte elemente constructive pot fi utilizate atunci când îndeplinesc condiția de a fi plane.

4.1. ABATEREA DE LA PLANITATE AF_p

Abaterea de la planitate, notată cu AF_p , reprezintă conform fig. 4.1 distanța dintre planul de referință ABCD și planul paralel cu acesta, $A_1B_1C_1D_1$.

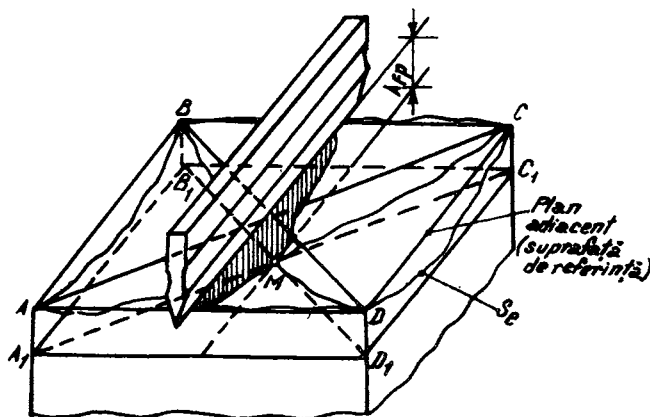


Fig. 4.1. Abaterea de la planitate AF_p .

Aceste două planuri îndeplinesc următoarele condiții:

- planul de referință ABCD este adiacent la suprafața efectivă Se;

- planul $A_1B_1C_1D_1$ este paralel cu planul de referință, tangent la suprafața efectivă în cel mai depărtat punct inferior M al suprafeței efective. Se spune - conform STAS 7384-71 - că o suprafață este plană, atunci când abaterea de la planitate AFp nu depășește o valoare admisă.

Măsurarea respectiv verificarea planității se realizează cu instrumente mecanice și instrumente optice. O parte din aceste instrumente a fost prezentată în capitolul 3 pentru că servește și la verificarea rectilinității. De aceea, în continuare, se va insista în prezentarea instrumentelor cu destinație strictă în verificare a planității.

4.2. INSTRUMENTE MECANICE DE VERIFICARE A PLANITĂȚII

Pentru verificarea planității se folosesc următoarele instrumente mecanice:

- rigle pentru verificare a planității;
- plăci pentru verificare a planității;
- nivela.

4.2.1. Rigle pentru verificare a planității. Aceste instrumente au fost descrise în capitolul 3 și sînt conforme cu STAS 2518-69. Se face precizarea că în verificarea abaterilor de la planitate a două suprafețe care se intersectează, se aplică riglele în formă de pană.

4.2.2. Plăci pentru verificare a planității. Suprafețele active ale acestor instrumente au formă dreptunghiulară sau patrată cu dimensiunea minimă 150 x 100 mm.

4.2.3. Nivela. Sînt clasificate în: nivelă cu cadru și nivelă de coincidență. Ultima se folosește în principal pentru măsurarea unghiurilor.

4.3. METODE DE VERIFICARE A PLANITATII CU INSTRUMENTE MECANICE

4.3.1. Metoda fantei de lumină. Cînd instrumentele folosite pentru verificarea planității sînt riglele de verificare, atunci metoda care se aplică este metoda fantei de lumină. Prezentarea acestei metode a fost făcută în capitolul 3, paragraful 3.3.1. Cînd se cere determinarea abaterii de la planitate, atunci se efectuează măsurări cu ajutorul lerelor de grosime (spioni) a distanței dintre muchia activă a riglei și suprafața efectivă. Se precizează că rigla se orientează după anumite direcții și se sprijină la cele două capete pe cale plan-paralele.

4.3.2. Metoda cu vopsea indicatoare. In acest caz se folosesc plăci pentru verificarea planității. Suprafața activă se acoperă cu vopsea după care placa se deplasează pe suprafața controlată. Planitatea se apreciază după mărimea, forma și numărul petelor rămase pe suprafața controlată.

4.4. INSTRUMENTE OPTICE DE VERIFICARE A PLANITĂȚII

Din cauza asemănării dintre măsurarea rectilinității și planității, majoritatea instrumentelor optice folosite la verificarea rectilinității își găsesc aplicații și în cazul verificării suprafețelor plane. Instrumentele optice sînt: luneta și colimatorul, luneta autocolimatatoare, linialul optic, linialul cu laser (vezi capitolul 3). Se folosesc de asemenea, sticle plan-paralele.

Verificarea planității se face după o schemă de măsurare, convenabil aleasă. Rezultatele obținute pot fi reprezentate grafic, obținîndu-se o imagine fidelă a suprafeței efective a obiectului supus verificărilor.

4.5. VERIFICAREA METROLOGICA A INSTRUMENTELOR MECANICE DE VERIFICARE A PLANITĂȚII

Pentru verificarea în laboratoarele metrologice a instrumentelor mecanice de verificare a planității, se folosesc instrucțiunile următoare:

- Instrucțiuni pentru verificarea riglelor pentru verificarea planității și a plăcilor pentru verificarea planității, Nr. 1-38-72.

- Instrucțiuni pentru verificarea sticlelor plane și a sticlelor plan-paralele. Nr. 1-48-75.

CAPITOLUL 5

MASURAREA PROFILELOR PLANE SI SPATIALE

În domeniul tehnicii de calcul, sînt numeroase piesele cu forme speciale care se cer a fi verificate sau măsurate. Se întîlnesc de exemplu: came, roți dințate, matrițe, circuite imprimate, șabloane, poansoane etc. Pentru verificare respectiv măsurare este necesar un instrument cu ajutorul căruia să se determine profilul efectiv al piesei realizate și apoi comparat cu profilul proiectat sau adiacent.

5.1. ABATEREA DE LA FORMA DATA A PROFILULUI AF_f

Abaterea de la forma dată a profilului AF_f reprezintă-conform fig. 5.1. - distanța dintre profilul efectiv al piesei și profilul adiacent. Profilul adiacent reprezintă forma dată a piesei, prevăzută inițial. Abaterea de la formă AF_f se determină pe o porțiune de curbă denumită lungime de referință.

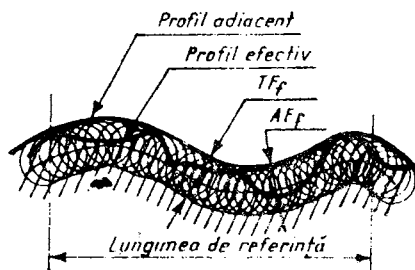


Fig. 5.1. Abaterea de la forma dată a profilului și toleranța sa.

Toleranța la forma dată a profilului T_{Ff} este distanța dintre profilul adiacent și înfășurătoarea cercului de diametru egal cu toleranța la forma dată a profilului. Înfășurătoarea se obține din rostogolirea cercului pe profilul adiacent.

Se spune că profilul efectiv este cuprins în limitele toleranței prescrise, atunci când nu depășește zona dintre profilul adiacent și înfășurătoare. Zona respectivă se numește zona toleranței la forma dată a profilului.

5.2. INSTRUMENTE SI METODE DE VERIFICARE SI MASURARE A FORMEI PROFILULUI

5.2.1. Sablonul. Metoda fantei de lumină. Instrumentul de măsurat și verificat este un șablon executat precis, al cărui profil reprezintă profilul adiacent al piesei. Prin suprapunerea șablonului peste profilul piesei realizate, se poate observa o fantă de lumină pe fond întunecat. Existența fantei luminoase este o consecință a abaterii profilului piesei executate de la forma dată.

5.2.2. Palpatorul mecanic. Metoda palpării mecanice. Profilul efectiv al piesei este palpat cu un palpator, amplificat și apoi înregistrat pe hîrtie. Prin compararea profilului efectiv cu profilul adiacent se determină abaterea și toleranța profilului piesei executate de la forma dată. În fig. 5.2 este reprezentată o instalație pentru verificarea arborilor cu came, care funcționează pe principiul palpării mecanice.

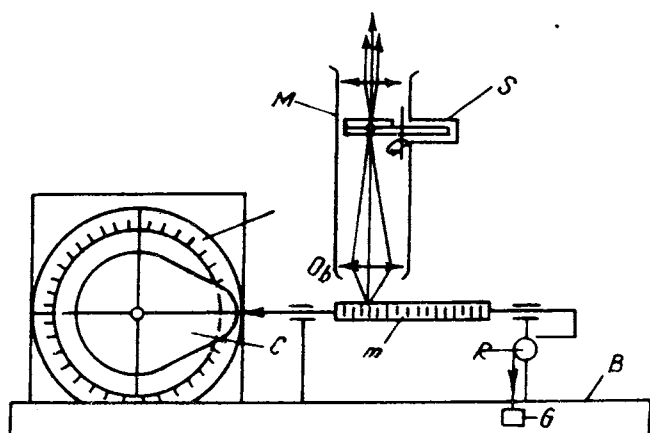


Fig. 5.2. Instalație pentru verificarea arborilor cu came: C - camă de măsurat; m - traductorul de măsurat; M - instrumentul de măsurat; R - rolă; G - greutate; B - banc; S - suport diagramă; O_b - obiectiv.

5.2.3. Proiectorul de profile. Metoda proiecției pe ecran.

Imaginea reală și mărită a piesei de măsurat care reprezintă profilul efectiv este proiectată pe un ecran cu ajutorul proiectorului de profile. Imaginea proiectată se compară cu profilul adiacent realizat pe un material transparent: sticlă, celuloid etc. Proiectorul de profile are ca anexe, plăci transparente cu profile standard pentru raze, cercuri, filete, danturi, unghiuri.

Proiectorul de profile reprezintă cel mai comod mijloc de verificare a profilelor plane.

5.3. VERIFICAREA METROLOGICA A INSTRUMENTELOR DE VERIFICARE SI MASURARE A FORMEI PROFILULUI

Pentru verificarea în laboratoarele metrologice a instrumentelor de verificare și măsurare a formei profilelor, se folosesc:

Instrucțiuni pentru verificarea proiectoarelor de profile.

Nr. 1-50-75.

CAPITOLUL 6

MASURAREA CORPURILOR CU SUPRAFETE DE REVOLUTIE

În urma prelucrării pieselor prin operații de strungire sau rectificare, se obține o suprafață denumită suprafață de revoluție. Condițiile funcționale ale pieselor, subansamblelor, utilajelor, impun ca aceste suprafețe să aibă o anumită formă geometrică.

Forma geometrică stabilită prin proiectare nu poate fi respectată din cauza imperfecțiunii sistemului tehnologic de lucru: mașinile și sculele de lucru vibrează, dispozitivele de prindere a pieselor nu sînt perfecte, omul introduce erori, procesul de muncă este neuniform. Astfel, în final, forma geometrică a piesei obținută din prelucrare diferă de forma geometrică a piesei concepută. Aceste diferențe reprezintă așa numitele abatere de formă.

6.1. ABATERILE DE FORMA

6.1.1. Abaterea de la circularitate sau necircularitatea (Afc) reprezintă distanța maximă dintre profilul efectiv și cercul adiacent pentru o secțiune transversală dată (fig. 6.1).

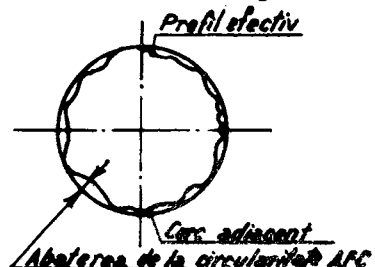


Fig. 6.1. Abaterea de la circularitate Afc.

După forma geometrică, abaterea de la circularitate cea mai răspândită este ovalitatea (fig. 6.2).

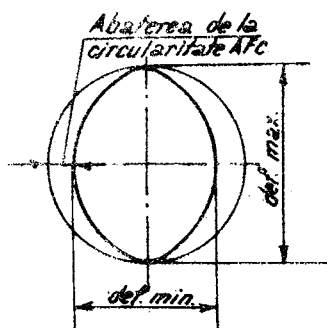


Fig. 6.2. Ovalitatea.

După cum se observă din fig. 6.2, în locul unei forme circulare, s-a obținut, în urma prelucrării, o formă elipsoidală (în secțiune transversală).

Toleranța la circularitate T_{Fc} (fig. 6.3) reprezintă valoarea maximă admisă a abaterii de la circularitate.

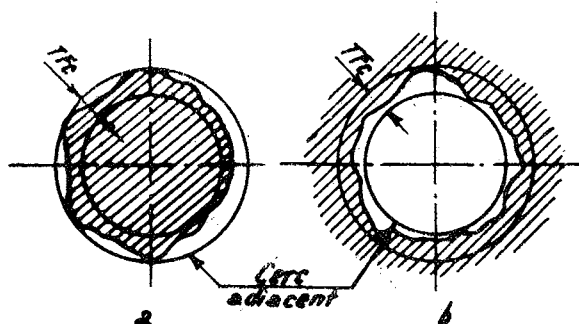


Fig. 6.3. Toleranța la circularitate T_{Fc} . a - pentru arbori; b - pentru alezaje.

6.1.2. Abaterea de la cilindricitate sau necilindricitatea AFl reprezintă distanța maximă dintre suprafața efectivă și cilindrul adiacent pe lungimea profilului în limitele căreia se determină abaterea de formă (fig. 6.4).

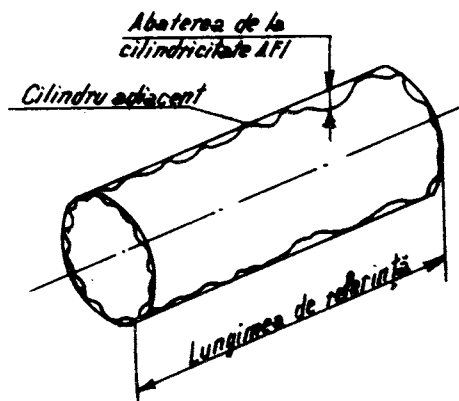


Fig. 6.4. Abaterea de la cilindricitate AFl.

În cazurile particulare, forma abaterii de la cilindricitate sînt: forma butoi, forma șa și forma conică. În toate aceste cazuri, abaterea de la cilindricitate este dată de jumătatea diferenței dintre diametrul maxim și diametrul minim.

Toleranța la cilindricitate TFl reprezintă valoarea maximă admisă a abaterii de la cilindricitate (a necilindricității).

6.2. INSTRUMENTE PENTRU VERIFICAREA ABATERILOR DE LA FORMA GEOMETRICA DATA

6.2.1. Instrumente pentru verificarea abaterii de la circularitate (ovalitatea). Se folosește ca instrument de măsurare un comparator (fig. 6.5). Piesa supusă măsurării 1 se așază pe prisma

îngustă 2 (cu unghiul de 90°) și se rotește sub palpatorul comparatorului 3. Se citesc și se notează indicațiile comparatorului de pe scara gradată.

Piesa se rotește cu cel puțin 180° sub palpatorul comparatorului. Se calculează apoi diferența dintre indicațiile limită de pe scara gradată. Ovalitatea va fi egală cu dublul abaterii de la circularitate.

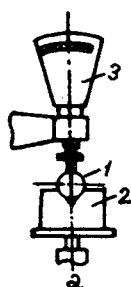


Fig. 6.5. Măsurarea ovalității.

O altă metodă de măsurare a abaterii de la circularitate este prezentată în fig. 6.6.

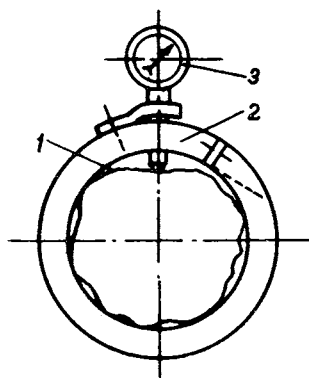


Fig. 6.6. Măsurarea abaterii de la circularitate (ovalității).

Piesa de măsurat 1, se strânge ușor în inelul calibrat 2, care materializează cercul adiacent; valoarea abaterii este egală cu diferența maximă dintre indicațiile comparatorului 3, după o rotație completă a inelului împreună cu comparatorul față de piesă sau invers.

6.2.2. Instrumente pentru măsurarea abaterilor de formă.

Acestea sînt propriu-zis, instalații complexe (fig. 6.7). Cu ajutorul lor se măsoară abateri de formă în raport cu axele cilindrului adiacent (pentru abatere de la cilindricitate) și în raport cu axele cercului adiacent (pentru abaterea de la circularitate).

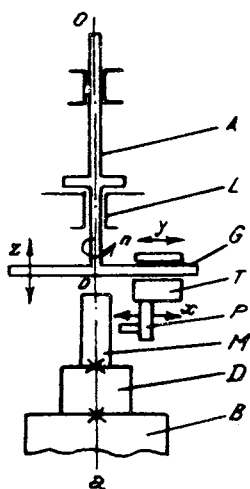


Fig. 6.7. Schemă de principiu a instalației de măsurat abaterile de formă.

Principiul de funcționare este următorul: piesa de măsurat M se fixează într-un dispozitiv D (universal cu patru bacuri sau un dispozitiv magnetic). Acesta este prins pe masa B a aparatului.

Piesa este fixă dar palpatorul P se poate roti, deplasa pe orizontală (perpendicular pe axul de rotație) sau se poate deplasa pe verticală (paralel cu axul de rotație). Palpatorul se poate regla la diferite înălțimi și pentru diferite diametre, prin deplasarea traductorului T de-a lungul ghidajului G (după direcția y) sau de-a lungul ghidajului L (după direcția z). Abaterile de la forma geometrică a piesei determină deplasările x ale palpatorului P. Aceste deplasări sînt amplificate cu ajutorul unui sistem electronic apoi indicate și reprezentate grafic.

Se obține astfel, într-o reprezentare grafică, abaterile de formă ale piesei respective (necircularitate și necilindricitate).

Să presupunem că în urma măsurărilor efectuate cu o astfel de instalație s-a obținut profilul efectiv din fig. 6.8.

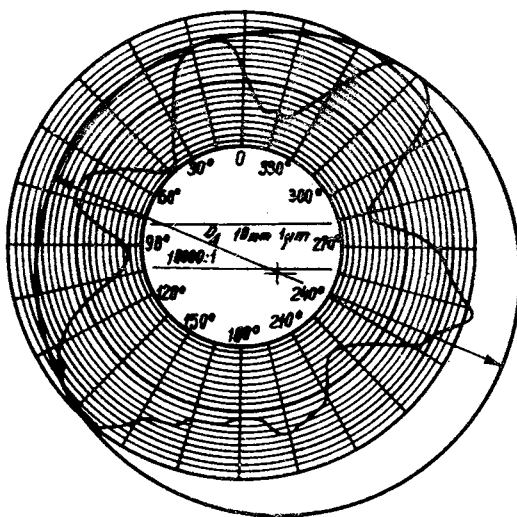


Fig. 6.8. Profilul efectiv al unui arbore.

Dacă arborele este destinat unui ajustaj, atunci se determină din grafic, diametrul adiacent D_A care reprezintă diametrul de interschimbabilitate.

CAPITOLUL 7

MASURAREA POZITIEI RECIPROCE A AXELOR SI SUPRAFETELOR

Poziția reciprocă a axelor și suprafețelor pieselor deschimb este importantă din punct de vedere funcțional. Impreună cu dimensiunile și forma suprafețelor, determină calitatea pieselor, subansamblelor și utilajelor.

Precizia poziției reciproce a axelor și suprafețelor se determină prin abaterile de poziție.

7.1. ABATERILE DE POZITIE

Referitor la abaterile de poziție, STAS 7384 din 1966 introduce următoarele noțiuni:

- Poziție nominală. Poziția suprafeței sau axei stabilită prin cote nominale, față de o altă suprafață sau axă considerată ca bază de referință.

- Bază de referință. Suprafața sau axa față de care se stabilește poziția nominală a unei suprafețe sau axe date.

- Abatere de poziție. Abaterea de la poziția nominală a unei suprafețe sau a unei axe.

- Abatere limită de poziție. Valoarea maximă admisă, pozitivă sau negativă, a abaterii de poziție.

- Toleranța de poziție. Zona determinată de abaterile limită de poziție.

Abaterile de poziție se clasifică în modul următor:

7.1.1. Abaterea de la paralelism-neparalelismul-API. Sînt numeroase exemplele de neparalelism. Se vor prezenta următoarele două exemple:

- neparalelismul dintre un plan și o suprafață de rotație (fig. 7.1); acest neparalelism se calculează ca diferență dintre distanța maximă a și distanța minimă b , măsurate de la axa suprafeței de rotație pînă la planul adiacent, la cele două extremități ale lungimii de referință, adică:

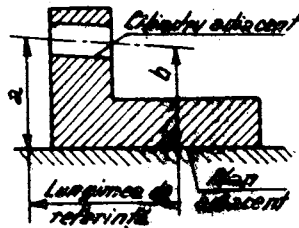


Fig. 7.1. Abaterea de la paralelism API dintre plan și suprafață de rotație.

$$API = a - b; \quad (7.1)$$

- neperalelismul a două suprafețe de rotație (fig. 7.2); în

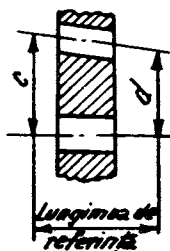


Fig. 7.2. Abaterea de la paralelism API dintre două suprafețe de rotație.

acest caz, neperalelismul se calculează tot ca diferență a două cote c și d , măsurate între axele suprafețelor de rotație la extremitățile lungimii de referință:

$$API = c - d \quad (7.2)$$

Toleranța la paralelism TPl reprezintă valoarea maximă permisă a neperalelismului.

7.1.2. Abaterea de la perpendicularitate - neperpendicularitatea - APd. Se prezintă următoarele exemple:

- neperpendicularitatea dintre două suprafețe de rotație (fig. 7.3); această neperpendicularitate se calculează ca diferența dintre unghiul format de axele suprafețelor adiacente de rotație și unghiul nominal de 90° ;

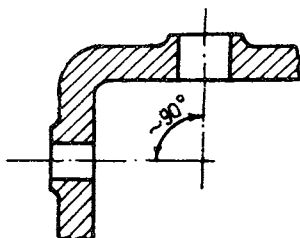


Fig. 7.3. Abaterea de la perpendicularitate APd dintre două suprafețe de rotație.

- neperpendicularitatea unei suprafețe de rotație față de un plan (fig. 7.4); abaterea se calculează la fel ca în cazul precedent - adică diferența dintre unghiul format de axa de rotație cu respectivul plan și unghiul de 90° ;

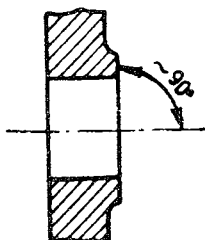


Fig. 7.4. Abaterea de la perpendicularitate APd dintre o suprafață de rotație și un plan.

- neperpendicularitatea dintre un plan și alt plan (fig. 7.5); abaterea se calculează de asemenea ca diferență dintre unghiul format și unghiul de 90° .

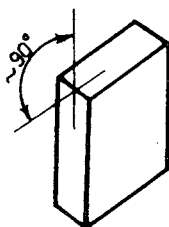


Fig. 7.5. Abaterea de la perpendicularitate APd dintre un plan și alt plan.

Toleranța la perpendicularitate TPd este egală cu valoarea maximă admisă de la perpendicularitate.

7.1.3. Abaterea de la înclinare APî. Sînt cazuri cînd piesele care compun un subansamblu sau utilaj trebuie - din motive funcționale - să fie montate sub o anumită înclinare (sub un unghi dat). Din execuție sau la montaj, unghiul format diferă de unghiul prevăzut prin proiect, unghiul nominal. Această diferență reprezintă abaterea de la înclinare APî.

Toleranța la înclinare TPî este valoarea maximă admisă a abaterii de la înclinare.

7.1.4. Abaterea de la coaxialitate APc reprezintă distanța maximă dintre axa suprafeței considerate și axa acceptată a bazei de referință (fig. 7.6 a și b).

Așa cum este reprezentată în fig. 7.6 această abatere, nu mai sînt necesare explicații suplimentare.

Abaterea de la coaxialitate se prezintă sub formele:

- dezaxare (fig. 7.7 a);
- frîngere (fig. 7.7 b);
- necoaxialitate încrucișată (fig. 7.7 c).

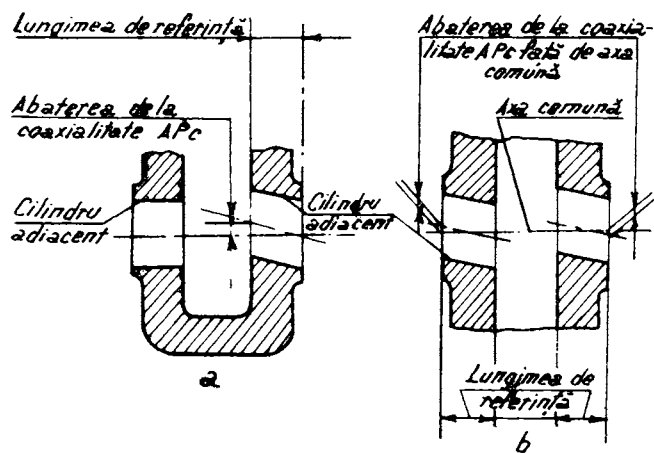


Fig. 7.6. Abaterea de la coaxialitate APC.

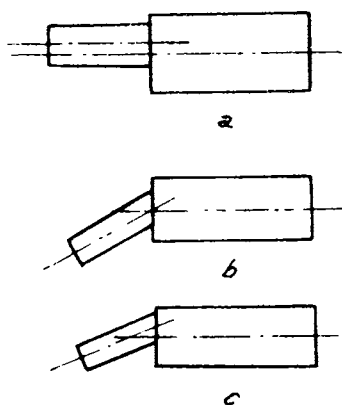


Fig. 7.7. Abateri de la coaxialitate:
a - dezaxare; b - frângere; c - necoaxialitatea încrucișată

O formă particulară a abaterii de la coaxialitate o reprezintă neconcentricitatea (fig. 7.8) sau abaterea de la concentricitate.

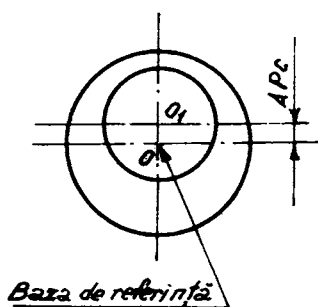


Fig. 7.8. Abaterea de la concentricitate AP_c .

Neconcentricitatea se notează tot cu AP_c și reprezintă o abatere egală cu distanța dintre centrul O_1 al cercului adiacent al suprafeței considerate și centrul O luat drept bază de referință.

Toleranța la coaxialitate și la concentricitate TP_c reprezintă dublul valorii maxime admise a abaterii de la coaxialitate sau de la concentricitate.

7.1.5. Bătaia radială AB_r . Pentru definirea acestei abateri, se va folosi reprezentarea din fig. 7.9.

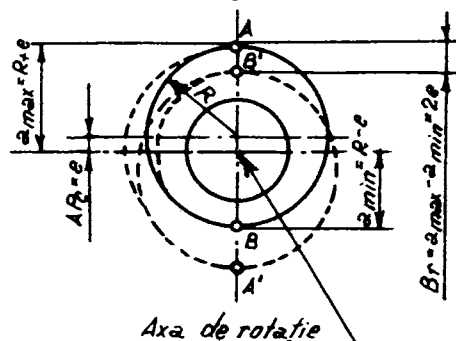


Fig. 7.9. Abaterea bătaie radială AB_r .

Piesa de rază R este dezaxată cu valoarea $AP_c = e$, adică axa de rotație a piesei R este decalată față de axa geometrică a ei cu valoarea e . Punctele A și B ale piesei R sînt distanțate față de axa de rotație cu:

$$a_{\max} = R + e \text{ (în punctul } A) \text{ și } a_{\min} = R - e \text{ (în punctul } B).$$

Dacă piesa este rotită cu 180° , atunci punctele A și B ajung în pozițiile A' și B' , deci piesa va avea o nouă poziție. Rezultă că bătaia radială va fi

$$AB_r = a_{\max} - a_{\min} = 2e \quad (7.3)$$

Bătaia radială este o consecință a neconcentricității.

Această abatere se constată la oricare piesă a cărei axă de rotație nu coincide cu axa geometrică a ei.

Toleranța bătaii radiale TBr reprezintă valoarea maximă admisă a bătaii radiale.

7.1.6. Bătaia frontală AB_f . Este o abatere egală cu diferența dintre distanța maximă și distanța minimă de la suprafața frontală reală, la un plan perpendicular pe axa de rotație de referință (fig. 7.10).

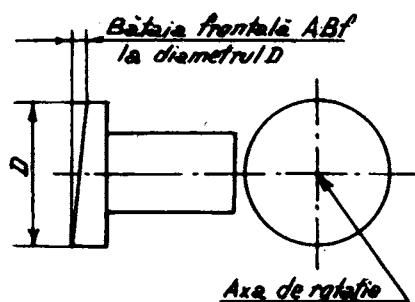


Fig. 7.10. Abaterea, bătaie frontală ABf.

Toleranța bătaii frontale T_{Bf} este valoarea maximă admisă a bătaii frontale.

7.1.7. Abaterea de la simetrie-asimetria- AP_s este distanța maximă dintre planele de simetrie ale suprafețelor considerate și măsurate într-un plan dat (fig. 7.11).

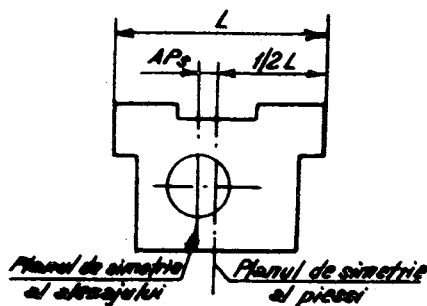








Fig. 7.11. Abaterea de la simetrie AP_s .

Toleranța de la simetrie TP_s este egală cu dublul valorii maxime admise a abaterii de la simetrie.

După STAS 7385 din 1966 toleranțele de poziție sînt simbolizate conform tabelului 7.1.

Tabelul 7.1

Denumirea toleranței	Simbol	
	literal	grafic
Toleranța la paralelism	TPl	
Toleranța la perpendicularitate	TPd	
Toleranța la înclinare	TPî	
Toleranța la coaxialitate și la concentricitate	TPc	
Toleranța bății radiale și bății frontale	TBr TBf	
Toleranța la simetrie	TPs	

Toleranțele de poziție se înscriu pe desenele de execuție ale pieselor sau subansamblurilor, într-un cadru dreptunghiular împărțit în două sau trei căsuțe. Aceste căsuțe au următoarele semnificații:

- prima căsuță din stînga - simbolul grafic al toleranței de poziție;
- a doua căsuță - valoarea toleranței;
- căsuța a treia (cînd este cazul) - litera de identificare a bazei de referință.

Exemple: în fig. 7.12 sînt reprezentate înscrierile pe desen a toleranțelor de poziție.

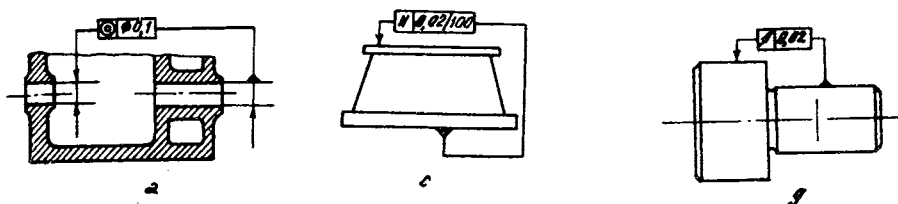


Fig. 7.12. Exemple de înscriere pe desen a toleranțelor de poziție: a - zona toleranței la coaxialitate a alezajului din stînga față de alezajul din dreapta este un cerc de diametru Φ 0,1 mm; b - toleranța la paralelism a suprafeței superioare față de suprafața inferioară este de 0,02 mm pe o lungime de 100 mm; c - toleranța bății radiale maxime admisă este 0,02 mm pe toată lungimea suprafeței date.

7.2. INSTRUMENTE SI METODE DE MASURARE A ABATERILOR DE LA POZITIA RECIPROCA A AXELOR SI SUPRAFETELOR

Pentru măsurarea abaterilor de la poziția reciprocă se folosesc: rigle, cale, aparate indicatoare, dornuri, lunete autocolimatoare.

O parte din aceste instrumente au fost prezentate în capitolele anterioare (rigle, cale etc.), altele fiind simple nu vor mai fi prezentate (dornuri) iar altele vor fi prezentate în continuare numai ca principiu de funcționare (exemplu: principiul autocolimației).

Posibilitățile de măsurare ale abaterilor de la poziția reciprocă sînt numeroase dar în prezenta lucrare vor fi explicate doar cîteva din acestea. Cunoscînd aceste exemple, cititorul va avea posibilitatea să-și creeze diferite dispozitive sau să conceapă metode sau scheme de măsurare a abaterilor de la poziția reciprocă.

7.2.1. Măsurarea abaterii de la paralelism - neparalelismul.

În fig. 7.13 este prezentată o schemă de măsurare a neparalelismului a două axe cu ajutorul echerului 1 și nivelei 2.



Fig. 7.13. Măsurarea neparalelismului a două axe.

Neparalelismul și înclinarea axelor se măsoară în plan vertical. Abaterea se determină ca diferență între indicațiile nivelei în ambele poziții.

7.2.2. Măsurarea abaterii de la perpendicularitate. În fig. 7.14 este prezentată o schemă de verificare a abaterii de la perpendicularitate a axelor alezajelor față de suprafața frontală.

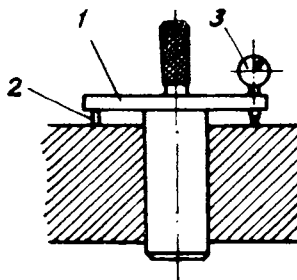


Fig. 7.14. Măsurarea abaterii de la perpendicularitate.

Dispozitivul este constituit dintr-un dorn cu flanșă 1. Dornul se introduce în alezaj pînă cînd limitatorul 2 face contact cu suprafața frontală a piesei.

Abaterea de la perpendicularitate se citește pe scara gradată a comparatorului 3 prin rotirea dornului cu 360° .

7.2.3. Principiul autocolimației. Pentru măsurarea abaterilor de la poziția reciprocă a axelor și suprafețelor (neparalelism, neperpendicularitate etc.), se folosește cu rezultate foarte bune luneta autocolimatoare (există la I.I.R.U.C.)

Principiul autocolimației este prezentat în fig. 7.15.

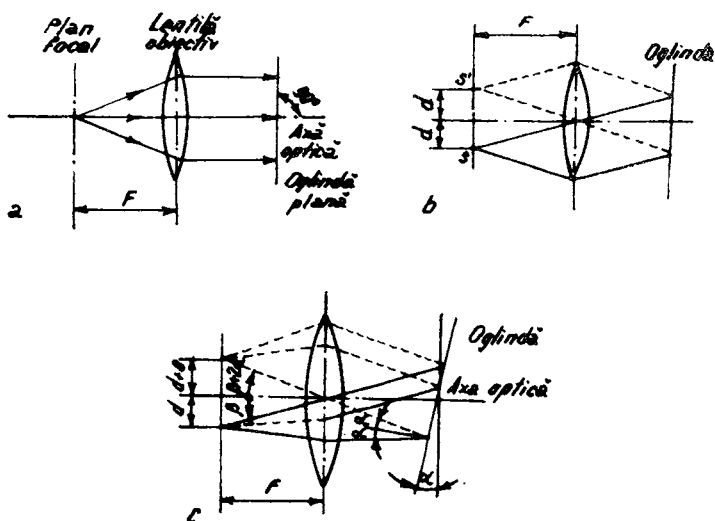


Fig. 7.15. Principiul autocolimației.

Un fascicul de raze emis de o sursă luminoasă, plasată în focarul unei lentile obiectiv, trece prin lentila respectivă și sub formă de fascicul de raze paralele, se îndreaptă spre o suprafață lucioasă (oglină). Reflectîndu-se, fasciculul de raze ajunge din nou în focarul lentilei obiectiv (fig. 7.15 a).

Dacă sursa se află în punctul s , la distanța d de axa optică (fig. 7.15 b), fasciculul de raze se va reflecta de suprafața lucioasă dar se va întoarce în alt punct S' , simetric cu S (tot la distanța d de axa optică, dar în cealaltă parte).

Dacă sursa se află tot la distanța d de axa optică, dar suprafața lucioasă (atașată piesei supusă controlului) este înclinată cu un unghi α , față de axa optică (fig. 7.13 c), atunci razele reflectate vor forma imaginea sursei în S' la distanța $d + e$, în partea cealaltă a axei optice. Distanța e depinde de unghiul de înclinare α al suprafeței lucioase respectiv a piesei supusă controlului.

Măsurarea abaterilor de la poziția reciprocă a axelor și suprafețelor este necesară în activitatea de întreținere, reparații și recondiționări a utilajelor de calcul la I.I.R.U.C.

În continuare, se vor prezenta aplicații referitoare la abaterile de la poziția reciprocă ce pot apare la utilajele de calcul din service-ul I.I.R.U.C.

7.3. APLICATII

Aplicația 1 (fig. 7.16).

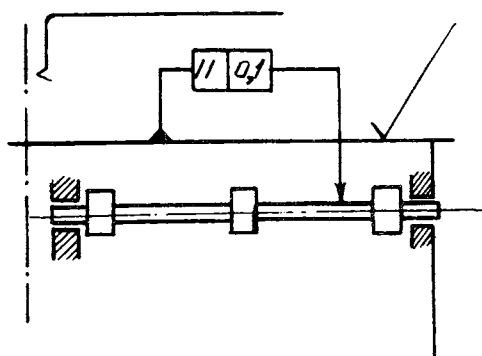


Fig. 7.16. Exemplu de toleranță de poziție din mașina de perforat Soemtron 415.

În desenul din fig. 7.16 este reprezentat axul cu role de transport pentru cartele din mașina de perforat Soemtron 415. Baza de referință (triunghiul negru) este suprafața pe care se deplasează cartela spre perforare.

a) Să se explice semnificația toleranței de poziție înscrisă pe acest desen:

- simbolul toleranței din prima căsuță;
- valoarea toleranței din căsuța a doua.

b) Să se conceapă o schemă de măsurare a abaterii respective.

Aplicația 2 (fig. 7.17).

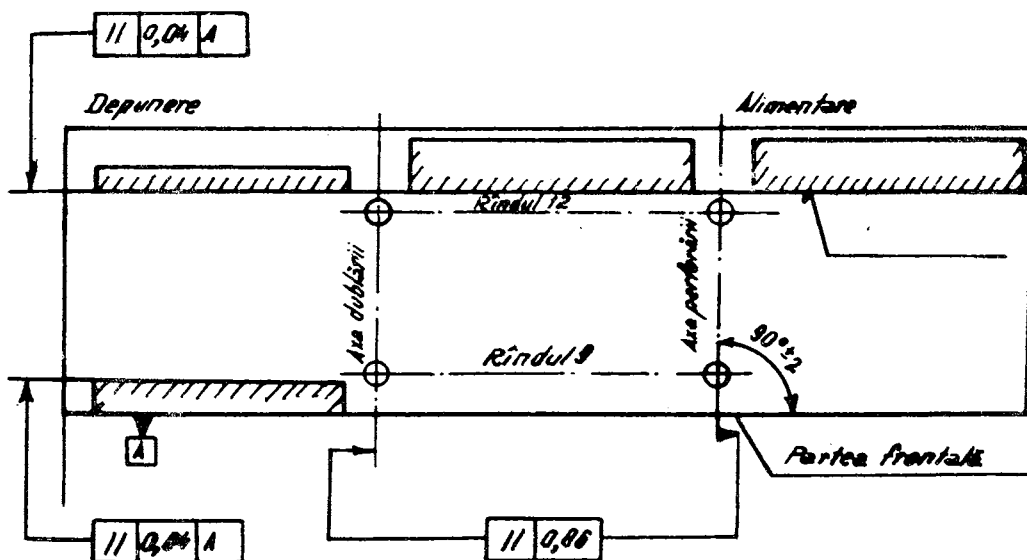


Fig. 7.17. Exemple de toleranțe de poziție din mașina de perforat Soemtron 415.

In desenul din fig. 7.17 este reprezentată calea de transport a cartelei din mașina de perforat Soemtron 415.

a) Să se explice semnificația toleranțelor de poziție înscrise pe acest desen.

b) Să se indice instrumentul utilizat pentru măsurarea abaterii de la înclinare.

CAPITOLUL 8

MASURAREA FILETELOR

În construcția utilajelor de calcul, se utilizează foarte mult asamblările filetate.

Asamblările filetate sînt demontabile și se realizează prin două piese (fig. 8.1): piesa 1 filetată la exterior denumită șurub și piesa 2 filetată la interior denumită piuliță. În unele asamblări filetate, piulița poate lipsi fiind înlocuită printr-o gaură filetată practică în corpul piesei de asamblat.

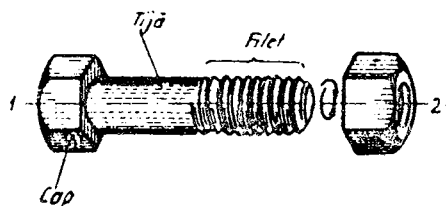


Fig. 8.1. Elementele asamblării cu piese filetate: șurub 1 și piuliță 2.

Elementul de bază al șurubului și piuliței este filetul.

Acesta reprezintă totalitatea spirelor dispuse pe o suprafață cilindrică sau conică, exterioară sau interioară.

8.1. CARACTERISTICILE FILETELOR. CLASIFICARE.

Filetele se deosebesc între ele, prin caracteristicile geometrice și constructive (fig. 8.2).

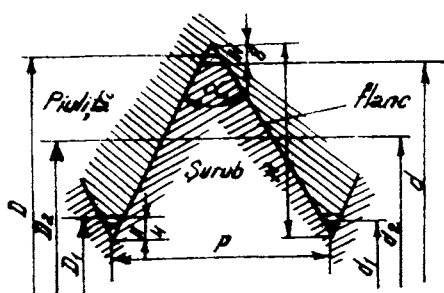


Fig. 8.2. Caracteristicile geometrice ale filetului.

Principalele caracteristici geometrice sînt:

- profilul filetului reprezintă forma sa geometrică;
- pasul filetului p reprezintă distanța măsurată pe o paralelă la axa șurubului dintre două puncte consecutive ale aceleiași spire;
- diametrul exterior sau nominal reprezintă distanța între vîrfurile filetului la șuruburi sau între fundurile filetului la piulițe, măsurată perpendicular pe axa filetului; se notează de obicei cu d la șuruburi și D la piulițe;
- diametrul interior reprezintă distanța între fundurile filetului la șuruburi sau între vîrfurile filetului la piulițe, măsurată perpendicular pe axa filetului; se notează de obicei cu d_1 la șuruburi și D_1 la piulițe;
- diametrul mediu reprezintă distanța dintre mijloacele flancurilor filetului măsurată perpendicular pe axa filetului; se notează de obicei cu d_2 la șuruburi și cu D_2 la piulițe;
- unghiul profilului α reprezintă unghiul cuprins între flancurile consecutive ale filetului măsurat în planul axial al piesei,

În funcție de caracteristicile geometrice, principalele filete sînt următoarele:

- filet metric;
- filet în țoli;
- filet trapezoidal;
- filet ferăstrău;
- filet rotund.

8.1.1. Filetul metric (fig. 8.3). Caracteristicile geometrice ale filetelor metrice sînt prezentate în STAS-urile 510-74, 981-74 și 6371-73.

Filetele metrice se clasifică după pas în:

- filet metric cu pas normal (filet metric normal);
- filet metric cu pas fin (filet metric fin).

Șuruburile și piulițele cu filet metric normal sînt simbolizate prin litera M (metric) urmată de un număr care reprezintă diametrul nominal, egal cu diametrul exterior al șurubului respectiv al piuliței. Exemplu: șurub M12 reprezintă șurub cu filet metric normal și diametrul nominal egal cu 12 mm.

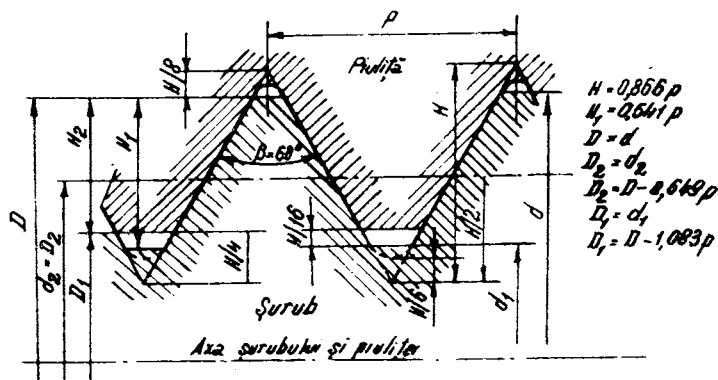


Fig. 8.3. Filet metric.

Șuruburile și piulițele cu filet metric fin sînt simbolizate de asemenea prin litera M, urmată de două numere în care primul reprezintă diametrul nominal al șurubului sau diametrul nominal al piuliței iar al doilea număr, mărimea pasului.

Exemplu: șurub M27x2 reprezintă șurub cu filet metric fin cu diametrul nominal egal cu 27 mm și pasul egal cu 2 mm ($p=2\text{ mm}$).

Caracteristicile geometrice ale filetelor metrice precizate în standardele românești sînt conforme cu recomandările Organizației de Standardizare Internațională, prescurtat I.S.O.

Din acest motiv, filetele metrice se mai numesc filete metrice I.S.O.

8.1.2. Filetul în inci sau în țoli (fig. 8.4). Denumirea provine de la unitatea de măsură englezească "inci" (în limba engleză "inch") și se mai numește filet în țoli (în limba germană unitatea de măsură "inci" se numește "țol").

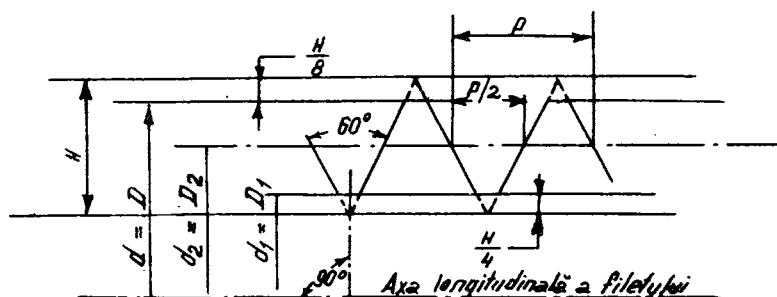


Fig. 8.4. Filet în inci (țoli).

Unele caracteristici geometrice ale filetelor în inci, diametrele și pasul se măsoară în inci (țoli). Unghiul profilului α este 55° sau 60° .

Filetul în inci este un filet tolerat în țara noastră. Se folosește în mod deosebit la fabricarea pieselor de schimb pentru utilaje din import. În tehnica de calcul, se folosesc șuruburi și piulițe filetate în inci la unele echipamente din import. Filetul în inci pentru tehnica de calcul - prezentat în fig. 8.4 - este de formă triunghiulară cu unghiul $\alpha = 60^\circ$.

Șuruburile și piulițele, cu acest tip de filet, sînt simbolizate după cum urmează:

- cu cifre de la 0 ÷ 12 urmate de nr. de pași/inci pentru filete cu diametru mai mic de 1/4 inci (se mai scrie 1/4"); corespunzător diametrului, cifrele de la 0 la 12 sînt folosite conform tabelului 8.1.

Tabel 8.1

Cifra	1	2	3	4	5	6	8	10	12
Diametru (inci)	0,073	0,086	0,099	0,112	0,125	0,138	0,164	0,190	0,216

- cu diametrul nominal exprimat sub formă de fracție ordinară, urmat de nr. de pași/inci, pentru filete cu mărimea mai mare de 1/4".

Mărimea filetului se referă la diametrul nominal măsurat în inci.

Exemple:

a) filet 4-40 reprezintă un filet cu diametrul nominal exterior de 0,112" (2,84 mm) și cu 40 de pași pe inci;

b) filet 3/8 - 16 reprezintă un filet cu diametrul nominal de 3/8 inci (0,375" = 9,52 mm) și 16 pași/inci.

Suruburile și piulițele cu filet în inci se mai clasifică și după mărimea pasului (pitch în limba engleză), astfel:

- filet normal, simbol UNC;
- filet fin, simbol UNF;
- filet foarte fin, simbol UNEF.

Simbolul măririi pasului se înscrie după simbolul măririi filetului, astfel:

a) filet cu mărimea 4-40 și pas normal se notează: filet 4-40-UNC;

b) filet cu mărimea 3/8"-24 pas fin, se notează: filet 3/8-24-UNF;

c) filet cu mărimea 12-32 și pas foarte fin se notează: filet 12-32-UNEF.

După toleranța de execuție, filetele se clasifică în 3 clase de precizie simbolizate astfel:

1, 2, 3 = clasa de precizie a filetului;

A = filet exterior (șurub);

B = filet interior (piuliță).

Rezultă că o simbolizare completă a unui filet în inci, se face în următorul mod:

- mărimea filetului - mărimea pasului - clasa de precizie.

Exemplu de notare completă a filetului:

a) șurub cu filet în inci, mărimea 4-40 cu pas normal, clasa 2 (filet exterior) se notează

4-40 - UNC - 2 A;

b) piuliță cu filet în inci, mărimea 3/8"-24 cu pas fin -
clasa 3 (filet interior), se notează

3/8 - 24 - UNF - 3B.

Filetele trapezoidal, ferăstrău și rotund nu au utilizare în tehnica de calcul. Se întâlnesc ca aplicații în alte domenii. De exemplu, filetul rotund se utilizează în medii murdare, pentru armături hidraulice, socluri, tuburi izolante de protecție, etanșe etc.

8.2. MASURAREA FILETELOR

Măsurarea filetelor se execută cu scopul de identificare sau verificare a calității.

Caracteristicile geometrice ale filetelor care se verifică sînt următoarele.

- diametrul exterior;
- diametrul interior;
- diametrul mediu;
- unghiul profilului α ;
- pasul.

Măsurarea acestor parametri se realizează cu instrumente adecvate.

Instrumentele și mijloacele mai folosite în practică sînt prezentate în continuare.

8.2.1. Calibre pentru filete (fig. 8.5). Se folosesc mai ales în producția de serie. Există calibre inel și tampon filetate, conform profilului, în două părți: partea trece (T) și partea nu trece (NT).

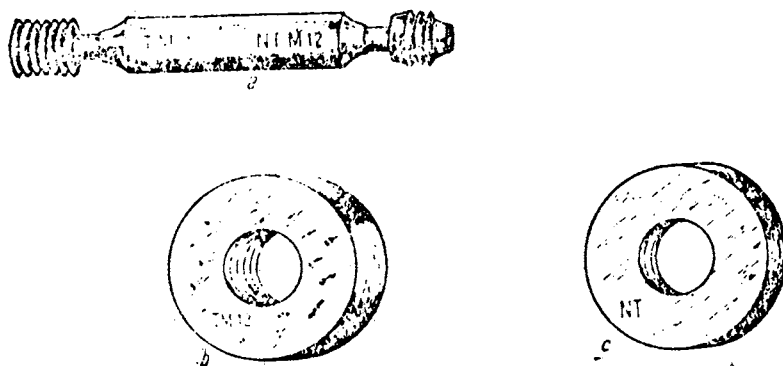


Fig. 8.5. Calibre pentru verificat filete.

Pentru verificarea piulișelor se întrebuințează calibrele tampon filetate (fig. 8.5 a) iar pentru verificarea șuruburilor se utilizează calibrele inel filetate (fig. 8.5 b și c).

Cu ajutorul calibrelor, se măsoară următoarele caracteristici geometrice ale filetelor: diametrul exterior, mediu și interior.

8.2.2. Micrometre pentru filete. Sînt instrumente de măsură de tip micrometric, prevăzute cu palpatoare adecvate pentru măsurarea parametrilor geometrici ai filetelor: diametrul exterior, mediu și interior. După diametrul exterior, respectiv diametrul interior măsurat, micrometrele se clasifică:

a) micrometre pentru filete exterioare. Cu ajutorul acestui instrument se măsoară diametrul mediu, diametrul interior și exterior ale șuruburilor.

b) micrometre pentru filete interioare. Se folosesc la măsurarea diametrelor mediu, exterior și interior ale piulișelor.

8.2.3. Lere pentru filet metric și în inci (țoli). Se mai numesc și șabloane. Se folosesc pentru identificarea unghiului profilului α și a pasului filetului. În vederea măsurării, se suprapune în lungul generatoarei lera și trebuie să se obțină o coincidență între pasul filetului și creștăturile lerei. Se citește direct pe leră, mărimea pasului.

Conform normelor se execută:

- lere pentru filet metric cu 20 lame pentru pași: 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5 și 6 mm (fig. 8.6);

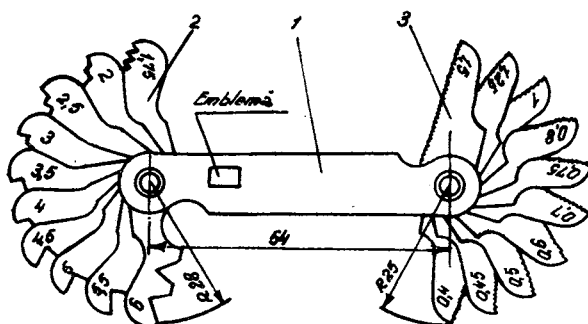


Fig. 8.6. Lere pentru filet metric.

- lere pentru filet în inci (țoli) cu următoarele numere de pași pe inci: 24; 20; 19; 18; 16; 14; 12; 11; 10; 9; 8; 7; 6; 5; 4,5 și 4.

De reținut că există lere și pentru alte profile de filet: pătrat, trapezoidal, rotund etc.

8.2.4. Microscopie pentru filet. Cu ajutorul lor, imaginea filetului - formată de obiectiv - este mărită și suprapusă pe un reticul (fig. 8.7) conceput anume pentru verificarea și măsurarea diferitelor filete standardizate.

Cu ajutorul microscopelor pentru filet se măsoară cu precizie ridicată, următorii parametri geometrici ai filetului: diametrul mediu al filetului exterior, pasul filetului, unghiul de profil al filetului.

Cu ajutorul reticulului gradat prezentat în fig. 8.7, se măsoară filete exterioare metrice ($\alpha=60^\circ$) și filete exterioare în inci (țoli) cu $\alpha=55^\circ$.

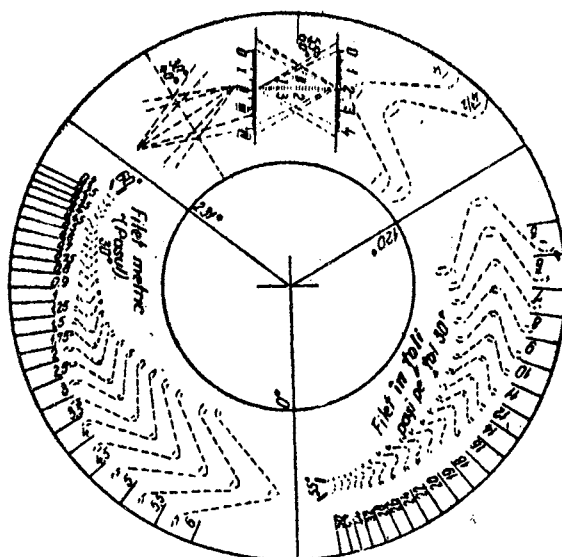


Fig. 8.7. Reticul gradat pentru măsurarea filetelor exterioare (șuruburi).

8.2.5. Metode de măsurare a filetelor. În practica atelierelor și activității de service, cerința principală o constituie identificarea filetelor metrice și filetelor în inci (țoli). Specialiștii cu experiență identifică fără să măsoare, filetele metrice sau în țoli. Pentru personalul fără o experiență îndelungată, se prezintă metode de identificare a filetelor metrice și în țoli folosind instrumente de măsurare a lungimilor; micrometrul de exterior și șublerul de exterior și interior (vezi capitolul 2).

a) Măsurarea filetelor metrice. Cu ajutorul micrometrului de exterior se măsoară diametrul exterior al șurubului sau cu ajutorul șublerului de interior se măsoară diametrul interior al piuliței.

Indicațiile micrometrului respectiv ale șublerului reprezintă diametrul nominal al filetului metric, în cazul șurubului. Pentru piuliță, se aplică formula:

$$\text{Diametrul nominal} = \text{Diametrul interior} + 1,083 \times \text{pas.}$$

Pasul filetului se determină prin măsurare cu șublerul și prin calcul în următorul mod: se măsoară lungimea L peste n pași cu șublerul și prin împărțire se determină mărimea pasului în milimetri,

$$p = \frac{L}{n} \text{ [mm]} \quad (8.1)$$

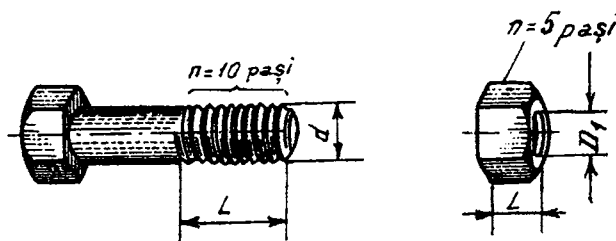


Fig. 8.8. Diametrul exterior d , interior d_1 și lungimea L peste n pași.

8.3. APLICATII

a) Pentru șurubul din fig. 8.8 a se măsoară cu șublerul de exterior, diametrul exterior d . Indicațiile instrumentului arată 6 mm. Cu ajutorul șublerului, se determină lungimea $L = 10$ mm peste $n = 10$ pași.

Să se stabilească caracteristicile geometrice ale șurubului respectiv.

Răspuns. Este un șurub cu filet metric, diametrul nominal $d = 6$ mm și pasul

$$p = \frac{L}{n} = \frac{10}{10} = 1 \text{ mm}$$

Simbolul acestui element de asamblare este

șurub M6

b) Pentru piulița din fig. 8.8 b se măsoară cu șublerul de interior diametrul interior D_1 . Indicațiile instrumentului arată 4,9 mm. Cu ajutorul șublerului, se determină lungimea $L = 5$ mm. Piulița are $n = 5$ pași.

Să se stabilească caracteristicile geometrice ale piuliței respective.

• Răspuns: Este o piuliță cu filet metric, diametrul nominal

$$D = D_1 + 1,083 p = 4,9 + 1,083 \cdot 1 \cong 6 \text{ mm}$$

și pasul

$$p = \frac{L}{n} = \frac{5}{5} ; p = 1 \text{ mm}$$

Simbolul acestui element de asamblare este

piuliță M6

NOTA:

Pentru șurub și piuliță nu s-a notat dimensiunea pasului pentru că filetul este metric normal.

c) Pentru șurubul în inci din fig. 8.9 se măsoară cu micro-metrul de exterior diametrul nominal d . Indicațiile instrumentului arată 6,35 mm. Cu ajutorul șublerului, se determină lungimea $L = 5,1$ mm peste $n = 4$ pași. Să se stabilească caracteristicile geometrice ale șurubului respectiv.

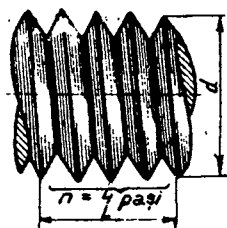


Fig. 8.9. Diametrul nominal d și lungimea L peste n pași a șurubului cu filet în inci.

Răspuns. Este un șurub cu filet în inci, diametrul nominal

$$d = \frac{6,35 \text{ mm} \times 1''}{25,4 \text{ mm}} = \frac{1''}{4}$$

și cu numărul de

$$\text{pași/inci} = \frac{25,4 \times n}{L} = \frac{25,4 \times 4}{5,1} = 20 \text{ pași/inci}$$

Simbolul acestui element de asamblare este

șurub $\frac{1''}{4}$ x 20

CAPITOLUL 9

MASURAREA ROTILOR DINTATE

Un rol important în construcția de mașini revine roților dințate.

Acestea se folosesc la transmiterea și transformarea uniformă a mișcării.

Ansamblul compus din două roți dințate poartă denumirea de angrenaj. Tot din angrenaj mai fac parte și alte piese ca: arbori, lagăre, carcasă etc.

Constructiv, angrenajele se împart în trei mari grupe:

- angrenaje cu roți dințate cilindrice;
- angrenaje cu roți dințate conice;
- angrenaje cu cremalieră (cremaliera este tot o roată dințată cu rază foarte mare, considerată infinită).

Angrenaje cu roți dințate cilindrice (fig. 9.1). Se compun din roți dințate de formă cilindrică, ai căror dinți sînt drepiți, înclinați sau în V. Axele roților sînt paralele.

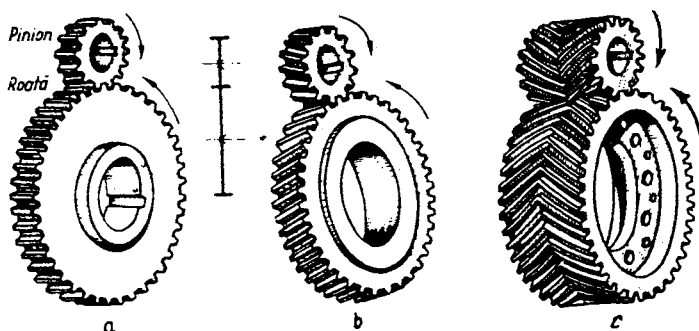


Fig. 9.1. Angrenaje cu roți dințate cilindrice: a - cu dinți drepiți; b - cu dinți înclinați; c - cu dinți în V.

Angrenaje cu roți dințate conice (fig. 9.2). Sînt compuse din roți dințate de formă conică, cu dinți drepți, înclinați sau curbi. Axele roților sînt concurente.

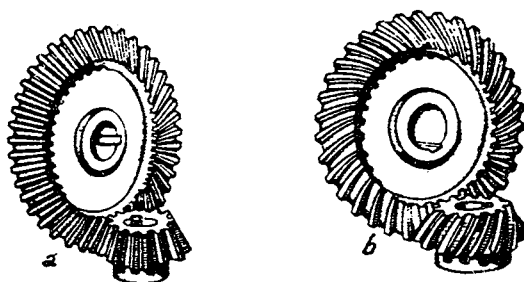


Fig. 9.2. Angrenaje cu roți dințate conice: a - cu dinți drepți; b - cu dinți curbi.

Angrenaje cu cremalieră (fig. 9.3). Sînt formate din roată dințată și din cremalieră. Roata dințată și cremaliera au dinți drepți sau înclinați.

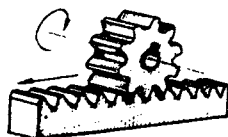


Fig. 9.3. Angrenaj cu cremalieră.

Utilizarea largă a **angrenajelor** în construcția de mașini și aparate se face în diferite scopuri. De exemplu, se folosesc angrenaje pentru viteze și puteri reduse în mecanica fină; pentru aparate de tip ceasornic; pentru echipamente de tehnică de calcul sau pentru aparate de măsură și control.

Înălțimea dinților h este diferența

$$h = R_e - R_i \quad (9.1)$$

în care:

R_e - raza cercului exterior;

R_i - raza cercului interior.

Înălțimea dinților h se mai definește ca fiind suma:

$$h = a + b \quad (9.2)$$

în care:

a - înălțimea capului dintelui;

b - înălțimea piciorului dintelui.

Jocul de fund c este diferența:

$$c = R_b - R_i \quad (9.3)$$

în care:

R_b - raza cercului de bază;

R_i - raza cercului interior.

Jocul de fund este necesar pentru ca vârful dinților unei roți să nu atingă roata cu care angrenează pentru a nu bloca angrenajul.

Cercul de rostogolire sau divizare trece aproximativ pe la jumătatea distanței dintre cercul de bază și cel exterior (măsurată în direcția razelor). Raza cercului de rostogolire este R_r .

Capul dintelui a este distanța dintre cercul exterior și cercul de rostogolire:

$$a = R_e - R_r \quad (9.4)$$

Piciorul dintelui b este distanța dintre cercul de rostogolire și cel interior:

$$b = R_r - R_i \quad (9.5)$$

Flancul dintelui este suprafața laterală a dintelui. Flancul poate fi drept și stîng.

Pasul circular p reprezintă lungimea arcului măsurată pe cercul de rostogolire sau de divizare de rază R_r între flancurile de același sens a doi dinți alăturați. Cînd măsurarea se face pe cercul de bază se obține pasul de bază.

Modulul sau pasul diametral m este raportul:

$$m = \frac{p}{\pi} \quad (9.6)$$

în care p este pasul circular.

Condiția angrenării. Două roți dințate 1 și 2 angrenează
când au același pas

$$p_1 = p_2 = p$$

sau același modul

$$m_1 = m_2 = m$$

Valorile modului m sînt standardizate (STAS 822-61) și
prezentate în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1.

0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4
0,5	0,6	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4
5	6	8	10	12	16	20	25	32	40
50	60	80	100						

Raportul de transmitere i poate fi exprimat prin raportul
numerelor de dinți ale celor două roți z_1 și z_2 .

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \text{const.}$$

Raportul i mai poate fi exprimat și ca raport al vitezelor
unghiulare ω_1 și ω_2 , al turațiilor n_1 și n_2 sau al diametrelor de
rostogolire D_{r1} și D_{r2} ale celor două roți dințate.

Deci:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_{r1}}{D_{r2}} = \text{const.} \quad (9.7)$$

Grosimea dintelui s_d și intervalul dintre dinți s_g . Executarea roților dințate pentru care $s_g = s_d$, ar conduce la blocarea angrenajului. De ce?

Egalitatea $s_g = s_d$ nu se poate respecta la execuția roților și nici la montarea lor și dacă intervalul dintre dinți s_g ar fi mai mic ca grosimea dintelui s_d , atunci în mod evident că nu se pot angrena perechea de roți dințate. Acest impediment se înlătură impunând condiția

$$s_g > s_d \quad (9.8)$$

și realizarea unui joc de flanc (fig. 9.5).

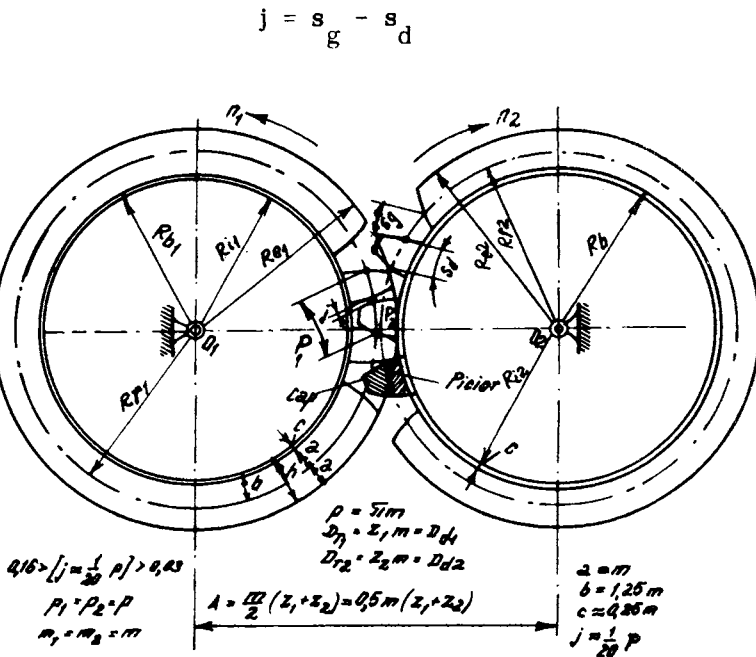


Fig. 9.5. Elementele geometrice ale angrenajului.

Prin realizarea jocului de flanc j , se asigură funcționarea angrenajului fără posibilitatea blocării.

Lungimea peste n dinți L_n . Pentru ca angrenarea să fie posibilă, este necesar ca distanța măsurată peste un număr de dinți, notat cu n , să se încadreze între anumite limite.

Acest element dimensional, notat cu L_n , se calculează cu o formulă matematică mai complicată.

Pentru a înlesni verificarea, lungimea L_n se indică în desenul de execuție al roții dințate.

Distanța dintre axe arborilor roților dințate A .

Se calculează cu relația:

$$A = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) \quad [\text{mm}] \quad (9.9)$$

Egalitatea este valabilă pentru angrenajele cu roți dințate cilindrice cu dinți drepți.

Distanța dintre axe A (mm) este o mărime standardizată (STAS 6055-68). Valorile sînt prezentate în tabelul 9.2.

Tabelul 9.2.

40	50	63	80	100	125	160	200	250
400	500	630	800	1000	1200	1600	2000	2500

9.2. ERORILE SI ABATERILE ELEMENTELOR GEOMETRICE ALE ROTILOR DINTATE CILINDRICE

Pentru a măsura o roată dințată, trebuie știut mai întâi care sînt erorile și abaterile necesar a fi determinate prin măsurări.

Depășirea limitelor prescrise pentru aceste mărimi poate provoca funcționarea defectuoasă sau nefuncționarea totală a angrenajului.

De aceea, trebuie să definim în cele ce urmează principalele erori și abateri ale elementelor geometrice ale roților dințate cilindrice.

Eroarea cinematică E_{cn} este eroarea maximă a unghiului de rotire a roții dințate în limitele unei rotații complete a acesteia, prin angrenarea cu o roată etalon.

Pe cercul care trece prin mijlocul înălțimii dinților, se măsoară unghiurile de rotire la fiecare dinte.

Diferențele unghiurilor de rotire se transpun într-o diagramă conform fig. 9.6.

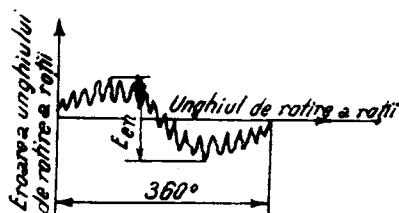


Fig. 9.6. Eroarea cinematică.

Valoarea maximă a erorii cinematice E_{cn} este dată de diferența algebrică dintre ordonata maximă și ordonata minimă.

Eroarea ciclică E_{cl} (fig. 9.7). Este valoarea medie a amplitudinilor oscilațiilor E_{cnp} a erorii cinematice la o rotație completă.

$$E_{cl} = \frac{E_{cnp_1} + E_{cnp_2} + E_{cnp_3} + \dots + E_{cnp_n}}{n} \quad (9.10)$$



Fig. 9.7. Diagrama pentru calculul erorii ciclice E_{cl} .

Eroarea cumulată de pas E_{cp} este suma dintre valorile absolute ale celei mai mari erori cumulate de pas în plus și ale celei mai mari erori cumulate de pas în minus. Eroarea cumulată de pas se face simțită prin zgomotul angrenajului; se spune că roțile dințate nu au o angrenare "liniștită".

Determinarea practică a erorii cumulate de pas se face conform celor prezentate în continuare.

Se măsoară pașii individuali de pe toată circumferința. Se determină erorile individuale absolute ale pașilor, față de pasul nominal. Din erorile individuale absolute, se calculează eroarea medie de pas. Cu ajutorul erorii medii de pas, se determină eroarea parțială față de media erorilor individuale de pas.

Eroarea cumulată de pas E_{cp} se obține din suma succesivă a erorilor parțiale față de media erorilor individuale și este suma dintre valorile absolute ale celei mai mari erori cumulate de pas în plus și ale celei mai mari erori cumulate de pas în minus; este o valoare maximă a erorilor cumulate de pas.

Bătaia radială b_r (fig. 9.8). Este diferența maximă dintre distanțele de la axa de rotație a roții până la coarda celui mai îndepărtat dinte respectiv celui mai apropiat dinte de axa de rotație.

Consecința acestei abateri este o uzură prematură a dinților și scăderea rezistenței la oboseală a acestor dinți.

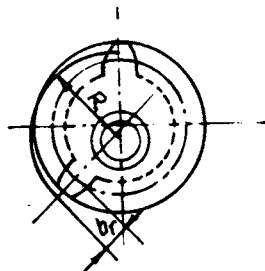


Fig. 9.8. Bătaia radială b_r .

Variația lungimii peste n dinți VL_n reprezintă diferența dintre valoarea maximă $L_{n_{max}}$ și valoarea minimă $L_{n_{min}}$ a lungimii peste n dinți L_n , la aceeași roată (fig. 9.9).

$$VL_n = L_{n_{max}} - L_{n_{min}} \quad (9.11)$$

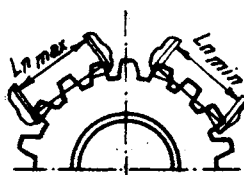


Fig. 9.9. Variația lungimii peste n dinți VL_n .

Abaterrea pasului de bază Apb reprezintă diferența dintre distanțele efectivă și nominală dintre două drepte paralele, tangente la două flancuri omoloage succesive (fig. 9.10).

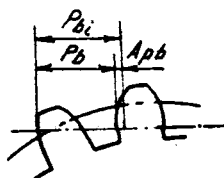


Fig. 9.10. Abaterrea pasului de bază Apb .

Pasul de bază efectiv se măsoară pe normala comună a flancurilor omoloage succesive.

Pata de contact P_c este suprafața efectivă de contact a flancului dintelui pe care se află urmele de contact cu flancurile dinților roții pereche, la angrenarea în condițiile de funcționare și la rotirea cu frînarea ușoară (fig. 9.11).

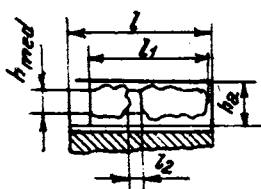


Fig. 9.11. Pata de contact P_c .

Pata de contact se poate defini pe înălțimea dintelui prin raportul

$$\frac{h_{med}}{h_a} \cdot 100\% \quad (9.12)$$

în care:

h_{med} este înălțimea mijlocie a petei;

h_a - înălțimea utilă a dintelui.

Se mai poate defini și pe lungimea dintelui ca raport

$$\frac{l_1 + l_2}{l} \cdot 100\% \quad (9.13)$$

în care:

l_1 este distanța punctelor extreme ale petei;

l_2 - întreruperile petei;

l - lungimea dintelui.

Jocul dintre flancuri j este distanța dintre flancurile neactive ale dinților roților conjugate. Jocul j asigură o rotire liberă a uneia dintre roțile dințate când cealaltă este fixă (fig. 9.12).

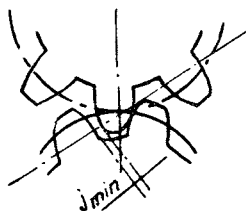
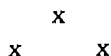


Fig. 9.12. Jocul dintre flancuri j .

Abaterrea distanței dintre axe AA este diferența dintre distanța efectivă dintre axe și distanța nominală.

Se măsoară în planul median al angrenajului.



Abaterile și erorile prezentate pentru roțile dințate cilindrice se regăsesc și la angrenajele cu roți dințate conice sau la angrenajele cu cremalieră.

Cunoașterea lor este importantă deoarece oferă indicații referitoare la cauzele funcționării defectuoase a unui angrenaj.

De asemenea, intervențiile necesare pentru înlăturarea defectiunilor angrenajelor se fac temeinic numai când se știe care sînt abaterile și erorile față de funcționarea normală a unui angrenaj.

Chiar și verificările unei roți dințate sau a unui angrenaj nou fabricat presupune cunoașterea acestor abateri și erori ale elementelor geometrice caracteristice roților dințate.

Determinarea erorilor și abaterilor elementelor geometrice ale roților dințate se face prin măsurări realizate cu ajutorul instrumentelor de măsurat.

9.3. MASURAREA ROTILOR DINTATE SI ANGRENAJELOR CU ROTI DINTATE

Principalele verificări și mijloace de măsurare întrebuințate la controlul roților dințate și angrenajelor se prezintă în continuare.

9.3.1. Lupa de mărit cu grosismentul pînă la 5x se folosește la verificarea aspectului exterior al roților dințate, la descoperirea fisurilor sau bavurilor.

Controlul vizual cu ajutorul lupei de mărit este ușor de realizat și se poate aplica în atelierele în care se uzinează roți dințate dar îndeosebi în atelierele de reparații la operația de constatare a echipamentului supus reparației. În activitatea de reparații, prin controlul vizual cu ajutorul lupei de mărit, se pot descoperi uzuri avansate în ceea ce privește profilul roților dințate.

9.3.2. Aparat de măsurat eroarea cinematică Ecn (fig.9.13)

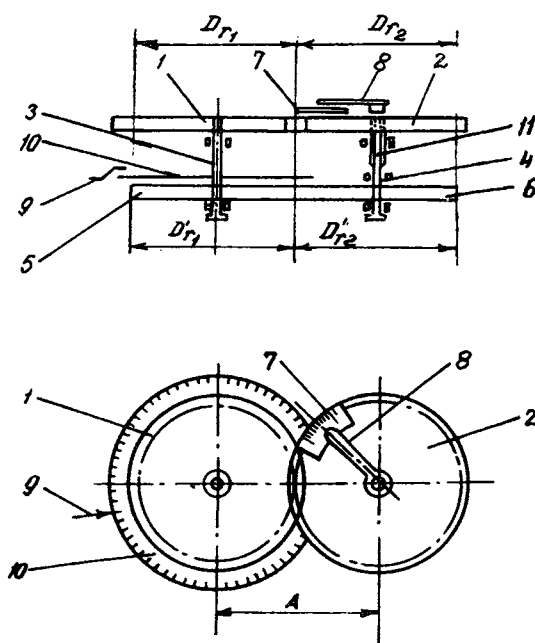


Fig. 9.13. Aparat de măsurat eroarea cinematică.

Se compune din:

- 1 - roata dințată de verificat;
- 2 - roata dințată etalon;
- 3 și 4 - axe cu distanța dintre ele, reglabilă;
- 5 și 6 - discuri de fricțiune;
- 7 - sector gradat;
- 8 - ac indicator;
- 9 - ac indicator fix;
- 10 - cadran gradat;
- 11 - ax tubular.

Pe axul 3, se montează cadranul gradat 10, discul de fricțiune 5 și roata de verificat 1. Pe axul 4, se montează discul de fricțiune 6 și acul indicator 8.

Pe axul tubular 11 se montează roata etalon 2 care se angrenează cu roata dințată 1.

Axul tubular 11 și roata etalon se rotesc liber pe axul 4. Pe roata etalon 2 se află sectorul gradat 7.

Discurile de fricțiune 5 și 6 au diametrele D'_{r1} și D'_{r2} egale cu diametrele de divizare D_{r1} și D_{r2} ale celor două roți dințate 1 și 2.

Funcționarea. Se aduce sectorul gradat 7 astfel ca acul indicator 8 să se afle în dreptul reperului din mijloc. În această poziție, se marchează reperul de pe cadranul gradat 10 care se află în dreptul indicelui fix 9.

Se rotește apoi roata dințată 1, manual, timp în care roata etalon 2 este frânată ușor pentru ca angrenarea să se facă pe un singur flanc.

Diferența dintre unghiul de rotire al roții dințate 1 și unghiul de rotire al roții etalon este indicată de acul indicator 8 pe sectorul gradat 7 și reprezintă eroarea cinematică.

Cu acest aparat se poate determina și eroarea ciclică a roții dințate supusă verificării. După cum s-a arătat, eroarea ciclică reprezintă media amplitudinilor oscilațiilor erorii cinematische pentru o rotație completă a roții dințate.

9.3.3. Pasmetrul portabil (fig. 9.14).

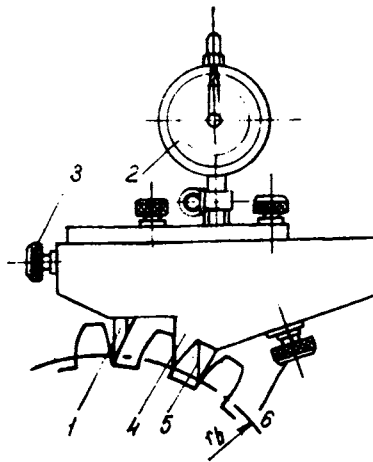


Fig. 9.14. Pasmetrul portabil.

Se folosește la măsurarea erorii pasului de bază al roții dințate.

Se compune din:

- 1 - palpator mobil;
- 2 - comparator;
- 3 - șurub de reglaj;

- 4 - palpator fix ;
- 5 - opritor ;
- 6 - șurub de reglaj.

Funcționare. Se pun în contact flancurile a doi dinți consecutivi ai roții dințate supuse verificării, cu cei doi palpatori: palpatorul mobil 1 și palpatorul fix 4.

Palpatorul mobil 1 se mișcă cu ajutorul șurubului reglabil 3. Acest șurub acționează totodată și asupra palpatorului comparatorului 2.

Suprafețele active ale palpatoarelor 1 și 4 sînt plane și paralele pentru a asigura contactul lor în punctele de pe normala comună a flancurilor dinților, care este tangentă la cercul de bază al roții dințate.

Opritorul 5 care poate fi poziționat cu ajutorul șurubului reglabil 6 are drept rol să așeze aparatul pe roata dințată în mod corect.

Reglarea pasmetrului se face cu cale plan-paralele la valoarea nominală a pasului de bază.

Măsurarea constă în citirea abaterii efective a pasului pe cadranul comparatorului 2 pentru toți pașii roții dințate.

Aceste abateri - care reprezintă erorile individuale de pas - se trec într-un tabel.

Tot în acest tabel se trec erorile parțiale față de media aritmetică a erorilor individuale și apoi abaterea cumulată de pas prin însumarea algebrică succesivă a erorilor parțiale calculate cum s-a menționat mai sus.

9.3.4. Micrometrul cu talere (fig. 9.15). Se folosește pentru măsurarea lungimii peste n dinți L_n .

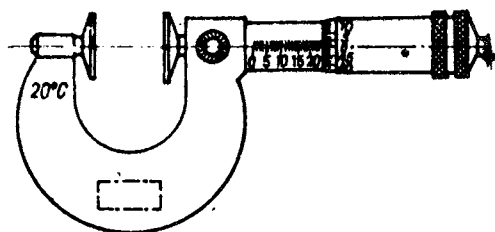


Fig. 9.15. Micrometrul cu talere.

Schema de măsurare a lungimii peste n dinți este prezentată în fig. 9.16.

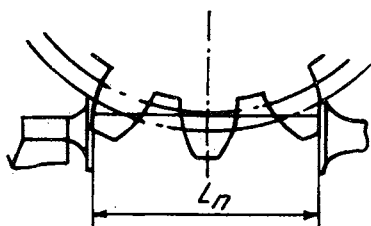


Fig. 9.16. Schema de măsurare a lungimii peste n dinți, L_n .

După cum se constată din această figură, lungimea peste n dinți este normala comună la flancurile opuse peste n dinți. Normala comună este tangentă la cercul de bază.

Pentru roțile noi executate, lungimea peste n dinți este indicată în desenul de execuție al roții. Există însă și tabele în care este indicat numărul n de dinți, în funcție de numărul total z de dinți ai roții, peste care se măsoară cota L_n .

Un alt aparat folosit tot la determinarea lungimii peste
dinți este aparatul cu comparator pentru măsurarea lungimii peste
dinți (fig. 9.17).

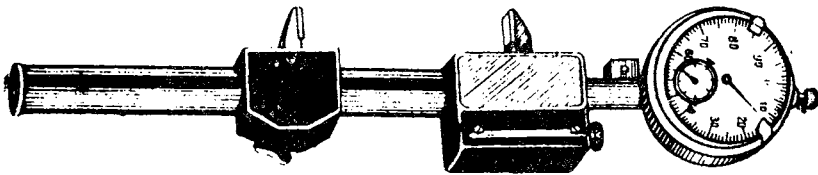


Fig. 9.17. Aparatul cu comparator pentru măsurarea lungimii pesten
dinți.

Avantajul acestui aparat constă într-o precizie mai bună și
o citire mai ușoară a indicațiilor.

9.3.5. Aparatul pentru măsurarea bătăii radiale br (fig.
9.18). Se folosește - după cum îl arată și numele - la măsurarea
bătăii radiale.

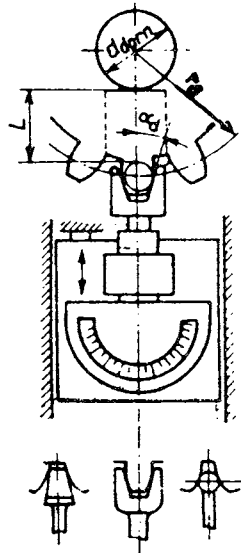


Fig. 9.18. Aparatul pentru măsurarea bătăii radiale br.

Aparatul se reglează la zero cu un dorn de un anumit diametru (d_{dorn}) și cu un bloc de cale cu dimensiunea L .

Palpatorul de contact poate avea diferite forme.

Măsurarea se face pentru toți dinții sau golurile dintre dinții roții.

Bătaia radială a roții este diferența dintre indicațiile limită ale comparatorului.

9.3.6. Sublerul pentru roți dințate (fig. 9.19).

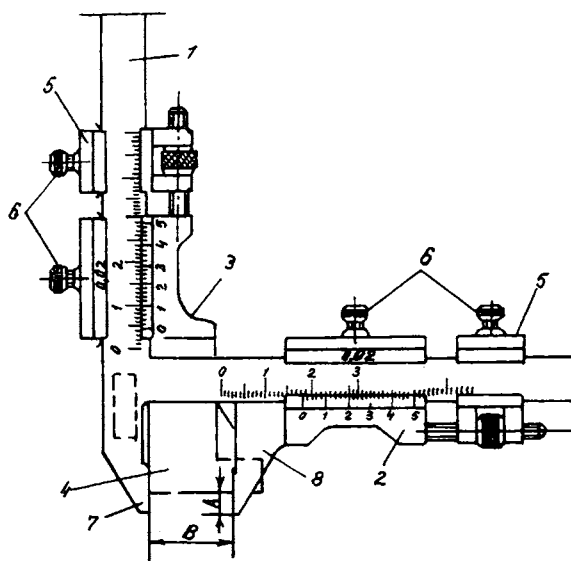


Fig. 9.19. Sublerul pentru roți dințate.

Se compune din:

- 1 - echer cu riglă milimetrică verticală și orizontală;
- 2 - cursor orizontal;
- 3 - cursor vertical;

- 4 - limitator de înălțime;
- 5 - cursoare de reglare fină;
- 6 - șuruburi de blocare;
- 7 și 8 - fălci.

Funcționarea. Pe vârful dintelui, se așază limitatorul de înălțime 4. Înălțimea A, a acestui limitator, adică distanța de la suprafața inferioară a limitatorului la vîrfurile fălcilor 7 și 8 calculată în prealabil, se fixează pe rigla verticală cu ajutorul cursorului 3.

Grosimea dintelui B, se determină astfel: se așază șublerul cu limitatorul pe vârful dintelui și se realizează contactul dintre fălcile 7 și 8 și flancurile dintelui. Se repetă măsurarea pentru toți dinții roții supusă controlului.

9.3.7. Sabloanele de formă (fig. 9.20).

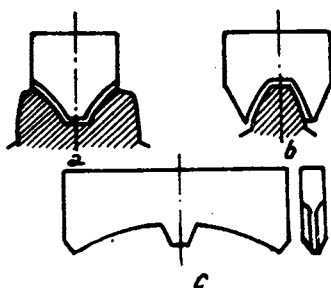


Fig. 9.20. Sabloanele de formă.

Cu ajutorul șabloanelor de formă, se face o verificare rapidă a roților dințate cu modul mare și fără o precizie înaltă.

Se poate verifica profilul integral al golului dintre dinți (fig. 9.20 a), profilul integral al dintelui (fig. 9.20 b) sau numai profilul unui flanc, dreapta și stînga (fig. 9.20 c). Se confecționează din tablă de oțel.

9.3.8. Proectorul de profile. Pentru roțile dințate cu modul mic, se întrebuințează proectorul de profile.

Roata dințată de verificat se plasează pe masa proectorului, poziția ei reglându-se prin deplasarea și rotirea mesei în plan orizontal până când imaginea proiectată a conturului roții se suprapune cu profilul teoretic desenat la scară (10:1 sau 20:1) pe o foaie de calc.

Abaterile profilului se poate măsura cu ajutorul micrometrelor de deplasare a mesei sau chiar prin măsurarea direct pe ecran a necoincidenței profilurilor și împărțirea valorii respective la scara cu care a fost mărit profilul.

9.3.9. Pata de contact. Este o metodă simplă, ușor de folosit. Pe flancurile dinților roții etalon, se aplică un strat subțire de vopsea. Se angrenează apoi roata etalon cu roata supusă verificării și se rotesc într-un sens și în celălalt, frînând ușor una din roțile dințate. Se demontează roata supusă verificării iar după petele de vopsea, se poate determina abaterile profilului, direcției și chiar grosimei dintelui.

9.4. APLICATII

Cu ajutorul pasmetrului portabil (vezi fig. 9.14), s-au determinat erorile individuale de pas în μm (microni) din tabelul 9.3.

Tabelul 9.3.

Felul ero-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
rilor de	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1
pas																		
Erori in-																		
dividuăle																		
de pas	0	+2	-2	-4	+1	+5	+8	+6	+2	-2	-6	-4	-5	-8	-10	-6	+3	+2
[μm]																		
Erori față																		
de media																		
erorilor	+1	+3	-1	-3	+2	+6	+9	+7	+3	-1	-5	-3	-4	-7	-9	-5	+4	+3
individuale																		
[μm]																		
Erori cu-																		
mulate de	+1	+4	+3	0	+2	+8	+17	+24	+27	+26	+21	+18	+14	+7	-2	-7	-3	0
pas [μm]																		

Eroarea individuală de pas este o abatere efectivă a pasului în raport cu valoarea nominală a pasului de bază.

Să se determine eroarea cumulată de pas (maximă) Ecp și să se reprezinte grafic erorile individuale de pas și erorile cumulate de pas.

a) Calculul erorii individuale medii.

Eroarea individuală medie este egală cu suma algebrică a erorilor individuale împărțită la numărul pașilor egal cu numărul dinților:

$$\frac{0+2-2-4+1+5+8+6+2-2-6-4-5-8-10-6+3+2}{18} = \frac{-18}{18} = -1 \mu\text{m}$$

b) Calculul erorilor parțiale față de media erorilor individuale [μm].

Eroarea parțială reprezintă diferența dintre eroarea individuală și eroarea individuală medie. *

Exemplu pentru pasul dintre dintele 7 și 8:

$$+8 - (-1) = +9$$

sau pentru pasul dintre 15 și 16:

$$-10 - (-1) = -9$$

Analog se calculează pentru toți pașii, rezultatele fiind trecute în rîndul al treilea din tabelul 9.3.

c) Calculul erorilor cumulate de pas. Se face prin însumarea algebrică succesivă a erorilor parțiale, calculate la punctul b. Rezultatele sînt trecute în rîndul al patrulea din tabelul 9.3.

d) Eroarea cumulată de pas (maximă) E_{cp} . Este diferența algebrică a valorilor maxime ale erorilor cumulate de pas calculate la punctul c).

$$E_{cp} = +27 - (-7) = 34 \mu\text{m}$$

e) În fig. 9.21 s-a reprezentat graficul erorilor individuale de pas și în fig. 9.22, graficul erorilor cumulate de pas.

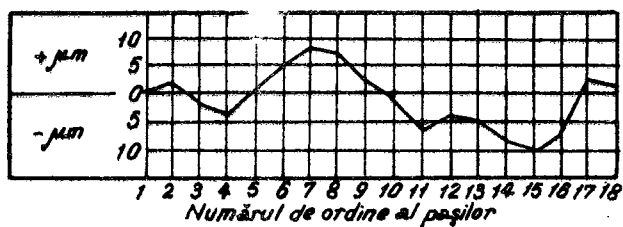


Fig. 9.21. Graficul erorilor individuale de pas.

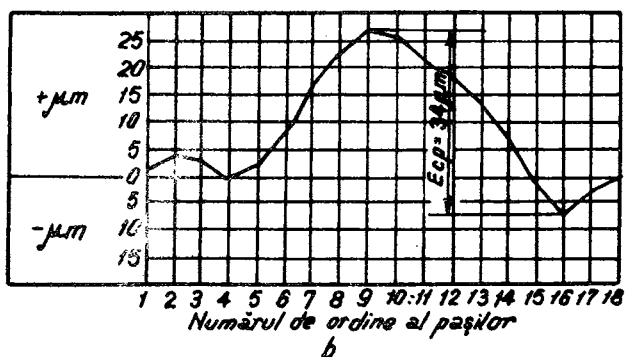


Fig. 9.22. Graficul erorilor cumulate de pas și eroarea cumulată de pas maximă E_{cp} .

CAPITOLUL 10

MASURAREA UNGHIURILOR SI CONICITATILOR

Unghiurile și conicitățile reprezintă elemente geometrice frecvent întâlnite în construcția de mașini, la asamblarea elementelor de mecanică fină.

Este o strânsă legătură între unghi și conicitate în sensul că un unghi rotit în jurul bisectoarei sale generează un con iar secționarea sa cu un plan care trece prin axa acestuia determină unghiul cuprins între cele două generatoare ale conului.

Pentru a explica aceste două noțiuni, se introduc următoarele definiții:

Unghiul plan α este unghiul cuprins între două drepte concurente și este egal cu raportul dintre lungimea l a arcului determinat de cele două drepte pe circumferința unui cerc, cu centrul în punctul de intersecție al dreptelor și raza r a acestui cerc:

$$\alpha = \frac{l}{r} \quad (10.1)$$

Unghiul solid Ω este unghiul unui con egal cu raportul dintre aria S a suprafeței determinate de acest con pe suprafața unei sfere cu centrul în vârful conului și pătratul razei r a sferei:

$$\Omega = \frac{S}{r^2} \quad (10.2)$$

Unitatea de măsură folosită pentru unghiul plan în sistemul SI este radianul cu simbolul rad.

Radianul reprezintă unghiul dintre două raze ale unui cerc care delimitează pe circumferința acestuia un arc de lungime egală cu raza cercului.

Pentru unghiul solid, unitatea de măsură în sistemul SI este steradianul cu simbolul Sr.

Steradianul este unghiul solid cu vârful în centrul unei sfere care delimitează pe aceasta o suprafață egală cu aria unui pătrat cu latura egală cu raza sferei.

În practică, unghiurile plane se măsoară în grade.

Între grade și radiani există următoarele relații de transformare:

$$\alpha \text{ (grade)} = \frac{180^\circ}{\pi} \alpha \text{ (radiani)}$$

respectiv

(10.3)

$$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ 17' 44,8''.$$

Măsurarea unghiurilor și conicităților se face în practică prin următoarele metode:

- metoda măsurilor etalon cu:
 - calibre conice;
 - cale unghiulare;
 - șabloane unghiulare;
 - echere.

- metoda goniometrică prin care unghiul se determină direct în grade, minute și secunde cu:

- raportoare mecanice simple;
- raportoare mecanice cu vernier;
- raportoare mecanice optice;
- nivele;
- capete divizoare optice;
- mese rotative.

- metoda trigonometrică prin care unghiul se determină prin relații trigonometrice cu:

- rigle de sinus;
- raportoare de sinus;
- rigle de tangentă.

10.1. METODA MASURILOR ETALON

10.1.1. Calibrele conice. Sînt dispozitive de măsurare a arborilor de formă conică sau alezajelor conice. Se folosesc în mod deosebit pentru verificarea conurilor metrice și conurilor morse cu care sînt prevăzute cozile sculelor așchietoare (burghie, alezoare, freze) și pentru verificarea reducăiilor conice, folosite la adaptarea cozii sculei așchietoare la gaura arborelui mașinii-unelte.

10.1.2. Calele unghiulare (fig. 10.1). Sînt dispozitive de măsurare care se folosesc pentru verificarea echerelor și a șabloanelor, reglarea și verificarea raportoarelor sau pentru măsurarea sau verificarea unghiurilor de precizie la piese obișnuite.

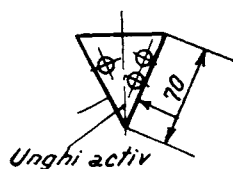


Fig. 10.1. Cală unghiulară.

Calele unghiulare se pot constitui în blocuri al căror unghi este egal cu suma unghiurilor calelor componente (fig. 10.2).

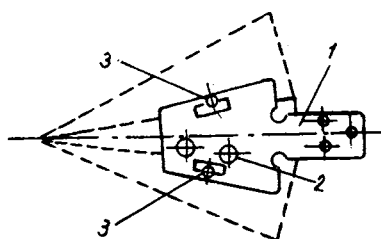


Fig. 10.2. Bloc de cale unghiulare: 1 - suport; 2 - șurub; 3 - pene.

Verificarea unghiurilor cu ajutorul calelor se face fie prin metoda fantei de lumină, fie prin metoda determinării abaterii de la paralelism dintre suprafața piesei și suprafața de măsurare a calei.

Calele se livrează în truse care conțin 19,36 sau 94 bucăți cu diferite valori ale unghiurilor active.

Există și truse numai cu cinci cale unghiulare de 15° , 30° , 45° , 55° și 60° .

10.1.3. Sabloane unghiulare (fig. 10.3). Se construiesc pentru diferite unghiuri și sînt confecționate din tablă de oțel de 0,5 pînă la 6 mm. Sînt folosite la verificarea unghiurilor, pieselor și în special la verificarea unghiului de ascuțire a sculelor așchietoare prin metoda fantei de lumină.

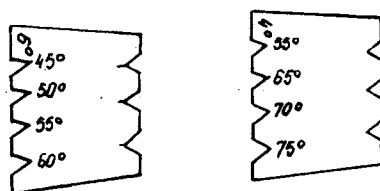


Fig. 10.3. Sabloane unghiulare.

10.1.4. Echerele. Se folosesc pentru verificări de unghiuri exterioare sau interioare ale pieselor sau pentru operația de trasare. Are două unghiuri active (exterior și interior) de 45° , 60° , 90° sau 120° .

După felul unghiului de verificat și după profilul și forma laturilor, echerele se clasifică în:

- echere simple (fig. 10.4 a);
- echere cu talpă (fig. 10.4 b);
- echere profilate (fig. 10.4 c);
- echere pentru suprafețe (fig. 10.4 d);
- echere cu lamă (fig. 10.4 e).

Verificarea unghiurilor cu ajutorul echerelor se face cu ajutorul calibrelor lamelare (spioni) sau prin observarea fantei de lumină.

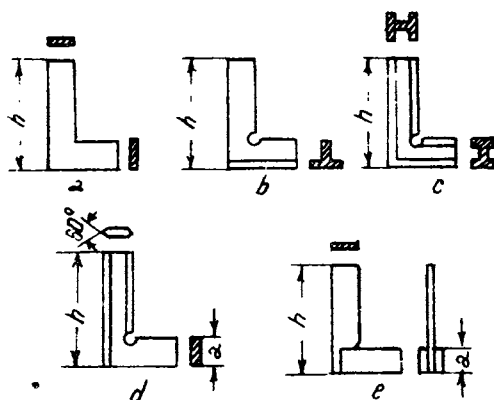


Fig. 10.4. Diferite forme de echeri.

Foarte folosit în practică este echerul pentru centrat (fig. 10.5). Servește la determinarea centrului sau la trasarea axelor de simetrie a suprafețelor rotunde (suprafețe frontale de arbori, șaibe rotunde).

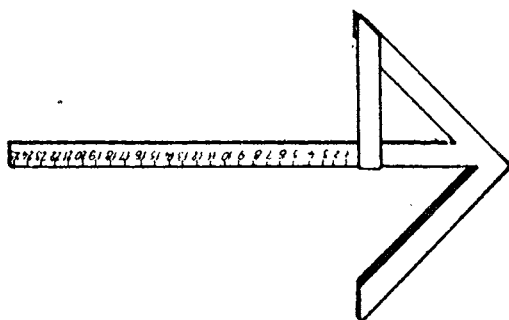


Fig. 10.5. Echerul pentru centrat.

Trasarea se face în modul următor: se sprijină piesa cu generatoarele pe cele două laturi ale echerului și se trasează primul diametru, se rotește piesa cu aproximativ 90° și se trasează al doilea diametru. La intersecția celor două diametre se află centrul piesei circulare.

10.2. METODA GONIOMETRICA

Metoda goniometrică de măsurare constă în aceea că valoarea unghiurilor se măsoară direct în unități unghiulare. Aparatul folosit în acest scop este prevăzut cu două suprafețe de așezare ce se sprijină pe ambele fețe ale unghiului de măsurat. Una din suprafețele de așezare ale aparatului de măsurat se poate roti față de cealaltă suprafață.

10.2.1. Raportoarele mecanice simple (fig. 10.6). Se compun din semicercul cu talpă 1, împărțit în 180 grade și din rigla mobilă 2 care se rotește în jurul axului ce materializează centrul semicercului. Citirea unghiurilor în grade se face în dreptul indicelui 3.

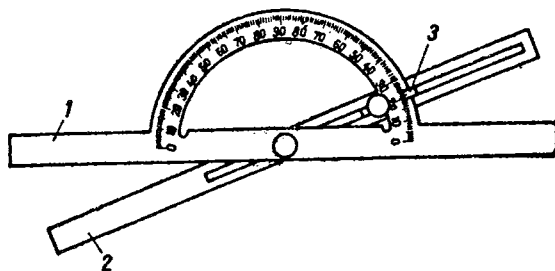


Fig. 10.6. Raportorul **mechanic** simplu.

10.2.2. Raportoarele mecanice cu vernier (fig. 10.7). Asigură o precizie de măsurare mai mare, pînă la fracțiuni de grad.

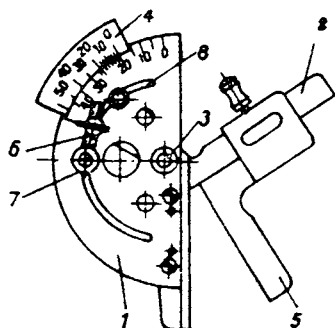


Fig. 10.7. Raportorul cu vernier.

Se compun din semidiscul 1 gradat în 180° sexagesimale, rigla 2 solidară cu vernierul 4 și cu care se rotește în jurul articulației 3, cursorul cu rigla 5 și șurubul 6 pentru reglarea fină a vernierului.

Pentru măsurare, se realizează un contact aproximativ între suprafețele piesei și suprafețele de măsurare ale semidiscului 1 respectiv riglei 5 apoi cu ajutorul șurubului 6, se reglează vernierul asigurându-se astfel un contact perfect între suprafețele piesei și suprafețele de măsurare ale instrumentului.

După această operație, se strâng șuruburile de blocare 7 și 8 după care se citește valoarea unghiului. Unghiurile cu valori pînă la 90° se măsoară între suprafețele semidiscului 1 și riglei 5 iar cele cu valori între 90° și 180° , se măsoară între suprafețele semidiscului 1 și riglei 2.

Cînd unghiul de măsurat este mai mare de 90° , se îndepărtează rigla 5 de pe rigla 2 iar la valoarea citită pe scara gradată și vernier, se adună 90° .

10.2.3. Raportoarele mecanice optice (fig. 10.8). Se compune din corpul 1 fixat pe rigla 3. Rigla mobilă 4, culisează în direcție longitudinală și se poate fixa cu pîrghia 6.

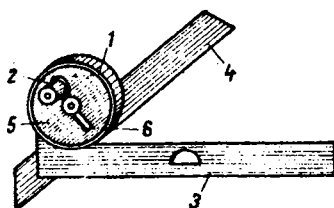


Fig. 10.8. Raportorul mecanic optic.

Rigla mobilă 4 se fixează în poziția dorită pe discul 5, echipat cu lupa de citire 2 cu grosismentul de 40 x.

În corpul 1 există un disc circular de sticlă optică gradat în grade, împărțit în 4 cadrane. Fiecare cadran are câte 90° fiecare cu diviziunea de 1° . Vernierul este constituit dintr-o placă de sticlă gradată în minute, de la 0 la 60', pentru citirea prin lupă a rezultatelor măsurării.

În fig. 10.9 sînt prezentate cîteva exemple de măsurare a unghiurilor cu raportorul mecanic optic.

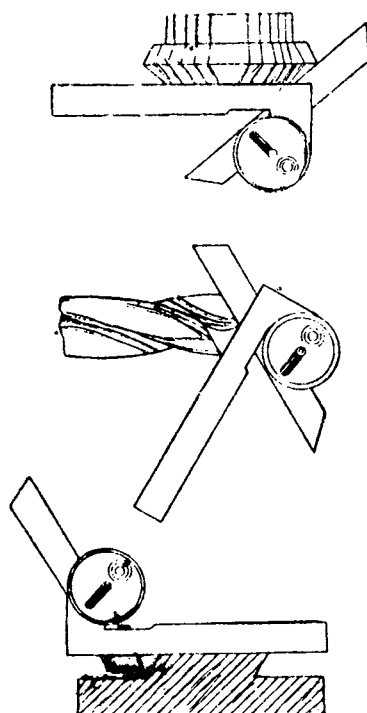


Fig. 10.9. Măsurarea unghiurilor cu raportorul mecanic optic.

10.2.4. Nivelele (fig. 10.10). Se utilizează la determinarea abaterilor de la poziția orizontală a unor piese, mașini și aparate, pentru reglarea în poziție orizontală sau sub un anumit unghi a diferitelor piese și organe de mașini și pentru reglarea poziției mai multor suprafețe la același nivel.

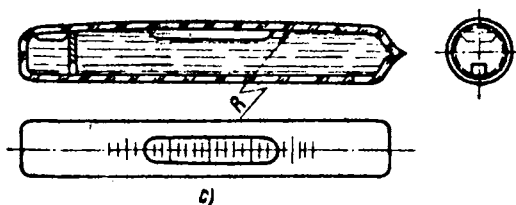


Fig. 10.10. Nivelă.

Partea principală a nivelelor o constituie un tub de sticlă umplut cu eter etilic sau alcool, pentru a nu îngheța la temperaturi sub 0°C și în care rămîne o bulă de aer rarefiat saturat cu vapori de eter sau alcool.

Poziția bulei de aer la partea superioară a tubului depinde de poziția acestuia, respectiv de poziția nivelei în care este montat tubul.

Pe tub, se trasează o scară gradată. Cînd este în poziție orizontală, bula de aer se află la mijlocul scării. Valoarea diviziunilor sub care se deplasează bula de aer, reprezintă unghiul de înclinare al nivelei.

10.2.5. Capetele divizoare optice (fig. 10.11). Se folosesc pentru măsurarea și controlul unghiurilor de rotație sau pentru divizarea suprafețelor în procesul de prelucrare a pieselor în atelierele de sculărie și în laboratoarele metrologice pentru diferite divizări necesare în procesul de măsurare.

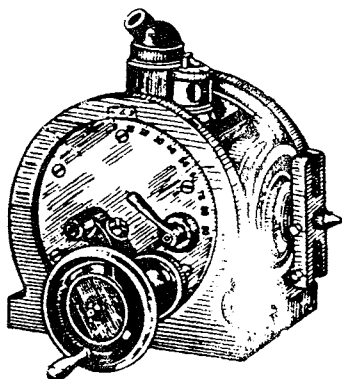


Fig. 10.11. Cap divizor optic.

10.2.6. Mesele rotative (fig. 10.12 a). Sînt prevăzute cu o scară gradată exterioară de 360° (valoarea diviziunii de 1°) pentru măsurări de precizie mică. Mai posedă o scară gradată interioară de 360° cu valoarea diviziunii de $1'$ și un vernier cu valoarea diviziunii de $1''$. Valoarea unghiului de rotație măsurat apare pe un ecran, în trei ferestre, separat pe grade, minute și respectiv secunde (fig. 10.12 b).

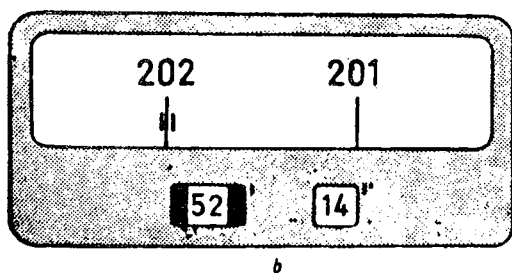
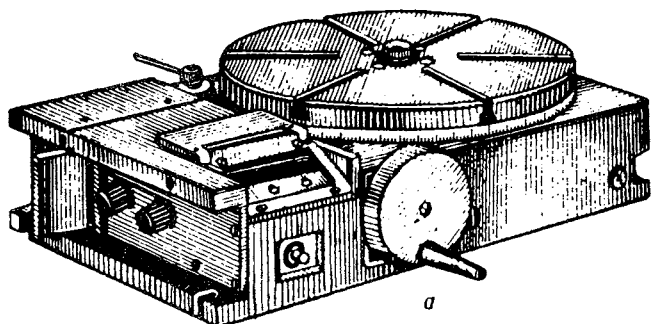


Fig. 10.12. Masă rotativă.

10.3. METODA TRIGONOMETRICA

Metoda trigonometrică de măsurare constă în determinarea mărimilor liniare necesare calculării valorii unghiului sau conicității de măsurat.

Pornind de la acest principiu, se folosesc pentru măsurare următoarele aparate:

10.3.1. Riglele de sinus. Se utilizează la măsurarea indirectă a unghiurilor sub 45° și a conicităților precum și la așezarea pieselor sub un anumit unghi, pentru prelucrare.

În fig. 10.13 este reprezentat un exemplu de măsurare a unghiului de conicitate al unui calibr conic.

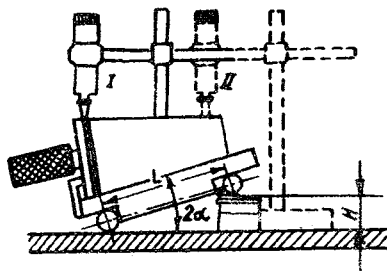


Fig. 10.13. Măsurarea unghiului de conicitate al unui tampon conic.

Rigla de sinus este așezată pe un platou de control iar pe riglă este așezat calibrul conic. În această poziție, generatoarea superioară a tamponului este înclinată față de suprafața riglei și respectiv suprafața platoului cu unghiul de conicitate 2α . Pentru a se ajunge în poziția de măsurare, rigla de sinus se înclină, punând un bloc de cale plan-paralele sub rola dinspre diametrul mic al tamponului, pînă cînd generatoarea superioară ajunge în poziția orizontală, paralelă cu suprafața platoului.

Controlul poziției orizontale care este paralelă cu suprafața platoului, se determină cu un comparator în două poziții: I și II.

Unghiul 2α se calculează cu expresia:

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

de unde

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

sau

$$\alpha = \frac{\arcsin \frac{H}{L}}{2} \quad (10.4)$$

în care:

2α este unghiul de conicitate al calibrului conic;

H - înălțimea blocului de cale plan-paralele în mm;

L - distanța dintre axele celor două role ale riglei în mm.

10.3.2. Raportoarele sinus (fig. 10.14). Este un aparat care măsoară unghiuri între 0° și 180° prin metoda trigonometrică. Se măsoară unghiurile diferitelor scule sau piese de mașini prin rotirea cu $0^\circ \div 45^\circ$ a unei rigle. Are o precizie ridicată, până la $1'$.

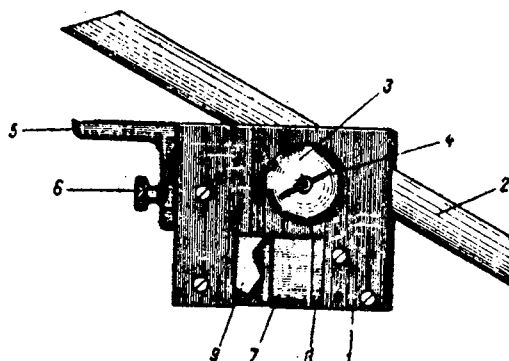


Fig. 10.14. Raportorul sinus.

Cum funcționează un astfel de aparat?

Corpul 1 este prevăzut cu o creștătură în partea superioară. În această creștătură se află rigla 2 care se poate roti între 0° și 45° și poate culisa.

De asemenea, această riglă se poate fixa cu ajutorul piuliței 3 și a piuliței fluture 4.

Pentru măsurarea unghiurilor mici ale pieselor, echerul alunecător 5 se fixează pe latura din stânga a corpului cu ajutorul șurubului 6.

Evaluarea unghiului măsurat se face după fixarea riglei în poziția necesară și apoi prin introducerea blocului de cale corespunzător 7 între reazimul fix 8 al corpului 1 și reazemul mobil 9 solidar cu suportul riglei 2.

În fig. 10.15 sînt prezentate diferite posibilități de măsurare ale aparatului și valorile respective ale unghiurilor de măsurat.

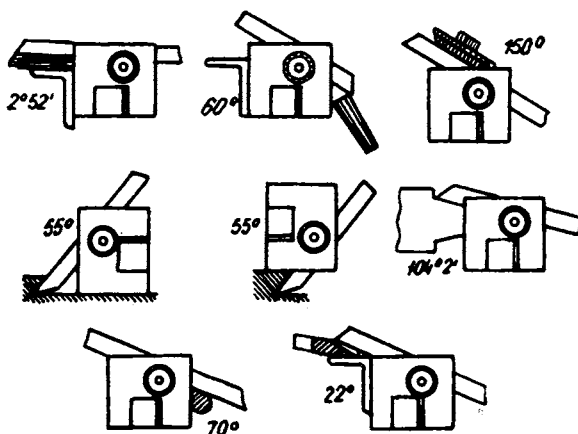


Fig. 10.15. Măsurări cu raportorul sinus.

10.3.3. Riglele de tangentă. Se aseamănă cu riglele de sinus din punct de vedere constructiv și al funcționării.

Se utilizează pentru unghiuri mai mici de 45° , precizia de măsurare fiind cuprinsă între $6''$ și $10''$.

CAPITOLUL 11

MASURAREA RUGOZITATII

O piesă care intră în compunerea unui produs finit ca mașină, aparat, instalație etc., este în general un corp geometric realizat dintr-un material cu anumite proprietăți fizico-chimice și mecanice. Forma piesei depinde de felul suprafețelor care o compun: plane, cilindrice, conice, sferice etc., de dimensiunile și poziția reciprocă a acestor suprafețe și de gradul de netezime (rugozitate) al acestora.

În procesul de prelucrare, din cauza unui număr de factori obiectivi și subiectivi cum ar fi: imperfecțiunea sculelor, mașinilor-unelte și mijloacelor de control, imperfecțiunea calității materialului folosit, imperfecțiunea calificării profesionale a executanților etc., piesele și chiar produsele finite se deosebesc unele de altele și respectiv de piesa sau produsul teoretic.

Cu cât piesa respectiv produsul finit se apropie mai mult de modelul teoretic, cu atât precizia prelucrării respectiv precizia asamblării este mai mare.

În dependență de condițiile funcționale cerute piesei sau produsului finit, preciziile prelucrării piesei și asamblării produsului pot fi mai mari sau mai mici.

În vederea analizării preciziei de prelucrare respectiv de asamblare a pieselor și produselor finite, s-au conceput următoarele grupe de măsurări:

- măsurarea formei geometrice a suprafețelor ;
- măsurarea poziției reciproce a suprafețelor ;
- măsurarea rugozității suprafețelor .

Măsurarea formei geometrice a suprafețelor s-a prezentat în capitolele anterioare și a constat în măsurarea următoarelor abateri de formă:

- măsurarea abaterii de la rectilinitate AFr (capitolul 3) ;
- măsurarea abaterii de la planitate AFp (capitolul 4) ;
- măsurarea abaterii de la forma dată a profilului AFf (capitolul 5) ;
- măsurarea abaterii de la circularitate AFc (capitolul 6) ;
- măsurarea abaterii de la cilindricitate AFL (capitolul 6) .

Măsurarea poziției reciproce a suprafețelor s-a prezentat de asemenea în capitolul 7 și a constat din:

- măsurarea abaterii de la paralelism APl ;
- măsurarea abaterii de la perpendicularitate APd ;
- măsurarea abaterii de la înclinare APî ;
- măsurarea abaterii de la coaxialitate APc ;
- măsurarea bătăii radiale ABr ;
- măsurarea bătăii frontale ABf ;
- măsurarea abaterii de la simetrie APs .

Determinarea poziției reciproce a suprafețelor se urmărește în mod deosebit la asamblarea pieselor, în scopul realizării produsului finit: mașină, utilaj, aparat de măsură etc.

O a treia măsurare importantă efectuată în scopul determinării preciziei prelucrării și preciziei asamblării pieselor sau cum se obișnuiește să se mai spună - determinarea calității suprafeței - este măsurarea rugozității suprafețelor .

Pentru a prezenta metodele și mijloacele de măsurare a rugozității este necesar mai întâi să se precizeze noțiunile referitoare la această caracteristică importantă a suprafețelor prelucrate.

11.1. RUGOZITATEA SUPRAFETELOR

Rugozitatea suprafețelor reprezintă ansamblul neregularităților ce formează relieful suprafețelor reale și al căror pas este relativ mic în raport cu adâncimea lor. Aceste neregularități apar la prelucrarea pieselor și sînt determinate de mișcarea oscilatorie a vîrfului sculei, de frecarea dintre tășul sculei și suprafața piesei, vibrațiilor de înaltă frecvență ale sculei sau mașinii-unelte etc.

Neregularitățile se prezintă sub forma de: striiați, rizuri, smulgeri de particule de material, urme de sculă, goluri, pori etc.

Forma și dimensiunile neregularităților depind de procedeul de prelucrare aplicat, de geometria sculei așchietoare, de regimurile de așchiere, de modul de formare al așchiei, de caracteristicile materialului prelucrat și de alți factori.

Aceste neregularități de pe suprafața pieselor prezintă o serie de neajunsuri; micșorează suprafața efectivă de contact; uzura lor înrăutățește condițiile de frecare și de funcționare a pieselor; scade rezistența la eforturi alternative a materialului piesei; scade etanșeitatea dinamică sau statică; toctrea asperităților modifică substanțial dimensiunile efective ale pieselor.

Are însă și avantaje; dacă neregularitățile ar lipsi, menținerea peliculei de ulei pe suprafețele de contact la o ungere normală ar fi aproape imposibilă.

Din aceste motive, suprafețele de contact, mai ales în mișcare sau în cazurile unor asamblări de precizie ridicată, trebuie să aibă o anumită rugozitate care se stabilește corespunzător condițiilor de funcționare: viteza de mișcare, mărimea suprafeței de contact, mărimea și caracterul solicitărilor, precizia dimensională și precizia formei geometrice etc.

Pentru aprecierea prin măsurări a rugozității suprafețelor prelucrate trebuie să se cunoască parametrii care o determină.

11.2. PARAMETRII CARACTERISTICI AI RUGOZITĂȚII

Pentru definirea parametrilor caracteristici ai rugozității, se folosește sistemul liniei medii (sistemul M), în care, ca linie de referință, este aleasă linia medie m a profilului (fig. 11.1).

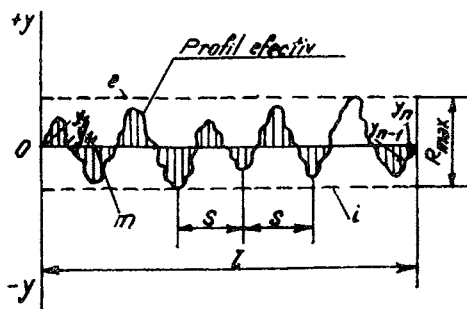


Fig. 11.1. Profilul efectiv al unei suprafețe cu neregularități.

Dintre parametrii caracteristici rugozității în sistemul M se definesc cei mai importanți (vezi fig. 11.1).

11.2.1. Lungimea de bază l este lungimea liniei de referință aleasă convențional pentru a defini rugozitatea (fig. 11.1, cota l).

11.2.2. Lungimea de măsurare L este lungimea liniei de referință aleasă pentru măsurarea parametrilor de profil. Aceasta cuprinde una sau mai multe lungimi de bază l (lungimea L nu apare în fig. 11.1).

11.2.3. Linia medie a profilului m este linia de referință care are forma profilului nominal și care în limitele lungimii de bază împarte profilul efectiv astfel încât suma pătratelor ordonatelor (y_1, y_2, \dots, y_n) profilului în raport cu această linie să fie minimă (fig. 11.1 - linia m).

11.2.4. Linia exterioară a profilului e este linia paralelă cu linia medie m, care în limitele lungimii de bază trece prin punctul cel mai de sus al profilului efectiv (fig. 11.1, linia e).

11.2.5. Linia interioară a profilului i este linia paralelă cu linia medie m, care în limitele lungimii de bază trece prin punctul cel mai de jos al profilului efectiv (fig. 11.1, linia i).

11.2.6. Pasul neregularităților s este distanța dintre punctele cele mai de jos a două proeminente consecutive ale profilului efectiv (fig. 11.1, cota s).

11.2.7. Abaterea medie aritmetică a rugozităților R_a este valoarea medie a ordonatelor ($y_1, y_2 \dots y_n$) punctelor profilului efectiv față de linia medie a profilului considerată ca origine:

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \quad (11.1)$$

11.2.8. Adâncimea medie a rugozității în zece puncte R_z este diferența între media aritmetică a ordonatelor celor de mai sus cinci proeminențe și a celor de mai jos cinci goluri ale profilului efectiv, măsurate în limitele lungimii de bază, de la o dreaptă paralelă cu linia medie și care nu intersectează profilul (fig. 11.2).

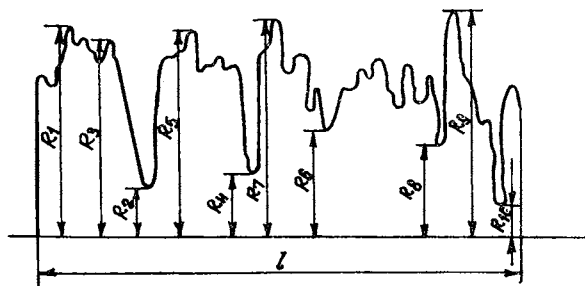


Fig. 11.2. Determinarea adâncimii medii a rugozității R_z .

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5} \quad (11.2)$$

11.2.9. Înălțimea maximă a rugozității R_{max} reprezintă distanța dintre linia exterioară e și linia interioară i a profilului ne-regularităților (fig. 11.1, cota R_{max}).

Parametrii caracteristici ai rugozității au valori numerice standardizate.

Valorile parametrului R_a sînt reprezentate ca simboluri ale claselor de rugozitate.

Conform STAS 5730/2-75, între lungimea l și parametrii R_a și R_z , există o corespondență prezentată în tabelul 11.1.

Tabelul 11.1.

Simbolul clasei de rugozitate	R_a	R_z	l
	μm maximum	μm	mm
N_0	0,012	0,063	0,08
N_1	0,025	0,125	
N_2	0,05	0,25	0,25
N_3	0,10	0,5	
N_4	0,20	1,0	
N_5	0,40	2,0	0,8
N_6	0,80	4,0	
N_7	1,60	8,0	
N_8	3,20	12,5	
N_9	6,3	25	2,5
N_{10}	12,5	50	
N_{11}	25	100	8
N_{12}	50	200	
N_{13}	100	400	

Inscrierea rugozității pe desenele de execuție se face conform STAS 612-75.

Astfel, simbolurile folosite sînt următoarele:

- simbol de bază pentru rugozitate (fig. 11.3 a);
- suprafață obținută prin prelucrare cu îndepărtare de material (fig. 11.3 b);
- suprafață neprelucrată (fig. 11.3 c);
- suprafață cu rugozitate al cărei parametru $R_a = 1,6$ (fig. 11.3 d);
- suprafață prelucrată cu clasă de rugozitate N_7 (fig. 11.3 e);
- suprafață prelucrată al cărei parametru $R_z = 50$ (fig. 11.3 f);
- suprafață prelucrată pentru care valorile limită ale parametrilor sînt: $R_a = 0,80$ și $R_z = 1,25$ (fig. 11.3 g);
- suprafață prelucrată pentru care parametrul $R_a = 6,3$ iar lungimea de bază $l = 5$ nu este prescrisă în STAS 5730/2-75 (fig. 11.3 h);
- suprafață prelucrată cu parametrii $R_a = 0,80$, $l = 3$ și duritate 58... 62 HRC - datele suplimentare privind tehnologia de prelucrare a suprafeței se scriu pe brațul simbolului de bază - (fig. 11.3 i);
- suprafață prelucrată pentru care neregularitățile sînt orientate perpendicular pe planul suprafeței desenate (fig. 11.3 j);
- suprafață prelucrată pentru care adaosul de prelucrare este de 3 mm iar neregularitățile sînt orientate paralel cu planul suprafeței desenate (fig. 11.3 k).

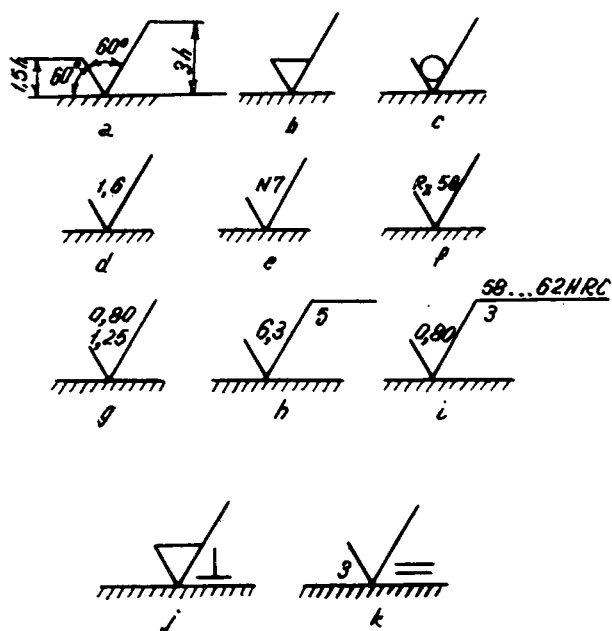


Fig. 11.3. Inscrierea rugozității suprafețelor pe desenele de execuție.

11.3. METODE SI MIJLOACE PENTRU DETERMINAREA RUGOZITATII SUPRAFETELOR

Metodele prin care se determină rugozitatea unei suprafețe prelucrate constau din:

- determinarea comparativă a rugozității;
- determinarea absolută a rugozității;
- determinarea globală a rugozității.

11.3.1. Determinarea comparativă a rugozității. Prin această metodă, suprafața prelucrată se compară cu suprafețe etalon, materializate prin:

Mostrele de rugozitate (fig. 11.4). Sînt plăcuțe dreptunghiulare cu suprafața de măsurare plană (fig. 11.4 a), cilindrică-concavă (fig. 11.4 b) sau cilindrică convexă (fig. 11.4 c).

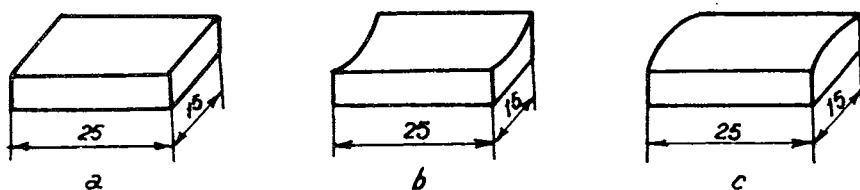


Fig. 11.4. Mostrele de rugozitate.

Suprafața de măsurare a unei mostre este caracterizată prin rugozitatea sa și orientarea neregularităților.

Astfel, suprafața mostrei reproduce o suprafață reală cu valoare bine cunoscută a abaterii medii aritmetice a rugozității R_a .

Neregularitățile vor fi orientate în sensul dimensiunii mai mici (lățimii) a mostrei de rugozitate. Suprafața de măsurare trebuie să aibă un aspect uniform, de aceeași culoare și luciu, fără fisuri, știrbituri, porozități, urme de coroziune.

Mostrele de rugozitate se livrează în seturi, pe serii de rugozitate pentru diferite procedee de prelucrare (strunjire, frezare, alezare etc.) și diferite forme ale suprafețelor a căror rugozitate se determină.

Compararea rugozității suprafețelor pieselor prelucrate cu rugozitatea mostrelor se face:

- cu ochiul liber, pentru $R_a \geq 3,2 \mu\text{m}$;
- cu lupa (grosimentul 2,5x) pentru suprafețe cu $R_a \geq 1,6 \mu\text{m}$;

- cu microscopul de atelier pentru suprafețe cu $R_a = 12,5, \dots 0,4 \mu m$ (piesele trebuie să fie mici, pentru a fi așezate pe masa aparatului).

11.3.2. Determinarea absolută a rugozității. Se face cu aparate optice sau cu aparate bazate pe principiul palpării.

Microscopul cu secțiune luminoasă. Funcționarea constă din următoarele: un fascicul îngust de raze secționează suprafața cu asperități sub un anumit unghi și banda de lumină reflectată ia forma unei linii frânte care poate fi văzută printr-un microscop (fig. 11.5).

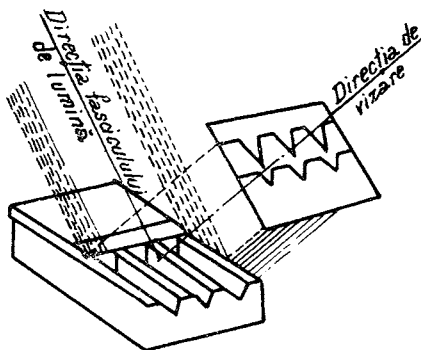


Fig. 11.5. Principiul secțiunii luminoase.

În fig. 11.6 este prevăzută schema de principiu a microscopului. Razele de lumină de la sursa de lumină 1 trec printr-un filtru, apoi prin fanta 2 și prin obiectivul schimbabil 3 ajung la suprafața piesei 6. Fasciculul de raze reflectându-se, ia imaginea microprofilului suprafeței și după ce trece prin obiectivul schimbabil 4 se proiectează pe lentila-ocular 5.

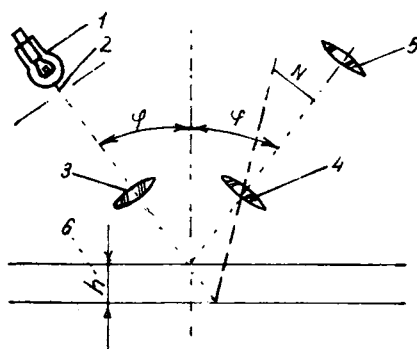


Fig. 11.6. Schema de principiu a microscopului cu secțiune luminoasă.

Consecutiv, se vizează fundul și vârful neregularităților și dacă N este diferența celor două citiri corespunzătoare iar β grosimea obiectivului 4, atunci valoarea înălțimii profilului rugozității pentru unghiul $\varphi = 45^\circ$ rezultă din relația:

$$h = \frac{N}{\beta \sqrt{2}} \quad (11.3)$$

Profilometrul (fig. 11.7). Cu ajutorul acestui aparat, valoarea rugozității se citește direct pe scara gradată a aparatului.

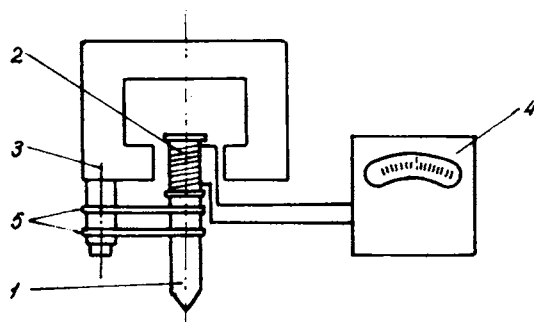


Fig. 11.7. Schema profilometrului.

Suprafața piesei este palpată de traductorul inductiv compus din acul de diamant 1 și bobina de inducție 2. Ansamblul compus din acul de diamant 1 și bobina de inducție 2 se fixează de corpul aparatului prin arcurile 5. Vîrfurile acului de diamant are o rază de aproximativ $10\text{ }\mu\text{m}$. Prin deplasarea pe suprafața piesei, acul execută, datorită microneregularităților, mișcări de translație verticală; bobina 2 execută aceleași mișcări între polii magnetului permanent 3. Curenții slabi care iau naștere în bobină sînt amplificați și apoi măsurați cu galvanometrul 4 care se poate etalona în valori ale parametrului R_a . Aparatul se poate deplasa în timpul măsurării, manual sau mecanic.

Profilograful. Cu ajutorul acestui aparat, care după principiul constructiv poate fi optic sau electronic, se pot determina și înregistra mai mulți parametri ai rugozității: R_a , R_z , R_{max} . Valorile măsurate de exemplu pentru R_a sînt cuprinse între 0,02 și $3,2\text{ }\mu\text{m}$.

11.3.3. Determinarea globală a rugozității. Prin această metodă, rugozitatea se apreciază indirect pentru o porțiune de suprafață și pentru un anumit parametru.

Ca aparate utilizate în acest scop, se folosesc aparate pneumatice și reflectometrice.

Aparatele pneumatice (fig. 11.8). La aceste aparate, rugozitatea se apreciază după debitul de aer scurs prin interstițiul i, dintre capul de măsurare și suprafața piesei controlate.

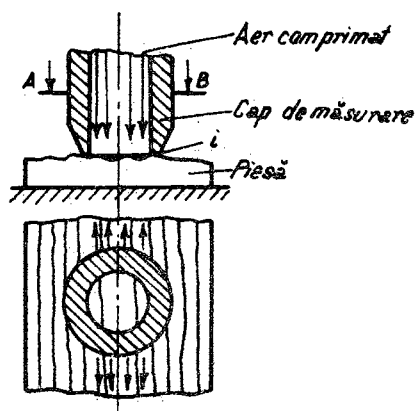


Fig. 11.8. Măsurarea rugozității prin metoda pneumatică.

La microneregularități mari, debitul de aer scurs va fi mai mare și ca urmare, presiunea din camera traductorului pneumatic scade. Variația presiunii oferă indicații referitoare la aspectul global al rugozității.

Aparatele reflectometrice (fig. 11.9). Aceste aparate se bazează pe măsurarea fluxului de lumină reflectat de suprafața piesei verificate în comparație cu fluxul reflectat de suprafața unei mostre de rugozitate.

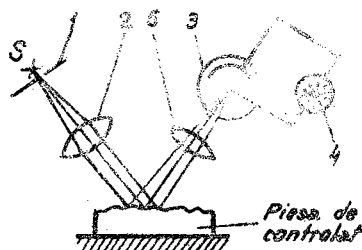


Fig. 11.9. Aparatul reflectometric (schemă de principiu).

Lumina de la sursa S trece prin fanta 1 apoi prin lentila - condensator 2 și după ce se reflectă pe suprafața piesei de controlat, trece prin obiectivul 5 și cade pe celula fotoelectrică 3. Intensitatea curentului indicată de galvanometrul 4 (gradat în microni) depinde de cantitatea de lumină care este primită de celula fotoelectrică.

CAPITOLUL 12

MASURAREA VOLUMELOR

Volumul este un domeniu mărginit de suprafețe.

Cînd volumul este ocupat de lichid se numește capacitate.

Relația dintre unitatea de capacitate și volum este :

$$1 \text{ l} = 1,000028 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (12.1)$$

Unitățile de volum și capacitate folosite în țara noastră sînt prezentate în tabelul 12.1.

Tabelul 12.1

Denumirea	Valoarea	Simbolul
centimetrul cub	$0,000001 \text{ m}^3$	cm^3
decimetrul cub	$0,001 \text{ m}^3$	dm^3
metrul cub	1 m^3	m^3
litru	$1,000028 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$	ℓ

Tot ca unități de volum și capacitate se mai întîlnesc unitățile engleze și americane, prezentate în tabelul 12.2.

Tabelul 12.2

Denumirea	Valoarea echivalentă
gallon (SUA)	3,785 dm ³
gallon (Anglia)	4,546 dm ³
barrel (SUA) pentru petrol	158,987 dm ³

Măsurarea volumelor se face în scopul determinării cantităţii de lichide sau gaze cuprinsă în volumele respective.

12.1. METODE PENTRU DETERMINAREA VOLUMELOR

Determinarea volumelor se efectuează prin trei metode:

- metoda gravimetrică;
- metoda volumetrică;
- metoda geometrică.

12.1.1. Metoda gravimetrică constă în determinarea volumului prin măsurarea masei lichidului conţinut în volumul V şi apoi calcularea volumului V cu relaţia:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (12.2)$$

în care:

V este volumul de determinat;

m - masa lichidului conţinut în volumul V;

ρ - densitatea lichidului.

12.1.2. Metoda volumetrică constă în determinarea volumului direct prin măsurare cu ajutorul unui mijloc de măsurare etalon.

Operația de măsurare constă în transvazarea lichidului din volumul de determinat în mijlocul de măsurare etalon sau invers.

12.1.3. Metoda geometrică constă în stabilirea prealabilă a dimensiunilor și apoi aplicarea formulelor de calcul ale volumului corpurilor geometrice corespunzătoare. Metoda este folosită de exemplu la determinarea volumului rezervoarelor de combustibil.

12.2. MASURI PENTRU DETERMINAREA VOLUMELOR

În continuare, vor fi prezentate principalele mijloace pentru măsurarea volumului.

Majoritatea mijloacelor pentru măsurarea volumului se bazează pe metoda volumetrică.

12.2.1. Cilindrii gradați din sticlă (Fig.12.1). Se construiesc pentru volume de 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1 000 ml. Se folosesc pentru măsurarea volumului nominal și al subdiviziunilor.

12.2.2. Pipetele (Fig.12.2). Se folosesc la măsurarea rapidă a cantităților mici de lichid. Volumul pipetelor este de 1, 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 ml.

12.2.3. Rezervoarele metalice. Se folosesc pentru depozitarea anumitor lichide. Volumul acestora se determină prin metoda geometrică.

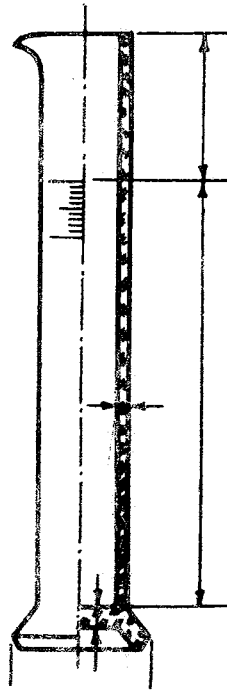


Fig. 12, 1. Cilindru gradat din sticlă.

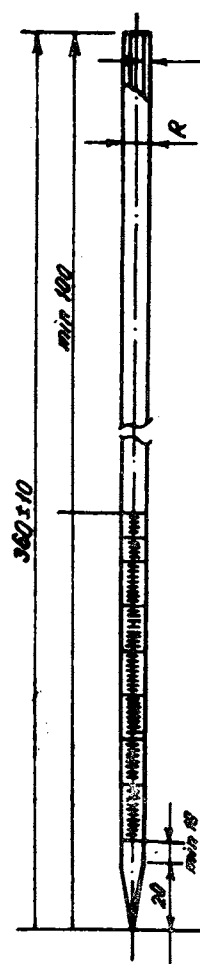


Fig. 12. 2. Pipetă cu scară gradată.

CAPITOLUL 13

MASURAREA MASEI

Fundamentarea științifică a noțiunii de masă a fost formulată de Isaac Newton (1642 - 1727) atunci când a emis al doilea principiu al mecanicii

$$F = m a \quad (13.1)$$

în care:

F este forța care acționează asupra unui corp;

a - accelerația imprimată corpului;

m - masa corpului.

Masa corpului m este o mărime constantă care reprezintă cantitatea de materie dintr-un corp.

Trebuie arătat însă că masa este constantă la viteze mici ale corpului. Când viteza crește, masa corpului crește și această creștere de masă se face simțită atunci când viteza corpului devine comparabilă cu viteza luminii, conform relației

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad (13.2)$$

în care:

m_0 este masa corpului în repaus;

v - viteza corpului;

c - viteza de propagare a luminii ($c \simeq 3 \cdot 10^5$ km/s).

O altă definiție acceptată a noțiunii de masă este următoarea:

Masa reprezintă o mărime fizică scalară ce măsoară proprietatea materiei de a fi inertă și de a produce câmp gravitațional.

Această definiție este însă valabilă numai dacă viteza corpului rămîne mică față de valoarea luminii în vid.

13.1. UNITATI DE MASURA PENTRU MASA

Unitatea fundamentală în Sistemul Internațional SI pentru masă este kilogramul cu simbolul kg.

Masa de 1 kilogram este materializată prin prototipul internațional din platină iridiată, păstrat la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți din Sèvres - Franța. Acesta a fost aprobat de Conferința Generală de Măsuri și Greutăți în 1889.

Pentru țara noastră, prototipul național este Kilogramul nr.2. Acesta este din platină iridiată (90% platină și 10% iridiu), de formă cilindrică, cu diametrul egal cu înălțimea (aprox. 39 mm) și muchiile rotunjite. A fost atribuit țării noastre prin tragere la sorți, la Conferința Generală de Măsuri și Greutăți din 1889. Se află în păstrarea Institutului Național de Metrologie și acesta păstrează în timp unitatea de masă în țara noastră.

Multiplii și submultiplii kilogramului sînt prezentați în tabelul 13.1.

Tabelul 13.1

Denumirea	Valoarea	Simbolul
tonă	1 000 kg	t
quintal	100 kg	q
decakilogram	10 kg	dakg
kilogram	1 kg	kg
hectogram	0,1 kg	hg
decagram	0,01 kg	dag
gram	0,001 kg	g
decigram	0,0001 kg	dg
centigram	0,00001 kg	cg
miligram	0,000001 kg	mg

În țara noastră se mai folosesc unități de masă engleze și americane.

În tabelul 13.2 sînt indicate aceste unități de masă și echivalentul lor în SI.

Tabelul 13.2

Denumirea	Simbol	Valoarea echivalentă	Valoarea în S. I.
pound (livra)	lb	16 oz	453,592 g
ounce (uncia)	oz	1/16 lb	28,350 g
drachm	dr	1/16 oz	1,772 g

Pentru masa pietrelor prețioase „ se folosește unitatea de măsură cu denumirea carat (ct). Caratul este egal cu 0,200 g.

13.2. MASURI PENTRU DETERMINAREA MASEI

Pentru a stabili masa unui corp este necesară compararea acestuia cu unitatea de masă.

Compararea se face prin cîntărire cu dispozitive denumite aparate de cîntărit.

13.2.1. Unități de masă. Sînt materializate sub forma de greutăți etalon și greutăți de lucru. Denumirea "greutăți" este improprie dar este utilizată în vorbirea curentă chiar și în standarde și instrucțiuni tehnice.

13.2.2. Greutăți etalon. Sînt greutăți destinate păstrării și transmiterii unității de masă. Acestea se grupează în următorul mod.

- greutate etalon național; materializează unitatea de măsură kilogram și reprezintă prototipul național;

- greutăți etalon principal; reprezintă serii de greutăți din materiale omogene și nealterabile.

Exemplu de serii de greutăți:

seria în kg: 20; 10; 5; 2 și 1 kg sau

seria în g: 500; 200; 100; 50; 20; 10; 5; 2 și 1 g.

13.2.3. Greutăți etalon de verificare reprezintă greutăți cu forme și din materiale diferite. Se folosesc pentru verificarea greutăților de lucru și a aparatelor de cîntărit. Materialele din care se

confecționează greutățile etalon de verificare sînt: oțel inoxidabil, al-paca, aliaje de aluminiu.

În Fig. 13.1 este prezentată forma greutăților care compun seria în kg: 20; 10; 5; 2 și 1 kg.



Fig. 13.1. Forma greutăților din seria : 20; 10; 5; 2 și 1 kg.

13.2.4. Greutăți de lucru sînt greutăți folosite în mod frecvent la cîntăriri în laboratoare, comerț, industrie etc.

Au forme și construcții diferite în funcție de destinație și precizie.

Se deosebesc:

- greutăți analitice;
- greutăți tehnice.

Greutățile de lucru se verifică în fiecare an prin compara-re cu greutățile etalon, conform Instrucțiunilor metrologice în vigoa-re.

13.3. APARATE DE CINTARIT

Ca principiu de funcționare, toate aparatele de cîntărit se bazează pe același fenomen: compararea a două mase dintre care una este cunoscută.

Principalele tipuri de aparate de cîntărit sînt:

- balanțe;
- bascule;
- aparate de cîntărit semiautomate;
- aparate de cîntărit automate.

13.3.1. Balanțe

Balanțe etalon. Se folosesc la transmiterea unității de masă și la verificarea greutăților de lucru.

Condițiile de exploatare sînt foarte pretențioase; cele mai mici modificări ale mediului pot introduce erori importante.

Balanțe analitice. Sînt balanțe simple cu precizie ridicată. Se folosesc în laboratoare, în activitatea didactică și în cercetare. Gama de măsură este cuprinsă între 2 și 200 grame.

Balanțe tehnice (Fig. 13.2). Se folosesc la cîntăriri de precizie mai redusă executate în depozite, ateliere etc.

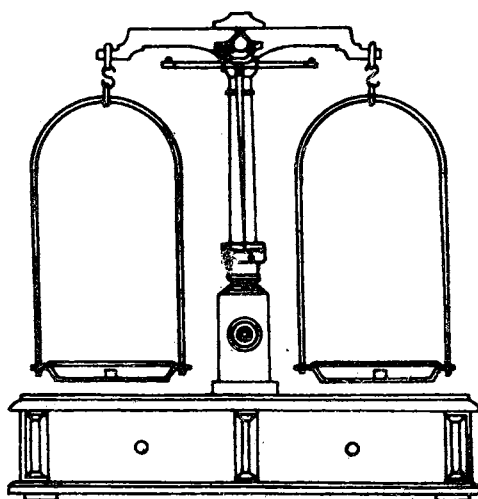


Fig. 13.2. Balanța tehnică.

Balanțe compuse au talerele plasate deasupra pîrghiilor și sprijinite pe 3 cușite.

Sarcini maxime care pot fi cîntărite cu balanțele compuse sînt de 2, 5, 10 și 20 kg.

Sînt de mai multe tipuri:

- balanțele de tip A (Béranger);
- balanțele de tip B (Phanzenber);
- balanțele de tip C (Roberval).

În Fig. 13.3 este prezentată o balanță de tip A (Béranger).

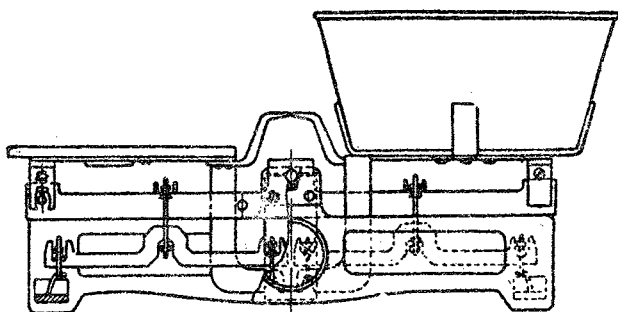


Fig. 13.3. Balanță compusă tip A (Béranger).

Balanțe romane. Sînt instrumente de cîntărit care au o singură pîrghie cu brațe neegale.

Capul de cîntărit se suspendă la brațul scurt iar pe cel lung, se deplasează - pentru stabilirea poziției de echilibru - o piesă de masă constantă, denumită cursor sau romană.

13.3.2. Bascul

Basculă zecimală (decimale) (Fig. 13.4). Funcționarea se bazează pe principiul pîrghiilor cu brațe neegale cu raportul 1/10. Se construiesc pentru sarcini maxime de 50 kg; 100 kg; 200 kg și 500 kg.

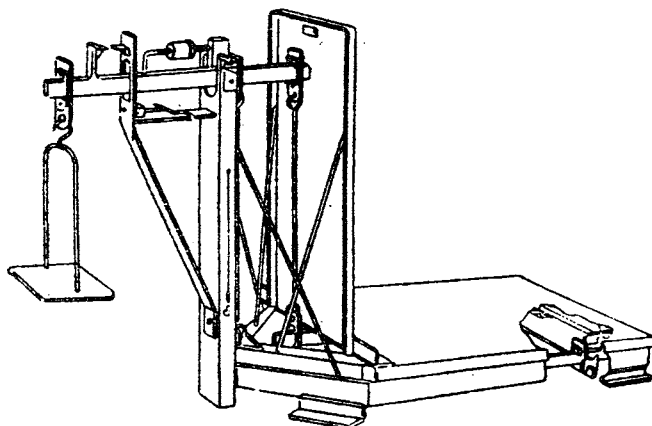


Fig. 13.4. Bască zecimală.

Basculă romane (Fig. 13.5). Se folosesc pentru cîntăriri de sarcini peste 100 kg fără a folosi greutate de lucru. La fel ca basculele zecimale, funcționarea se bazează pe principiul pîrghiilor cu brațe neegale.

Echilibrarea masei corpului supus cîntăririi se face prin deplasarea unor greutate constante, denumite cursoare sau romane, de-a lungul unor brațe cu scări gradate în unități de masă.

Sarcinile maxime pentru care se execută sînt: 100, 200, 500, 1 000 și 2 000 kg.

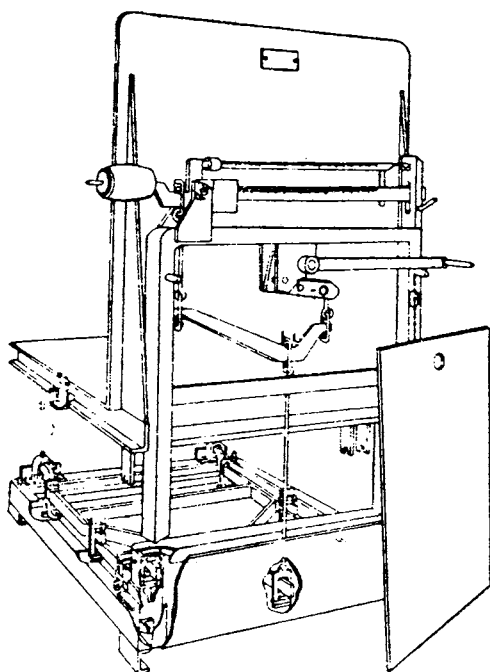


Fig. 13.5. Bască română.

Băscala română pentru persoane (Fig. 13.6) are sarcina maximă 150 kg și cea minimă 7,5 kg.

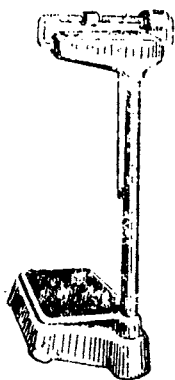


Fig. 13.6. Băscă română pentru persoane.

13.4. APARATE DE CINTARIT SEMIAUTOMATE

13.4.1. Balanțe semiautomate cu cadran (Fig.13.7) sînt aparate la care greutatea corpului de cîntărit produce rotirea cu un anumit unghi a unui ac indicator în fața unui cadran cu scara gradată în unități de măsură.

Se folosesc în comerț, precum și în depozite. Sarcinile maxime sînt: 100 g; 200 g; 500; 1 kg; 2 kg.

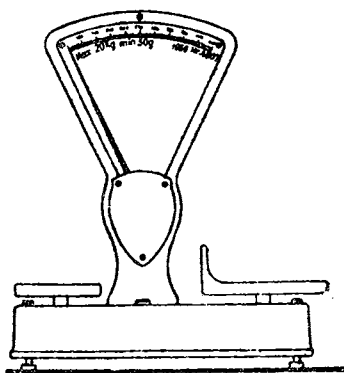


Fig. 13.7. Balanță semiautomată cu cadran.

13.4.2. Bascule semiautomate. Au ca parte constructivă caracteristică un cap automat în locul dispozitivului de cîntărit. În rest, construcția este la fel ca a basculelor romane.

13.5. APARATE DE CINTARIT AUTOMATE

13.5.1. Balanțe automate sînt aparate realizate în diferite variante.

Descărcarea balanței automate se poate face după felul cupei cu care este înzestrată balanța.

Există balanțe cu cupă basculantă, balanță cu fundul cupei rabatabil sau balanță cu cupă rotativă.

Clasificate după produsul cântărit, balanțele automate pot fi: pentru produse pulverulente și pentru produse în bucăți.

Balanțele automate sînt prevăzute cu dispozitive de măsurare.

13.5.2. Basculle automate sînt folosite în industrie pentru cîntărire continuă a materialelor transportate pe bandă.

Sînt cunoscute următoarele tipuri:

- bascule automate pentru transportor;
- bascule automate dozatoare.

Bascullele automate pentru transportor cîntăresc sarcinile de pe porțiunea de bandă care apasă pe cadrul basculei. Aceste bascule sînt prevăzute cu cap automat de cîntărire, cu dispozitiv de însumare și înregistrare precum și cu dispozitiv de transmitere a indicațiilor la distanță.

Bascullele automate dozatoare asigură o cantitate constantă de material prin cîntărire și apoi deversarea pe bandă transportoare.

Ansamblul compus din dispozitivul de cîntărire (balanță sau basculă), capul de cîntărire, dispozitivul de transmitere la distanță și banda transportoare constituie o instalație de cîntărit automată.

CAPITOLUL 14

MASURAREA TEMPERATURII

Temperatura este mărimea care caracterizează starea de încălzire a unui corp. Valoarea acestei mărimi fizice se determină prin comparare cu o altă stare de încălzire luată ca reper.

14.1. MARIMI SI UNITATI DE MASURA, SCARI DE TEMPERATURA

În aplicațiile tehnice precum și în alte domenii este necesară cunoașterea temperaturii corpurilor care se face prin măsurare.

Măsurarea temperaturii se bazează pe diferite efecte provocate de temperatură cum ar fi:

- variația volumului;
- variația presiunii;
- variația rezistenței electrice;
- variația tensiunii electromotoare la joncțiunea a două metale;
- variația radiațiilor emise cu temperatura;
- variația frecvenței de rezonanță a unui cristal;
- etc.

În mod evident, temperaturile respectiv stările de încălzire ale unui corp pot determina un interval de temperatură. Extremele intervalului de temperatură pot constitui puncte de referință iar dacă intervalul de temperatură se divide, atunci se obține o scară de temperatură.

Scările de temperatură utilizate sînt următoarele:

14.1.1. Scara Celsius este o scară convențională de temperatură care se bazează pe intervalul de temperatură la care extremitatea inferioară este punctul de topire al gheții și reprezintă temperatura zero (originea scării) iar punctul de fierbere al apei la presiunea normală este extremitatea superioară și reprezintă temperatura 100.

Se notează în relații cu t .

- Grad Celsius (se notează cu $^{\circ}\text{C}$) este unitatea de măsură pentru temperatură în scara Celsius, egală cu a 100^{a} parte din intervalul acestei scări.

Este o unitate de măsură acceptată în Sistemul Internațional SI. Din acest motiv, această unitate de măsură este folosită și la noi în țară.

14.1.2. Scara Reaumur este o scară convențională de temperatură care se bazează pe intervalul de temperatură dintre punctul de topire al gheții și punctul de fierbere al apei, interval împărțit în 80 de părți.

Grad Reaumur (se notează cu $^{\circ}\text{R}$) este unitatea de măsură pentru temperatură în scara Reaumur, egală cu a 80-a parte din intervalul acestei scări. Nu se folosește în țara noastră ($1^{\circ}\text{C} = 0,8^{\circ}\text{R}$).

14.1.3. Scara Fahrenheit este o scară convențională de temperatură avînd la bază intervalul de temperatură dintre punctul de topire al gheții cărui a s-a atribuit valoarea 32 și punctul de fierbere al apei cărui a s-a atribuit valoarea 212. Prin urmare, scara are o întindere de 212 părți, dintre care 180 de părți corespund intervalului de temperatură considerat.

- Grad Fahrenheit (se notează cu $^{\circ}\text{F}$) este unitatea de măsură pentru temperatură în scara Fahrenheit egală cu a 212-a parte din această scară respectiv cu a 180-a parte din intervalul de temperatură care stă la baza acestei scări.

Nu se folosește în țara noastră dar pentru a transforma o temperatură din grade Celsius în grade Fahrenheit ($1^{\circ}\text{C} = 1,8^{\circ}\text{F}$) se procedează în următorul mod (exemplu):

- temperatura egală cu 10°C se transformă în $^{\circ}\text{F}$ astfel, $10^{\circ}\text{C} = 10 \cdot 1,8 = 18^{\circ}\text{F}$; pentru exprimarea în $^{\circ}\text{F}$ a temperaturii calculate se adaugă 32°F , deci temperatura de 10°C corespunde temperaturii de 50°F .

14.1.4. Scara termodinamică absolută (scara Kelvin) este scara al cărei punct zero este zero absolut (zero absolut este egal cu $-273,15^{\circ}\text{C}$). Când temperatura se exprimă după scara Kelvin, atunci se notează cu T.

- Grad Kelvin (se notează $^{\circ}\text{K}$) este unitatea de temperatură în scara termodinamică absolută; este unitate fundamentală de temperatură în SI.

Între temperatura T - exprimată în grade Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) - și temperatura t - exprimată în grade Celsius ($^{\circ}\text{C}$) - există relația următoare:

$$T\ ^{\circ}\text{K} = t\ ^{\circ}\text{C} + 273,15 \quad (14.1)$$

14.1.5. Scara internațională practică este scara de temperatură aprobată la Conferința Generală de Măsurii și Greutăți din 1948 și care se bazează pe șase puncte fixe de definiție care au valorile numerice exprimate în grade Celsius ($^{\circ}\text{C}$) și prezentate în tabelul 14.1.

Tabelul 14.1

Denumirea punctelor fixe de definiție	Valoarea temperaturii °C
Punctul de fierbere al oxigenului	-182,97
Punctul triplu al apei (temperatura de echilibru între gheață, apă lichidă și vapori de apă)	0,01
Punctul de fierbere al apei	100
Punctul de fierbere al sulfului	444,6
Punctul de solidificare al argintului	930,8
Punctul de solidificare al aurului	1068

În natură, intervalul de temperatură se întinde de la aproximativ zero grade Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), în spațiul interplanetar, până la miliarde de $^{\circ}\text{K}$ (procesele de fuziune nucleară din interiorul unor stele).

Pe pământ, intervalul de temperatură se poate considera între 0 și 20 000 $^{\circ}\text{K}$ sau în aplicațiile științifice și industriale între 0 și 5 000 $^{\circ}\text{K}$.

Această gamă este foarte largă, motiv pentru care nici un efect provocat de temperatură nu permite ca prin măsurări să se acopere gama întreagă.

Din această cauză, în aplicațiile tehnice, industriale, științifice, mijloacele de măsurare a temperaturii nu vor avea la bază în ceea ce privește principiul de funcționare, numai un singur efect provocat de temperatură. Se construiesc mijloace de măsurare a temperaturii sau termometre bazată pe diferite efecte determinate de temperatură menționate deja la începutul capitolului.

14.2. MIJLOACE DE MASURARE A TEMPERATURII

Temperatura aparține acelor mărimi fizice care nu pot fi măsurate în mod direct.

Din această cauză, pentru a măsura temperatura este necesară convertirea acesteia într-o altă mărime fizică măsurabilă.

Dispozitivul care realizează trecerea de la temperatură la o altă mărime fizică se numește traductor.

Principalele mijloace de măsurare a temperaturii în funcție de efectele fizice provocate asupra corpului sînt următoarele:

- mijloace de măsurare bazate pe dilatarea corpurilor (gaze, lichide, solide) în funcție de temperatură;
- mijloace de măsurare bazate pe variația presiunii sau volumului;
- mijloace de măsurare bazate pe variația rezistenței electrice cu temperatura;
- mijloace de măsurare bazate pe efectul termoelectric;
- mijloace de măsurare bazate pe radiația termică;
- mijloace de măsurare bazate pe modificarea frecvenței de rezonanță.

În afara mijloacelor de măsurare enumerate, se amintesc și unele metode mai puțin răspîndite:

- metoda vopselelor termice sau conurilor termice bazată pe variația culorii unor vopsele speciale în funcție de variația temperaturii;
- metoda zgomotelor termice bazată pe variația intensității zgomotelor într-o rezistență electrică în funcție de temperatură.

14.2.1. Mijloace de măsurare bazate pe dilatarea corpurilor

- Termometre din sticlă cu lichid sînt mijloace de măsurare a temperaturii cu o largă răspîndire în industrie, laboratoare etc.

Corpul care se dilată este un lichid închis într-un vas capilar din sticlă sau cuarț.

Aceste mijloace de măsură întrunesc o serie de avantaje:

- precizie ridicată;
- cost scăzut;
- montare și întreținere ușoară;
- citire directă a indicațiilor.

Sînd dezavantajoase pentru că se pot sparge ușor și nu pot fi utilizate pentru telemăsurări.

Termometrele din sticlă asigură măsurarea temperaturii într-un domeniu de temperatură de la -200°C pînă la $+1050^{\circ}\text{C}$.

Sticla folosită la confecționarea termometrelor este de o calitate specială, cu coeficient de dilatare volumică egal cu $2,55 \cdot 10^{-5} \text{ grad}^{-1}$.

Pentru acoperirea limitelor de la -200°C pînă la $+1050^{\circ}\text{C}$, se folosesc diferite lichide de lucru:

- pentan (de la -200°C pînă la $+20^{\circ}\text{C}$);
- alcool etilic (de la -110°C pînă la $+75^{\circ}\text{C}$);
- toluen (de la -80°C pînă la $+100^{\circ}\text{C}$);
- mercur (de la -35°C pînă la $+800^{\circ}\text{C}$);
- aliaj de galiiu (de la 0°C pînă la $+1050^{\circ}\text{C}$).

Termometrele din sticlă cu lichid se împart după forma constructivă în:

- termometre cu capilar masiv (Fig. 14.1 a);
- termometre tubulare (Fig. 14.1.b);
- termometre cu capilar neprotejat (Fig. 14.1 c);

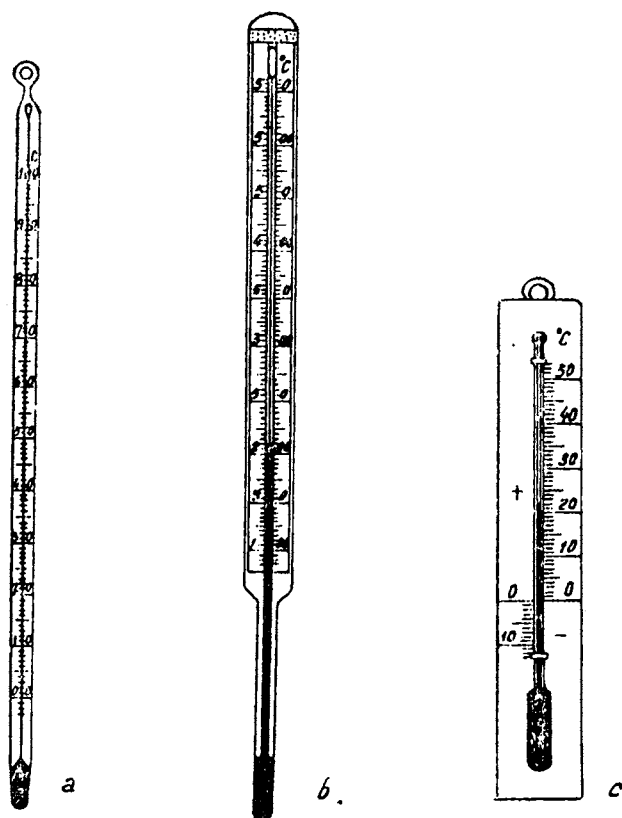


Fig. 14.1. Forme constructive ale termometrelor.

Termometrele din sticlă pentru laborator au valoarea diviziunii scării gradate egală cu $0,5^{\circ}\text{C}$ sau mai mică.

O categorie importantă de mijloace de măsurare bazate pe dilatarea lichidelor este reprezentată de termometrele tehnice (Fig. 14. 2).

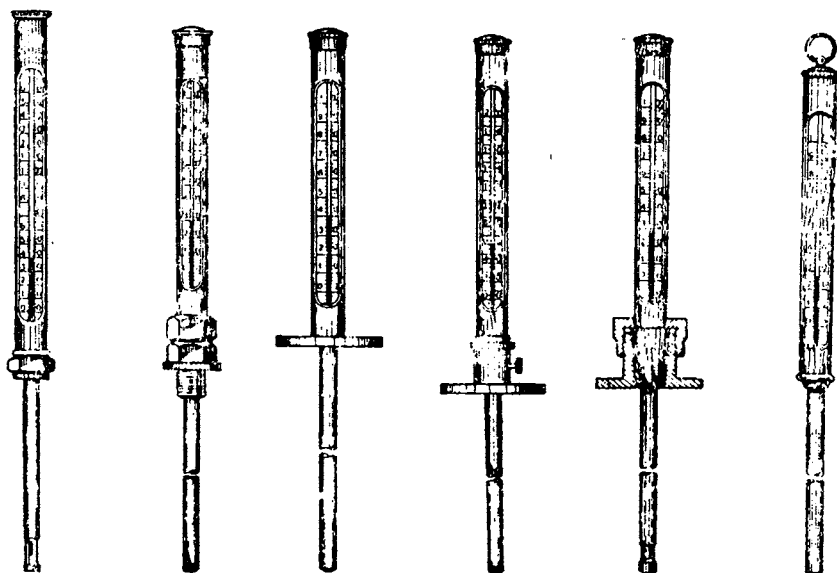


Fig. 14. 2. Diferite tipuri de termometre tehnice.

Sînt mai puțin precise și se folosesc la măsurarea temperaturii în diferite instalații industriale.

Termometrele tehnice sînt de construcții diferite - drepte sau cu cot - și sînt introduse în diferite monturi metalice.

Aceste monturi trebuie confecționate din metale cu conducibilitate termică mare și inerție mică pentru a nu denatura procesul de măsurare.

- Termometrele din sticlă - cu mercur - cu contacte electrice fixe (Fig. 14. 3) au montate fire din platină la un nivel sau mai multe niveluri (repere). Mercurul va închide circuitul electric între

firul montat la nivelul corespunzător și firul montat la baza capilarului.

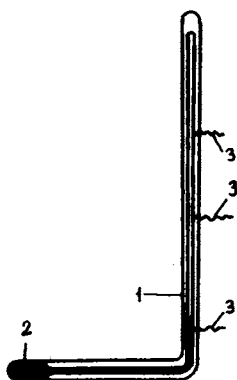


Fig. 14. 3. Termometru din sticlă - cu mercur - cu contacte electrice fixe.

- Termometre din sticlă cu mercur, cu contacte electrice mobile (Fig. 14. 4) au un contact fix la baza capilarului și un contact mobil dintr-un fir de platină care se poate deplasa în interiorul capilarului cu ajutorul unui magnet permanent exterior. Termometrele din sticlă cu mercur cu contacte electrice mobile sau fixe se folosesc în laboratoare pentru reglarea temperaturii sau pentru semnalizarea depășirii unei temperaturi.

Tot din categoria termometrelor din sticlă cu lichid mai fac parte:

- termometre calorimetrice cu precizie ridicată ($\pm 10^{-2}^{\circ}\text{C}$) și domeniu mic de măsurare;

- termometre Beckmann cu domeniu foarte larg ($0 - 200^{\circ}\text{C}$) și cu o precizie de $\pm 0,001^{\circ}\text{C}$;

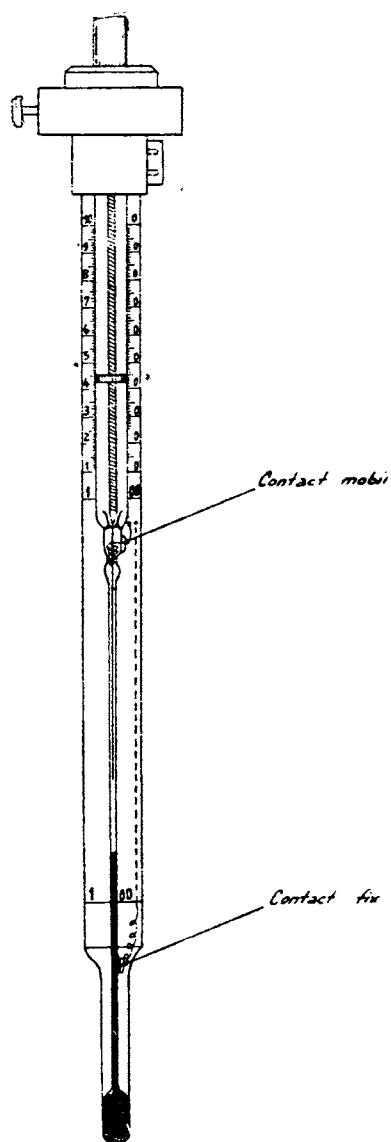


Fig.14.4. Termometru cu mercur cu con-
tacte electrice mobile.

- termometre meteorologice;
- termometre umane;
- termometre de cameră etc.

- Termometre metalice sînt tot mijloace de măsurare a temperaturii bazate pe dilatarea corpurilor dar corpul de dilatare este solid și anume un metal.

Se deosebesc două tipuri de termometre metalice și anume:

- termometre cu tijă metalică;
- termometre cu bimetal.
- Termometrul cu tijă metalică (Fig. 14.5)

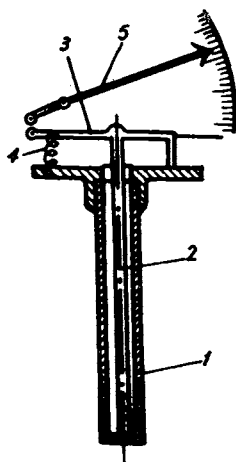


Fig. 14.5. Termometru cu tijă metalică.

Teaca de protecție 1 este confecționată dintr-un metal cu coeficient de dilatare liniară mare (aluminiu, alamă, nichel, crom - nichel etc.) și tija 2, confecționată dintr-un material cu coeficient de dilatare liniară mic (invar, cuarț, porțelan etc.).

Diferența de dilatare dintre teaca 1 și tija 2 este indicată în grade pe scara gradată de acul indicator 5.

În Fig.14.6 sînt reprezentate curbele coeficienților de dilatare termică ai diferitelor materiale.

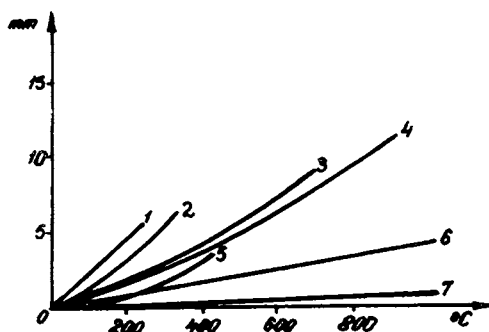


Fig.14.6. Curbele coeficienților de dilatare termică ai diferitelor materiale; 1- aluminiu; 2- alamă; 3- nichel; 4- crom-nichel; 5-invar; 6- porțelan; 7- cuarț.

- Termometrul cu bimetal (Fig.14.7) se compune dintr-un bimetal de formă elicoidală cu un capăt prins rigid de carcasa termometrului iar celălalt capăt este fixat de un ax care se poate roti și pe care este fixat acul indicator din fața scării gradate în $^{\circ}\text{C}$.

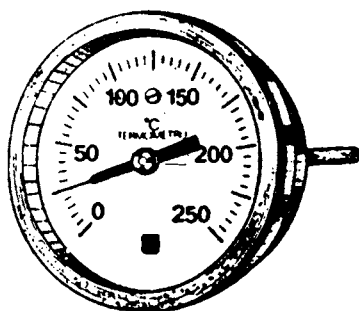


Fig.14.7. Termometru cu bimetal.

Aceste termometre cu bimetal sînt foarte practice motiv pentru care se întîlnesc sub formă de termometre auto, de cameră, de buzunar etc.

14.2.2. Mijloace de măsurare bazate pe variația presiunii sau volumului. Acestei grupe de mijloace de măsurare, aparțin termometrelor manometrice.

Aceste instrumente de măsură sînt răspîndite în aplicațiile practice de măsurare a temperaturii ca urmare a construcției simple și costului scăzut.

Sînt avantajoase și pentru că asigură măsurarea temperaturii într-un interval larg ($- 50^{\circ}\text{C} \div + 600^{\circ}\text{C}$).

După principiul de funcționare, termometrele manometrice se împart în:

- termometre manometrice cu lichid;
- termometre manometrice cu vapori saturați;
- termometre manometrice cu gaz.

- Termometrul manometric cu lichid (Fig. 14.8) se compune din rezervorul 1 care se introduce în locul de măsurare și tubul capilar 2 care face legătură între rezervor și tubul elastic spiral 6. Între teaca de protecție 3 și carcasa 5 există sistemul de legătură 4.

La acest termometru, se umple cu lichid întregul volum compus din rezervor, capilar și tub elastic spiral.

Intervalul de măsurare este în funcție de temperatura de solidificare a lichidului pentru limita inferioară și temperatura de fierbere la presiunea din sistem din timpul măsurării pentru limita superioară.

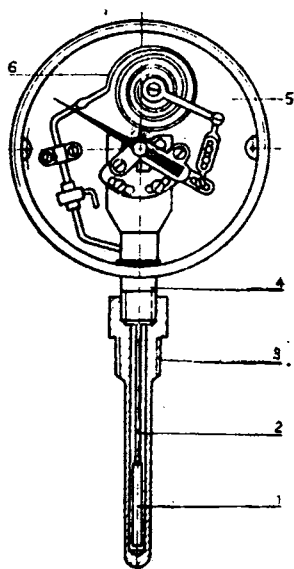


Fig. 14.8. Termometru manometric cu tub spiral și cu lichid.

Lichidele întrebuințate și intervalul de măsurare sînt prezentate în tabelul 14.2.

Tabelul 14.2

Lichidul de umplere	Temperatura minimă °C	Temperatura maximă °C
Alcool	- 50	300
Xilen	- 40	300
Hexan	- 80	300
Mercur	- 35	600
Amalgam de taliu	- 55	600

- Termometrul manometric cu vapori saturați (Fig. 14.9) se aseamănă constructiv cu cel cu lichid. Deosebirea constă în aceea că lichidul nu umple complet tot sistemul rezervor - capilar și tub elastic spiral.

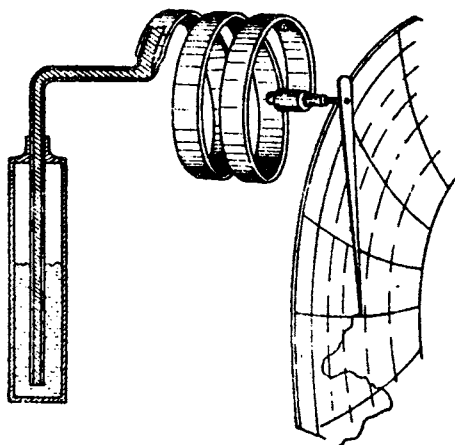


Fig. 14.9. Termometrul manometric cu vapori saturați.

Capilarul pătrunde în lichidul din rezervor așa cum se vede în Fig.14.9.

Importanță la acest tip de termometru, este umplerea care se face după vidarea rezervorului, tubului capilar și tubului elastic spiral. Cantitatea de lichid depinde de intervalul de măsurare al aparatului.

Scara termometrului manometric cu vapori saturați nu este uniformă deoarece presiunea vaporilor saturați nu variază uniform cu temperatura.

Lichidele de umplere pentru termometrele manometrice cu vapori saturați precum și intervalele de măsurare a temperaturii sînt indicate în tabelul 14.3.

Tabelul 14.3

Lichidul de umplere	Intervalul de măsurare °C	
	Minim	Maxim
Alcool etilic	100	220
Apă	120	200
Clorură de metil	0	120
Clorură de etil	30	120
Eter etilic	60	160
Toluen	150	250
Propan	-40	0
Anilină	200	350

Termometrul manometric cu gaz este identic din punct de vedere constructiv cu termometrul manometric cu vapori saturați.

Gazele de umplere utilizate sînt: azotul, argonul și bioxidul de carbon.

14.2.3. Mijloace de măsurare bazate pe variația rezistenței electrice cu temperatura. Experimental s-a constatat că rezistența electrică a unui conductor variază în funcție de temperatură după o expresie cunoscută,

$$R_t = R_0 \left[1 + \alpha (t - t_0) \right] \quad (14.2)$$

în care:

R_t este rezistența conductorului la temperatura t ;

R_0 - rezistența conductorului la temperatura t_0 ;

α - coeficientul de variație al rezistenței cu temperatura.

Această însușire a metalelor s-a folosit la realizarea termometrelor cu rezistență electrică care se compun din:

- termorezistență (traductor de temperatură);
- instrument electric de măsurare a rezistenței electrice cu scala gradată în $^{\circ}\text{C}$;
- conductoare de legătură la distanță a termorezistenței cu instrumentul electric.

Cele mai utilizate materiale folosite pentru confecționarea termorezistențelor sînt prezentate în continuare.

Platina are o largă răspîndire ca traductor de temperatură datorită proprietăților sale specifice:

- temperatură de topire ridicată (1769°C);
- se oxidează foarte greu;
- reproduce fără erori unitatea de temperatură.

Cuprul se utilizează numai în intervalul de temperatură $-50\ldots 180^{\circ}\text{C}$ din cauza stabilității termice limitate.

Nichelul se utilizează pînă la 250°C .

Wolframul se utilizează pînă la 600°C .

Materialele semiconductoare se folosesc pentru realizarea termometrelor cu termistoare.

Elementul sensibil la temperatură confecționat din metale se prezintă sub formă de fir metalic de diametru cuprins între 0,05 și 0,1 mm bobinat pe suport de mică (Fig.14.10) sau pe suport în formă de cruce din porțelan.



Fig.14.10. Element sensibil din platină pe suport de mică.

Acesta constituie o parte componentă a termorezistenței reprezentată în Fig. 14.11.

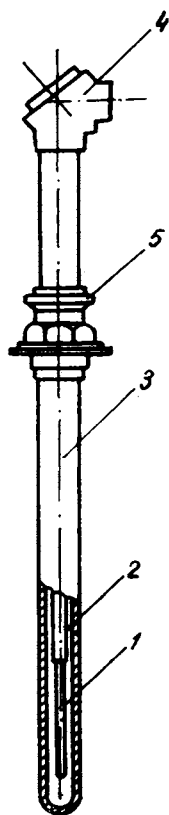


Fig. 14.11. Termorezistență.

În afară de elementul sensibil 1, în compunerea termorezistenței mai intră:

- firele de legătură 2 care împreună cu elementul sensibil 1 sînt dispuse într-o teacă de protecție 3.

Termorezistența are montată la capătul superior cutia de conexiuni 4 și flanșa de prindere 5.

Pentru măsurarea rezistenței elementului sensibil care variază cu temperatura se folosesc două tipuri de instrumente electrice:

- logometre;
- punți de măsură.

Logometrele pot funcționa ca: indicatoare, înregistratoare și reglatoare. Foarte răspândit în aplicațiile industriale este logometrul de tip magnetoelectric a cărui schemă de principiu este reprezentată în Fig. 14.12.

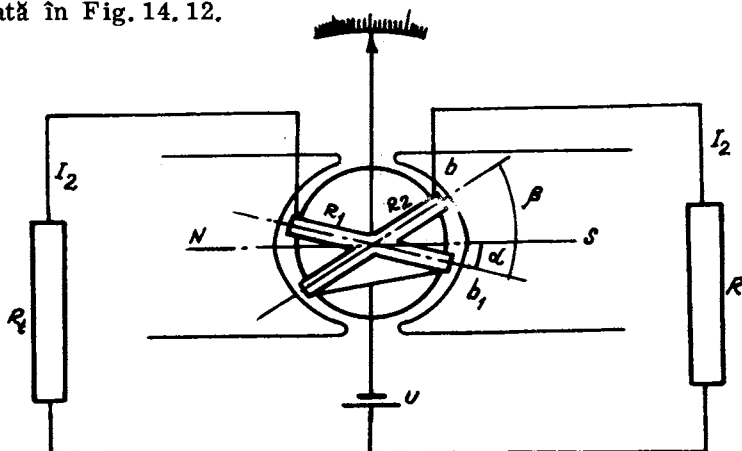


Fig. 14.12. Schema de principiu a logometrului magnetoelectric.

Bobinele sînt prinse pe cadrul mobil decalate între ele cu unghiul β și izolate electric.

Se demonstrează că rotirea echipajului mobil cu unghiul α este funcție de rezistența electrică a elementului sensibil adică

$$\alpha = f_1(R_t) = f(t). \quad (14.3)$$

În practică, schema de legare a logometrului cu termorezistența este mai complicată și necesită introducerea în circuitul ter-

morezistenței, a unei rezistențe de compensare astfel ca rezistența firelor de legătură să fie de o valoare stabilită (5 sau 10Ω).

Sînt cunoscute două scheme:

- schema cu două fire;
- schema cu trei fire.

În prezentul manual, nu se vor descrie aceste scheme, se recomandă pentru aprofundare manuale de specialitate din domeniul măsurării temperaturilor în industrie.

Punțile de măsurare a temperaturii. Se bazează pe principiul punții simple cunoscută și sub numele de puntea Wheatstone (Fig. 14. 13).

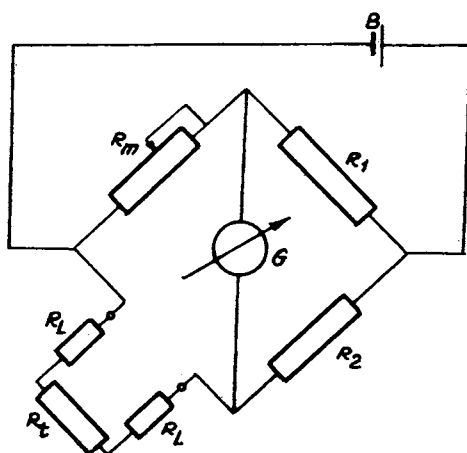


Fig.14.13. Schema de principiu a punții Wheatstone.

La echilibru, obținut prin variația rezistenței R_m , se obține:

$$R_t = \frac{R_m R_2}{R_1} - 2 R_L. \quad (14. 4)$$

Rezistențele R_1 și R_2 având valori fixe, se poate calcula rezistența R_t determinînd pe R_m pentru poziția de echilibru a punții.

Din relația de mai sus, se constată proporționalitatea existentă dintre R_t și R_m .

Ca urmare, cursorul rezistenței R_m poate fi trasat în unități de temperatură.

Se precizează că la schema în punte de măsurare a temperaturii, tensiunea sursei de alimentare nu intervine direct în indicațiile aparatului.

Punțile electronice automate (Fig. 14.14).

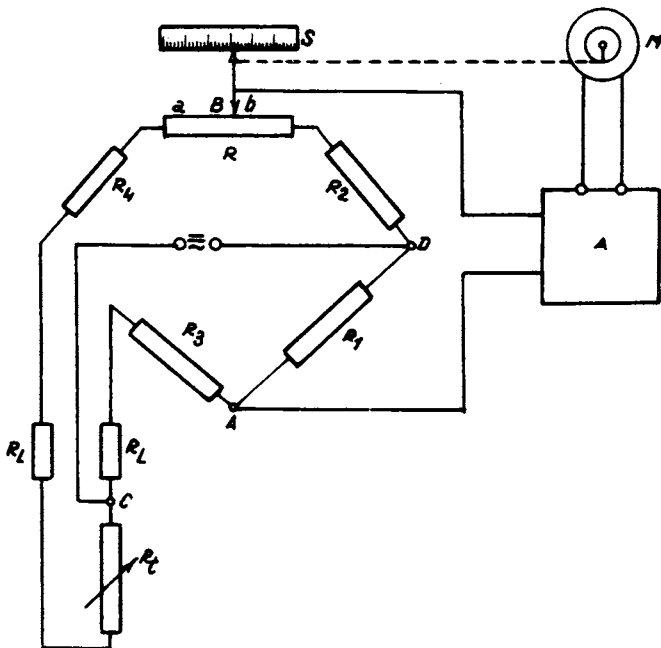


Fig. 14.14. Schema de principiu a punții electronice automate.

Echilibrarea se face în mod automat astfel că aparatul afișează valoarea temperaturii direct în grade.

Puntea se poate echilibra prin deplasarea cursorului R, acționarea fiind realizată de motorul electric reversibil M.

La dezechilibrarea punții, determinată de variația rezistenței R_t , cursorul potențiometrului R este deplasat de motorul M pînă se obțin valori pentru rezistențele a și b corespunzătoare echilibrării. Cînd se modifică valoarea rezistenței R_t , în diagonala punții AB apare o diferență de potențial care după amplificare și transformare în tensiune alternativă în blocul A, alimentează și pune în mișcare motorul M. Acesta se mișcă pînă cînd dispăre diferența de potențial dintre punctele A și B. Scara S este gradată direct în unități de măsură pentru temperatură.

Punțile electronice automate pot fi indicatoare, indicatoare-înregistratoare sau pot să indice, să înregistreze și chiar să regleze temperatura.

Punțile electronice automate înregistratoare se realizează pentru mai multe canale (6 sau 12 canale), înregistrarea pe fiecare canal făcîndu-se cu altă culoare iar comutarea pe fiecare canal făcîndu-se automat.

Termometre cu termistoare. La aceste aparate de măsură, elementul sensibil este realizat dintr-un material semiconductor.

Pentru a compara funcțional termometrele cu rezistență în raport cu cele cu termistor, în graficul din Fig. 14.15 este reprezentată variația rezistivității unui termistor (curba 1) și variația rezistivității platinei (curba 2) cu temperatura.

Se observă deosebirea între cele două curbe: termistorul față de platină prezintă o variație a rezistenței cu temperatura mult mai accentuată în special în domeniul temperaturilor negative.

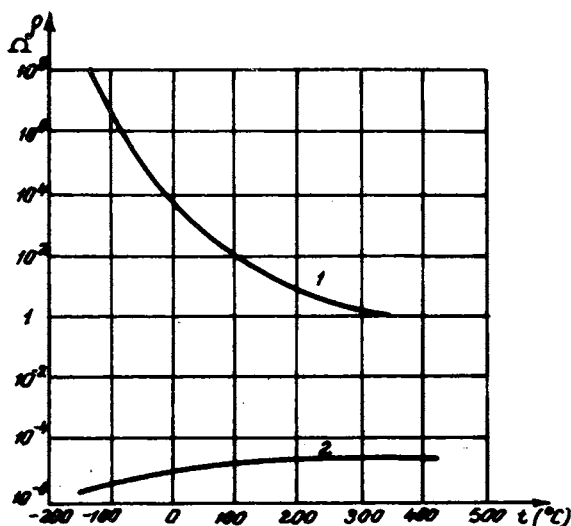


Fig.14.15. Variația rezistivității unui termistor (1) și rezistivității platinei (2) cu temperatura.

De aici, se deduce că la variații mici de temperatură sînt mai indicate termometrele cu termistoare.

Termistoarele reprezintă oxizi cu proprietăți semiconductoare cum ar fi: oxizii de Mn, Ni, Co, Cu, Fe, Zn, Al, Mg. Elementul sensibil - termistorul - se realizează prin sinterizare și se prezintă sub formă de mărgea (a), șalbă (b), disc (c), cilindru (d) (Fig. 14.16).

Electrozii se aplică prin metalizare sau prin contact și de aceștia se sudează firele de legătură.

Tot ansamblul se protejează prin lăcuire și se introduce într-o capsulă de sticlă, cuarț sau ceramică.

Domeniul măsurat cu un termometru cu termistor este de $-100 \div 400^{\circ}\text{C}$ iar într-o construcție specială, se poate măsura pînă la 1200°C .

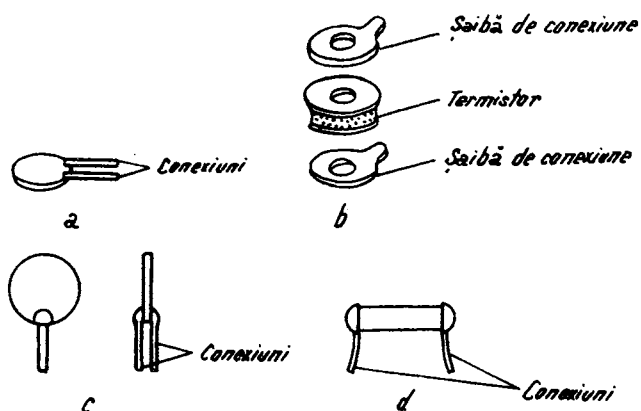


Fig. 14.16. Tipuri constructive de termistoare.

În figura 14.17 este reprezentat ansamblul unui termometru cu termistoare. Elementul sensibil este montat în tija telescopică 1.

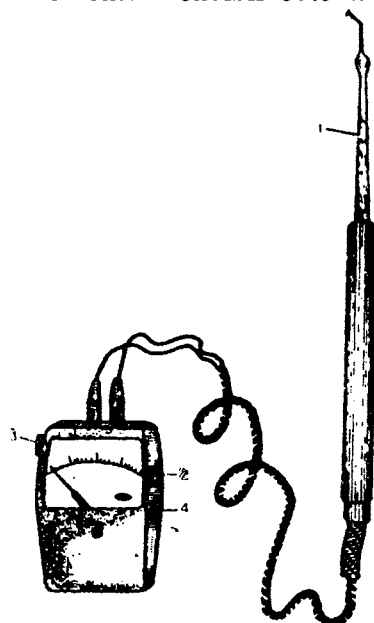


Fig.14.17. Ansamblul termometru cu termistor.

Termometrul are două scări, o scară pentru intervalul $50 - 300^{\circ}\text{C}$ și alta pentru intervalul $260 - 600^{\circ}\text{C}$. Scările se pot schimba cu ajutorul comutatorului 2.

Butonul 3 servește la reglarea aparatului. Se manevrează împreună cu reostatul 4 pînă cînd acul indicator ajunge în dreptul unui anumit reper de pe scara gradată.

14.2.4. Mijloace de măsurare bazate pe efectul termoelectric. Termocuple. Dacă sînt puse în contact două metale și sînt încălzite în cele două puncte de contact (Fig.14.18) la temperaturi de încălzire diferite, atunci între punctele a și b apare o tensiune electromotoare de contact termică U_e care poate fi pusă în evidență cu ajutorul instrumentului mV , denumit milivoltmetru.

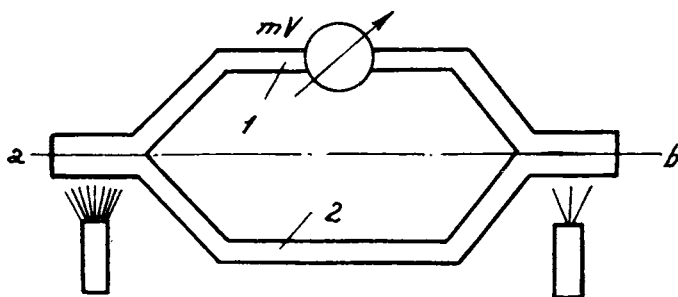


Fig.14.18. Circuit pentru evidențierea efectului termoelectric.

În aplicațiile tehnice, se realizează un ansamblu compus din două metale puse în contact la cele două capete și un milivoltmetru intercalat în circuit conform Fig.14.19.

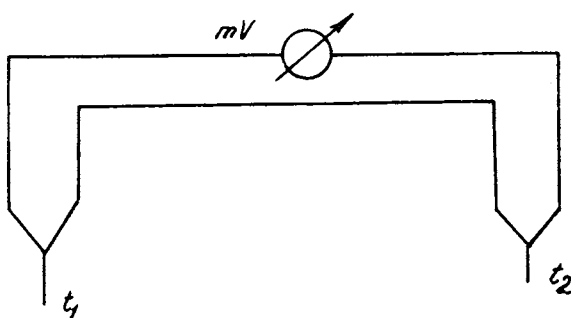


Fig.14.19. Termocuplu cu milivoltmetru.

Acest ansamblu reprezintă un termocuplu cu milivoltmetru. Dacă temperaturile la cele două suprafețe de contact sînt diferite, t_1 reprezintă temperatura din interiorul unui cuptor electric de exemplu și t_2 reprezintă temperatura mediului ambiant, atunci tensiunea măsurată cu milivoltmetrul este diferită de zero. Efectul a fost descoperit de T.J. Seebeck în 1821 și se numește efect termoelectric sau efect Seebeck. Experiența realizată de Seebeck s-a făcut cu un circuit termoelectric compus din două corpuri nesimilare - antimoniu și cupru - ale căror joncțiuni au fost încălzite la temperaturi diferite.

Se poate scrie:

$$U_e = k (t_2 - t_1) \quad (14.5)$$

în care tensiunea termoelectromotoare U_e măsurată între cele două joncțiuni este proporțională cu diferența temperaturilor.

Construcția termocuplurilor. În practică se întrebuițează mai multe tipuri de termocupluri în scopul acoperirii intervalului de temperatură de la -200°C la 1600°C .

Ca părți componente, un termocuplu (Fig. 14.20) este constituit din următoarele:

termoelectrozii 1; teaca de protecție 2; cutia de conexiuni 3 și placa de borne 4.

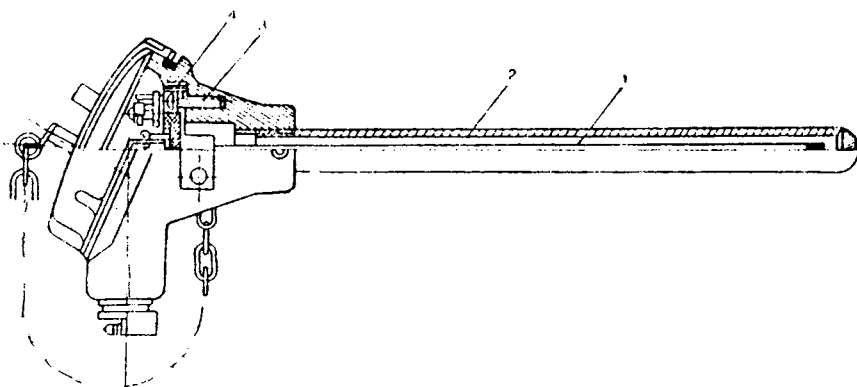


Fig. 14.20. Termocuplu (construcție).

Termoelectrozii trebuie să îndeplinească anumite condiții:

- să dezvolte o tensiune termoelectromotoare de valoare ridicată în dependență de temperatură;

- să se prelucereze ușor;

- să nu-și schimbe caracteristica termoelectrică în timp.

Cele mai răspândite tipuri de termocuple în țara noastră - astfel să acopere o gamă de temperatură cât mai ridicată - sînt prezentate în tabelul 14.4.

Tabelul 14.4

Termocuplul	Limita de încălzire		Tensiunea termoelectromotoare pentru t max. mV
	t minim °C	t maxim °C	
Cupru - Constantan	- 200	600	34,30
Fer - Constantan	- 200	900	53,17
Cromel - Constantan	- 200	900	68,85
Cromel - Alumel	- 50	1 300	52,41
Ni Cr - Ni	0	1 200	48,85
Cromel - Copel	- 50	800	66,42
Pt Rh (10%) - Pt	0	1 600	16,76
Pt Rh - 18	0	1 820	13,85

Termoelectrozii sînt izolați electric unul față de altul pe toată lungimea lor cu tuburi sau mărgele din material ceramic.

Teaca de protecție protejează termoelectrozii de acțiunea corozivă a mediului și îi apără de lovituri mecanice.

Cabluri de prelungire. Termoelectrozii termocuplului se prelungesc cu cabluri care trebuie să îndeplinească aceleași proprietăți termoelectrice ca și termoelectrozii.

În tabelul 14.5, sînt prezentate principalele tipuri de cabluri de prelungire.

Tabelul 14.5

Termocuplul	Cabluri de prelungire	
	Conductor +	Conductor -
Cupru - Constantan	Cu	Constantan
Fer - Constantan	Fe	Constantan
Cromel - Alumel	Cromel	Alumel
Cromel - Copel	Cromel	Copel
Pt Rh - Pt	Cu	Aliaj Cu și Ni

Cablurile de prelungire se folosesc din următoarele motive:

- asigură îndepărtarea termoelectrozilor față de joncțiunea de referință (punctul rece) astfel ca această joncțiune să fie păstrată la o temperatură constantă;

- permite ajustarea rezistenței electrice a circuitului exterior al milivoltmetrului la valoarea înscrisă pe cadranul acestuia.

Măsurarea tensiunii termoelectromotoare. După cum s-a arătat, principiul de măsurare a temperaturii cu ajutorul termocupurilor constă în măsurarea unei tensiuni termoelectromotoare care este dependentă de diferența de temperatură dintre joncțiunea de măsurare (punctul cald) și joncțiunea de referință (punctul rece).

Măsurarea tensiunii termoelectromotoare se poate efectua cu două mijloace de măsurare: milivoltmetre și compensatoare electronice automate.

- Milivoltmetrele. Se folosesc în măsurări industriale, acolo unde nu se cere o precizie mare ($1,5 \div 2,5\%$). Se gradează în grade Celsius ($^{\circ}\text{C}$) iar pe cadran se înscrie tipul de termocuplu cu care trebuie să se lege. Milivoltmetrele pot fi indicatoare, înregistratoare sau reglatoare de temperatură.

Când se cere o precizie ridicată, la măsurarea temperaturilor, se folosesc compensatoare electronice automate.

- Compensatoare electronice automate. Aceste aparate măsoară forța termoelectromotoare cu ajutorul unei punți Wheatstone alimentată la o tensiune continuă constantă. Un contact mobil, acționat de un motor electric, se mișcă pe unul din brațele punții. Tensiunea de pe contactul mobil se compară cu o tensiune de referință constantă și diferența lor trebuie să fie zero, altfel motorul electric nu se oprește.

Pentru amplificarea diferenței de tensiune, compensatorul este prevăzut și cu amplificatoare electronice. La noi în țară, FEA (Fabrica de elemente de automatizare - București) produce aceste compensatoare automate sub forma de aparate indicatoare, înregistratoare și reglatoare. Precizia de măsurare este de 0,5%.

Prescripții pentru instalarea termocuplurilor.

- Termocuplul.

- Să nu se monteze în apropierea unor surse de foc.
- Să se monteze în așa fel încît să se măsoare temperatura medie.
- Joncțiunea caldă să fie vizibilă.
- Imersiunea termocuplului trebuie astfel făcută încît joncțiunea caldă să fie introdusă în mod cert în mediul căruia i se măsoară temperatura.

Cum joncțiunea caldă degajă căldura, trebuie ca tubul de protecție să aibă un diametrul de 9-10 ori mai mare pentru a se permite omogenizarea temperaturii din jurul joncțiunii calde și coborîrea acestei temperaturi la aceea a mediului supus măsurării.

- Cînd se montează orizontal, trebuie susținut printr-un suport pentru a preveni îndoirea.

- Nu trebuie să se introducă brusc un termocuplu în mediu încălzit; trebuie preîncălzit.

- Cablurile de prelungire

- Izolarea cablurilor de prelungire să se facă potrivit mediului în care sînt plasate.

- Să se lege la termocuplu, cablurile de prelungire corespunzătoare (Tabelul 14.5).

- Cablurile de prelungire să se instaleze într-un canal special amenajat.

- Cablurile de prelungire să nu fie traversate sau paralele cu cabluri parcurse de curent alternativ; se vor induce tensiuni electromotoare parazite.

- Imbinarea cablurilor de prelungire între ele se face prin sudare și apoi se izolează cu materiale corespunzătoare.

Prescripții pentru întreținerea termocuplurilor.

- Termocuplul în funcțiune trebuie verificat cu unul calibrat, montat în aceleași condiții.

- Verificările metrologice să fie executate periodic.

- Tuburile de protecție să fie schimbate periodic.

- Punctele de contact să fie ținute curate și să fie protejate împotriva oxidării.

- Termocuplele de cromel - alumel, folosite peste 850°C să nu mai fie întrebuințate la o temperatură sub 550°C .

- Joncțiunea rece și cablurile de prelungire să se controleze periodic.

14.2.5. Mijloace de măsurare bazate pe radiația termică.

Pentru măsurarea temperaturilor înalte se folosesc mijloace de măsurare care nu vin în contact cu mediul căruia i se determină temperatura.

Acestei categorii de mijloace de măsurare aparțin pirometrele de radiație.

Funcționarea pirometrelor de radiație se bazează pe măsurarea energiei radiante emisă de corpurile încălzite.

Măsurarea temperaturii cu ajutorul pirometrelor de radiație prezintă următoarele avantaje:

- măsurarea temperaturii se face fără contact;
- limita superioară de măsurare a temperaturii este nelimitată.

Sînt mai multe metode și corespunzător mai multe mijloace de măsurare bazate pe radiația termică.

În această lucrare se vor trata cele mai răspîndite mijloace de măsurare și anume:

Pirometrele optice cu dispariția filamentului. La acest tip de aparate se compară și se egalează strălucirea a două surse luminoase, folosindu-se sensibilitatea ochiului operatorului.

În Fig. 14.21 este redată schema optică de principiu a pirometrului cu dispariția filamentului.

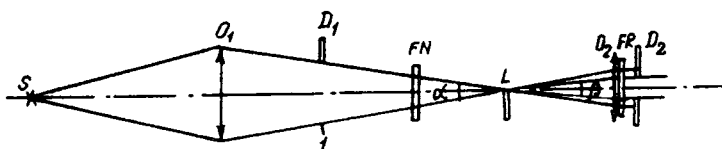


Fig. 14.21. Schema optică de principiu a pirometrului cu dispariția filamentului.

Cu ajutorul obiectivului O_1 , se formează imaginea corpului incandescent S a cărei temperatură se măsoară.

Tot în locul în care se formează imaginea, este plasat filamentul în formă de U al unei lămpi electrice de comparație L . Observatorul privește prin ocularul O_2 și vede imaginea filamentului proiectată pe fondul imaginii corpului incandescent.

Se pot distinge cazurile din Fig. 14.22.

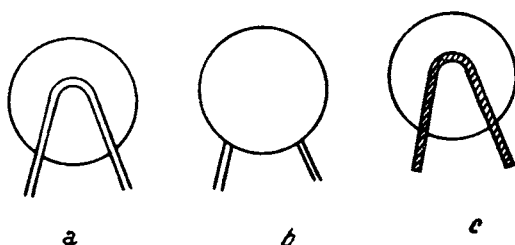


Fig. 14.22. Dispariția filamentului.

Curentul electric prin filament se modifică pînă cînd dispare filamentul (cazul b) pe fondul corpului S.

Cunoscîndu-se dependența strălucirii filamentului față de temperatură, la egalizarea strălucirii filament - suprafața corpului, se determină temperatura.

14.2.6. Mijloace de măsurare bazate pe modificarea frecvenței de rezonanță. Din această categorie fac parte:

Termometrele cu cuarț. Funcționarea acestor mijloace de măsură se bazează pe variația frecvenței de rezonanță a unui cristal de cuarț cu temperatura. Sensibilitatea obținută este de $1 \text{ kHz}/^{\circ}\text{C}$.

Temperatura poate fi indicată numeric, comparîndu-se frecvența de oscilație a cuarțului termosensibil cu oscilațiile unui cuarț de referință.

Se pot imagina și măsurări de diferențe de temperatură între două corpuri, caz în care cuarțul de referință se înlocuiește cu un cuarț termosensibil.

Precizia acestor instrumente este foarte ridicată ajungînd pînă la $0,01^{\circ}\text{C}$.

Gama de temperatură este cuprinsă între -40°C și 250°C .

Are avantajul că măsurarea nu este influențată de legături electrice, existînd posibilitatea măsurării de temperaturi la distanțe mari prin procedeul conversiei temperatură - frecvență.

14. 3. APLICATII PRACTICE

14. 3. 1. Măsurarea temperaturii suprafețelor. La măsurarea temperaturii suprafețelor în industrie, se folosesc, foarte frecvent, termocuplurile.

Este important de știut că indicațiile aparatului reprezintă temperatura elementului sensibil și nu temperatura reală a suprafeței.

Această diferență provine din transferul de căldură de la corp la mediul înconjurător prin intermediul termocuplului.

De exemplu, cînd mediul înconjurător este mai rece ca suprafața a cărei temperatură se măsoară, atunci prin termocuplu se produce o răcire locală a suprafeței supusă la măsurare.

Cînd între suprafața a cărei temperatură se măsoară și elementul sensibil se găsește un strat de aer izolant, erorile pot fi destul de mari.

Pentru aplicații industriale, diferitele tipuri de termocupluri de suprafață se construiesc de cele mai multe ori într-un ansamblu cu instrumentul indicator.

Corespunzător suprafeței a cărei temperatură se măsoară, se folosesc:

- termocuplul cu bandă pentru suprafețe rotunde și ovale;
- termocuplul cu disc pentru suprafețe plate;
- termocuplul cu vîrfuri pentru suprafețe neregulate.

De menționat că în prezent a căpătat o răspîndire foarte largă instrumentele cu termistori avînd în ansamblu, instrumente cu afișarea numerică a rezultatelor. Astfel de aparate au aplicații în industrie, laboratoare, medicină etc.

14. 3. 2. Măsurarea temperaturii mașinilor electrice. În timpul funcționării, mașinile electrice dezvoltă căldură ceea ce face ca temperatura din interiorul lor să crească.

Cum izolația înfășurărilor acestor mașini rezistă pînă la o anumită încălzire este important să nu se depășească această limită. În acest scop, se măsoară temperatura înfășurărilor prin următoarele metode:

- determinarea temperaturii înfășurărilor prin folosirea acestora ca termorezistențe;
- determinarea temperaturii înfășurărilor cu ajutorul unor termorezistențe sau unor termocupluri de o construcție specială introduse în interiorul mașinii electrice.

În Fig.14.23 este indicat modul în care este montată o termorezistență pe un rotor de mașină electrică în vederea măsurării temperaturii.

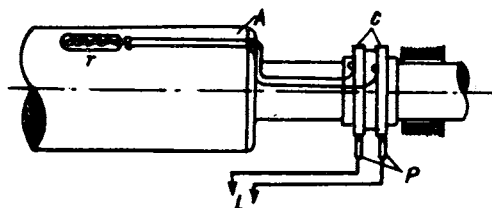


Fig. 14.23. Montarea termorezistenței pentru măsurarea temperaturii rotorului unei mașini electrice.

Pentru mașini electrice de puteri mari și costisitoare, detectorul de temperatură (termorezistență sau termocuplu) se leagă într-un circuit de protecție care deconectează mașina electrică de la rețea, atunci când se depășește temperatura limită prevăzută pentru izolația electrică.

CAPITOLUL 15

MASURAREA PRESIUNII

15.1. GENERALITATI

Pentru descrierea proceselor tehnologice din industria chimică, metalurgică, electronică etc., se folosește o mărime caracteristică denumită presiune.

Presiunea se întâlnește și în alte domenii. De exemplu, la depozitarea sau transportul fluidelor, se spune că lichidele care se scurg printr-o conductă au o presiune dată sau gazele dintr-un recipient sînt păstrate la o presiune anumită.

În industria electronică, se aplică tehnologia depunerilor metalice sub presiune scăzută sau sub vid înalt.

Alimentarea cu fluide (lichide, vapori sau gaze) nu se poate realiza dacă aceste fluide au o presiune scăzută în raport cu o limită prestabilită.

Se naște deci întrebarea: ce este presiunea?

Presiunea este o forță specifică cu care un fluid apasă pe o suprafață cu care vine în contact.

Presiunea (se notează cu p) se poate exprima și sub forma matematică:

$$p = \frac{F}{S} \quad (15.1)$$

în care F reprezintă forța exercitată de fluid perpendicular pe suprafața S .

Presiunea atmosferică (notată cu p_b) sau barometrică este o caracteristică importantă a învelișului gazos al pământului, atmosfera. O moleculă din atmosferă, în contact cu suprafața pământului, suportă forța de apăsare a tuturor moleculelor situate deasupra sa și care devin tot mai rare în straturile superioare ale atmosferei.

Dacă se izolează o parte din acest înveliș printr-o coloană imaginară de secțiune unitară și de înălțime egală cu înălțimea stratului atmosferic, atunci, forța exercitată de acest volum asupra ariei unitare de la suprafața pământului, reprezintă presiunea atmosferică sau barometrică.

Convențional, presiunea atmosferică s-a considerat ca presiune normală (notată cu p_N), egală cu valorile următoare:

- presiunea normală "fizică" $p_N = 760 \text{ mm Hg}$;
- presiunea normală "tehnică" $p_n = 735,56 \text{ mm Hg}$.

Presiunea zero absolut sau vidul absolut reprezintă starea fluidelor în care presiunea este zero. Aceasta corespunde situației în care fluidul - lichid sau gaz - nu acționează cu nici o forță pe suprafața cu care vine în contact. Starea de presiune zero este echivalentă cu lipsa fluidului.

Presiunea relativă este presiunea măsurată peste sau sub presiunea atmosferică luată drept reper zero.

Suprapresiunea (notată cu p_g) este presiunea relativă mai mare ca presiunea atmosferică.

Depresiunea (notată cu p_d) este presiunea relativă mai mică decât presiunea atmosferică. Se mai numește vacuum.

Presiunea absolută (notată cu p_a) este presiunea determinată peste vidul absolut sau peste presiunea zero absolut.

Presiunea diferențială este diferența dintre două presiuni oarecare p_1 și p_2 .

Presiunile definite mai sus sînt reprezentate grafic în Fig. 15. 1.

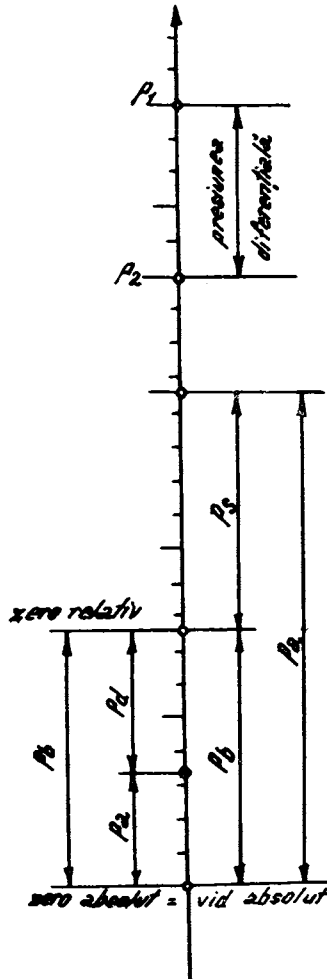


Fig. 15. 1. Reprezentarea grafică a presiunilor.

Relațiile matematice dintre presiuni, deduse cu ajutorul Fig. 15. 1, sînt următoarele:

$$\text{- suprapresiunea } p_s = p_a - p_b; \quad (15.2)$$

$$\text{- depresiunea sau vacuumul } p_d = p_b - p_a; \quad (15.3)$$

în care:

p_a este presiunea absolută;

p_b - presiunea atmosferică.

Relațiile dintre presiunea absolută, atmosferică, suprapresiune și depresiune (vacuum) pot fi ilustrate ca în Fig. 15.2, unde se folosește un recipient legat cu atmosfera printr-un tub în formă de U și în care se află mercur (porțiunea neagră a tubului).

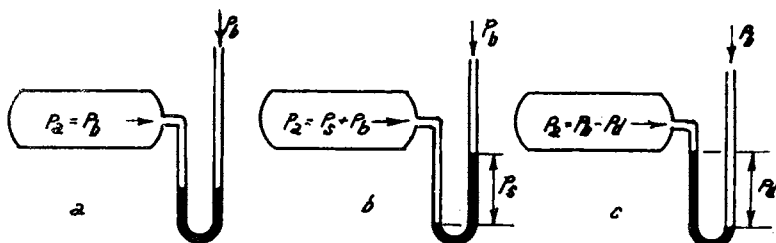


Fig.15.2. Relații între presiunea absolută p_a , presiunea atmosferică p_b , suprapresiunea p_s și depresiunea p_d .

Presiunile prezentate se întâlnesc în toate măsurările efectuate asupra fluidelor.

Dacă lichidele, gazele sau vaporii sînt în mișcare, trebuie să se introducă și să se utilizeze următoarele noțiuni: presiunea statică, presiunea dinamică și presiunea totală.

Presiunea statică p_{st} este forța specifică exercitată pe suprafața interioară a unei conducte de un fluid aflat în mișcare prin această conductă.

Măsurarea presiunii statice se face cu un aparat de măsură care, introdus în fluidul care se mișcă, se deplasează cu aceeași viteză ca a fluidului sau care se leagă la peretele conductei prin care curge acest fluid.

Presiunea totală p_{tot} . Dacă în calea unui fluid aflat în mișcare se dispune un baraj, atunci pe suprafața barajului se exercită o presiune mai mare ca presiunea statică datorită energiei cinetice a fluidului care se transformă în energie potențială. Această presiune reprezintă presiunea totală p_{tot} .

Presiunea totală se poate determina cu un aparat de măsurat presiuni, racordat la un tub a cărui axă este paralelă cu direcția de mișcare a fluidului.

Presiunea dinamică p_{din} este diferența dintre presiunea totală și presiunea statică.

Relația dintre presiunea statică p_{st} , presiunea totală p_{tot} și presiunea dinamică p_{din} este:

$$p_{din} = p_{tot} - p_{st} \quad (15.4)$$

15.2. MARIMI SI UNITATI DE MASURA.

SCARI DE PRESIUNE

Măsurarea presiunii în tehnică, precum și construcția aparatelor de măsurat presiunea, se bazează pe două scări de presiune după modul în care se definește punctul zero al scării.

- Scara de presiuni relative este scara pentru care reperul zero corespunde presiunii atmosferice.

- Scara de presiuni absolute este scara pentru care reperul zero corespunde presiunii zero absolut sau vidului absolut.

Unități de măsură pentru presiune

Pascalul (simbolul Pa) este unitatea de presiune adoptată de Sistemul Internațional SI și este egală cu:

$$1 \text{ Pascal} = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ metru pătrat}} \text{ sau } 1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} \quad (15.5)$$

Este unitatea de presiune permisă legal în țara noastră din 1981.

Barul (simbol bar) reprezintă tot o unitate de presiune, tolerată la noi în țară, pînă cînd nu va mai fi necesar. Este un multiplu zecimal al pascalului:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa.} \quad (15.6)$$

Înainte de 1981, în țara noastră se mai utilizau și unitățile de măsură pentru presiune specificate în tabelul 15.1.

Tabelul 15.1

Denumirea	Simbol	Echivalent
atmosferă tehnică	at	$9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1 \text{ kgf/cm}^2$
atmosferă fizică (normală)	atm	1,033 at
milimetru coloană de apă	mmH ₂ O	9,81 Pa = 0,0001 at
milimetru coloană de mercur	mmHg	133,322 Pa = 13,5951 mm H ₂ O
torr	torr	aproximativ egal cu 1 mm Hg
barie	barye	0,1 Pa

Unitățile de presiune engleze și americane cu echivalentul lor în pascali, mm H₂O, mm Hg, at și barye sînt prezentate în tabelul 15.2.

Tabelul 15.2

Denumirea	Simbol	Echivalent în				
		Pa	mmH ₂ O	mmHg	at	barye
inch of water	inH ₂ O	249,2	25,4	1,869	$2,54 \cdot 10^{-3}$	$2,492 \cdot 10^3$
inch of Hg	inHg	$3,39 \cdot 10^3$	13,6	25,4	$34,510^{-3}$	$33,9 \cdot 10^3$
pound per square inch	lb/sqin	$6,89 \cdot 10^3$	703	51,71	$70,3 \cdot 10^{-3}$	$68,9 \cdot 10^3$
pound per square foot	lb/sqft	47,9	4,882	0,360	$488,2 \cdot 10^{-6}$	479

15.3. MIJLOACE DE MASURARE A PRESIUNII

15.3.1. Clasificare. Cea mai veche denumire a aparatelor de măsurat presiunea este aceea de manometru. Originea cuvîntului este din limba greacă, "manos" însemnînd fluid, iar "metron", măsură. Ulterior au apărut denumirile de vacuummetru, respectiv manovacuummetru.

O clasificare a acestor aparate de măsură se poate face în mai multe moduri. De exemplu:

a) Clasificarea după presiunea măsurată pe scara de presiuni relative.

- manometrul este un aparat care măsoară presiuni mai mari ca presiunea atmosferică (suprapresiuni);

- vacuummetrul este un aparat care măsoară presiuni mai mici ca presiunea atmosferică (depresiuni);

- manovacuummetrul este un aparat care măsoară supra-presiuni și depresiuni;

- barometrul este un aparat care măsoară presiunea atmosferică.

b) Clasificarea după modul de afișare a rezultatelor măsurării.

Manometrele, vacuummetrele și manovacuummetrele se clasifică în:

- aparate indicatoare;
- aparate înregistratoare;
- aparate analogice;
- aparate digitale.

c) Clasificarea după elementul detector al presiunii

- aparate cu lichid la care poziția lichidului (apă, alcool sau mercur) dintr-un tub se schimbă în funcție de presiunea care acționează asupra coloanei de lichid;

- aparate cu element elastic la care întinderea sau comprimarea unui tub elastic depinde de presiunea care se măsoară;

- aparate cu piston la care poziția unui piston într-un cilindru depinde de presiunea care se exercită asupra pistonului;

- aparate cu traductoare cu ionizare la care un tub electronic este pus în legătură cu recipientul în care se determină vacuumul;

- aparate cu traductoare termice (termocuplu, termorezistență) se folosesc tot pentru determinarea vacuumului.

Pentru măsurarea presiunii se mai folosesc și aparatele următoare:

- aparate cu traductoare electrotensometrice;
- aparate cu traductoare inductive;
- aparate cu traductoare capacitive;
- aparate cu traductoare piezoelectrice;
- aparate cu traductoare cu manganină.

În continuare se vor prezenta mijloacele de măsurat presiunea după clasificarea de la punctul c, și numai aparatele cu lichid, cu element elastic, cu piston, cu traductoare cu ionizare și cu traductoare termice, ca fiind cele mai răspândite în practică.

15.3.2. Aparate cu lichid. Sînt cele mai vechi și cele mai simple mijloace de măsurat presiunea.

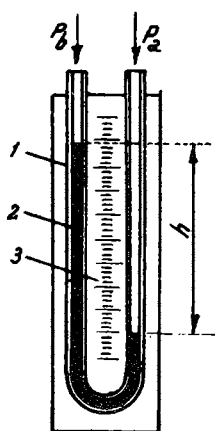


Fig.15.3. Schema aparatului cu tub U, umplut cu lichid.

Funcționarea (Fig. 15.3). După cum se observă din figură, presiunea p_a fiind mai mare ca presiunea p_b , lichidul (figurat cu negru) coboară în brațul din dreapta și se ridică în brațul din stînga. La echilibru se scrie:

$$p_a = p_b + \gamma h \quad (15.7)$$

în care:

p_a este presiunea absolută a fluidului exprimată în Pa;

p_b - presiunea atmosferică sau barometrică exprimată în Pa;

γ - greutatea specifică a lichidului din tubul U în N/m^3 ;

h - diferența de nivel a lichidului în m.

Suprapresiunea p_s este presiunea relativă mai mare ca presiunea atmosferică și reprezintă diferența:

$$p_s = p_a - p_b = \gamma h \quad (15.8)$$

Prin urmare, cu acest manometru cu lichid se pot determina două presiuni:

- presiunea absolută p_a cu relația (15.7);

- suprapresiunea p_s cu relația (15.8).

Cum suprapresiunea p_s este direct proporțională cu înălțimea denivelării lichidului (apă sau mercur), aceasta se poate exprima în milimetri coloană de apă ($mm\ H_2O$) sau milimetri coloană mercur ($mm\ Hg$).

Aparatele cu lichid pot fi împărțite din punct de vedere constructiv în:

- aparate cu tub U;
- aparate cu rezervor și tub;
- barometre cu mercur.

Aparate cu tub U sînt cunoscute și sub denumirea de manometre cu tub U. Un astfel de mijloc de măsurare a fost reprezentat în Fig.15.3 iar mai sus s-a descris funcționarea.

Constructiv, manometrul cu tub U se compune din suport confecționat din lemn, plastic sau metal. Tubul în formă de U este din sticlă sau din material plastic transparent.

Scara, gradată în milimetri, se trasează direct pe suport sau pe o riglă prinsă de suport.

Efectul de menisc la aparatele cu tub U. Din cauza tensiunii superficiale, lichidul ia o formă curbă denumită menisc (Fig.15.4)

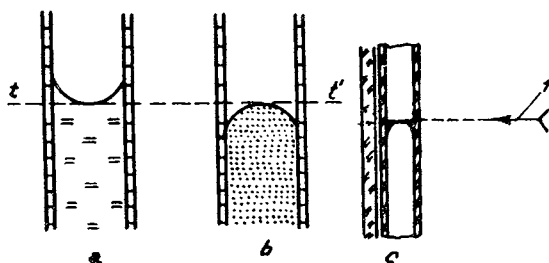


Fig.15.4. Efectul de menisc (a și b) și citirea la aparatele cu tub U (c).

Dacă lichidul udă peretele vasului, atunci meniscul este concav (Fig.15.4 a) ca în cazul sticlă-apă, dar cînd lichidul nu udă peretele, atunci meniscul este convex (Fig.15.4 b) și se manifestă la manometrele cu tub din sticlă umplut cu mercur.

În ambele cazuri, nivelul care indică presiunea se citește pe scara gradată după orizontala $t\ t'$.

Pentru a evita eroarea de paralaxă, este necesar ca la citire raza vizuală să fie orizontală (Fig. 15.4 c).

Intervalul de măsurare este cuprins între 1 și 250 kPa iar clasa de precizie este cuprinsă între 2 și 0,05%.

Aparate. cu rezervor și tub U. Sînt două tipuri:

- manometrul cu rezervor și tub vertical (Fig. 15.5);
- manometrul cu rezervor și tub înclinat (Fig. 15.6).

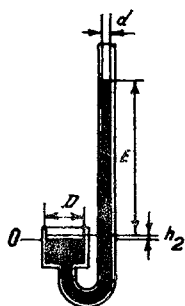


Fig. 15.5. Manometru cu rezervor și tub vertical.

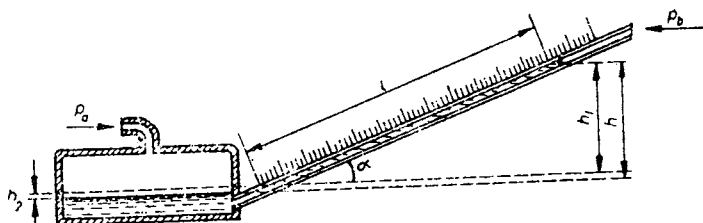


Fig. 15.6. Manometru cu rezervor și tub înclinat.

Avantajul lor față de manometrul cu tub U constă în citirea directă pe tub a presiunii. Gradarea tubului se face direct în unități de presiune prin comparație cu un manometru etalon.

Manometrul cu rezervor și tub înclinat se folosește la măsurarea unor presiuni mai mici ca 1 kPa (aproximativ 100 mm H_2O), din care motiv acest aparat se mai numește și micromanometru.

Manometrele cu lichid folosesc în afară de apă și mercur, următoarele lichide: alcool etilic, metilic, benzol.

Foarte întrebuițat este însă alcoolul etilic.

Dacă manometrul cu lichid servește ca mijloc de măsurare a depresiunii, denumirea lui este vacuummetrul cu lichid.

Cînd aparatul se întrebuițează pentru măsurarea supra-
presiunii și depresiunii, denumirea lui este însă manovacuummetru
cu lichid.

Barometre cu mercur. (Fig. 15. 7) sînt destinate pentru
măsurarea presiunii atmosferice.

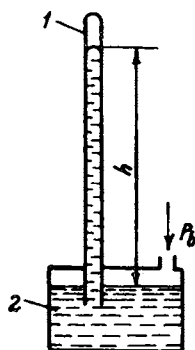


Fig. 15. 7. Barometru cu mercur.

Se compune din tubul de sticlă închis la partea superioară,
și din rezervorul 2, umplut cu mercur. Tot cu mercur este umplut
pînă la înălțimea h , tubul cu mercur 1.

Presiunea atmosferică p_b care se exercită pe suprafața
mercurului din vasul 2, echilibrează presiunea hidrostatică exerci-
tată de mercurul cu înălțimea h din tub.

Barometrul cu mercur măsoară în limitele de variație a
presiunii barometrice de la 660 mm Hg pînă la 780 mm Hg.

Utilizarea manometrelor cu lichid. Se folosesc în mod
frecvent la măsurări de precizie în laboratoare și mai rar în insta-
lațiile industriale.

Micromanometrul cu tub înclinat se folosește în industrie
mai mult la măsurarea presiunii tirajului din camere de ardere sau în

instalații de ventilație pentru măsurarea presiunii dinamice a aerului care se scurge prin tubulaturi.

Folosirea lor limitată se datorește intervalului mic de măsurare, fragilității și parțial toxicității mercurului.

15.3.3. Aparate cu element elastic. Sînt avantajoase prin intervalul larg de măsurare (de la 1 kPa la 1 000 MPa), robustețe și construcție relativ simplă.

Cel mai răspîndit detector elastic de presiune folosit în aparatele cu element elastic este tubul Bourdon (Fig. 15.8).

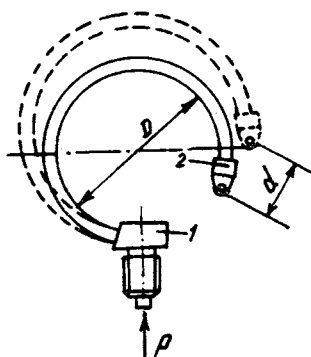


Fig. 15.8. Tubul Bourdon.

Francezul Eugène Bourdon a construit în 1849 primul manometru cu tub elastic căruia, ulterior, i s-a atribuit numele inventatorului.

Tubul elastic se confecționează din alamă, bronz fosforos sau oțel. Tubul se fixează de un racord rigid 1, pe unde pătrunde fluidul sub presiune, iar capătul celălalt al tubului 2 este liber și închis etanș. La suprapresiune sau depresiune, diametrul D al tubului crește sau se micșorează, respectiv capătul liber 2 se deplasează.

Cu cît deplasarea este mai mare (la aceeași presiune), cu atît aparatul este mai sensibil. Acesta este motivul pentru care manometrele cu tub Bourdon foarte elastic se realizează dintr-o spiră elicoidală sau melcată (Fig. 15.9 a și b).

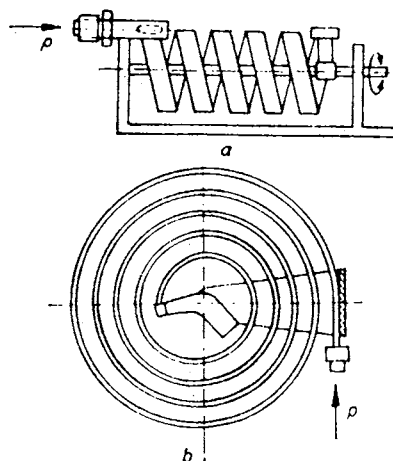


Fig. 15.9. Tuburi Bourdon spiralate.
a- tub elicoidal; b- tub melcat.

Manometre cu tub Bourdon. Se descrie manometrul cu tub Bourdon, prezentat în Fig. 15.10. Acesta este compus din:

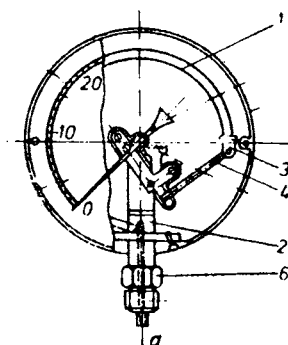


Fig. 15.10. Manometrul cu tub Bourdon.

traductorul elastic de presiune 1, fixat rigid de suportul 2 și capătul liber 3, prins de mecanismul de transmitere și amplificare 4. Acest mecanism angrenează printr-un sector dințat cu o roată dințată fixată pe un ax. Tot pe ax este fixat acul indicator 6 care se deplasează în fața unei scări gradate de pe cadranul 7.

Clasa de precizie a acestor aparate de măsurat aparține șirului normalizat: 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 și 4.

Dezavantajul aparatelor cu traductor elastic constă în deformarea remanentă a elementului elastic care poate apare în urma unei utilizări prelungite, a unei solicitări mari în timpul funcționării sau când se întrebuințează un material necorespunzător la confecționarea tubului.

De aceea, se recomandă utilizarea acestor aparate până la 2/3 din scala gradată de pe cadran.

Aparatele de măsurat cu traductor elastic întrebuințate în scopuri mai speciale sînt:

- manometrul pentru gaze;
- manometrul cu contacte electrice.

Manometre pentru gaze. Au în spatele carcasei un orificiu de siguranță prin care gazul poate ieși afară în cazul în care elementul elastic se fisurează.

Pentru a împiedica pătrunderea murdăriei în aparat, aceste orificii sînt obturate în diferite moduri (de ex. cu o foiță de hîrtie), în așa fel ca la cea mai mică suprapresiune, să se deschidă orificiul.

Manometrul pentru gaze trebuie să poarte o inscripție pe cadran cu denumirea gazului sau cu simbolul G. Inscripțiile sînt utile la verificare sau montare pentru a evita introducerea în aparate a unor fluide al căror contact cu gazul respectiv ar da naștere unor reacții nedorite.

O atenție specială se acordă manometrelor pentru măsurat presiunea oxigenului care constă în pericolul de explozie la contactul oxigenului cu mici cantități de grăsimi. Manometrul are carcasa albastră iar pe cadran scrie: "Oxigen. A se feri de grăsimi "

15.3.4. Aparate cu piston și greutate. Sînt întrebuințate ca aparate etalon și se construiesc sub forma de: manometre, vacuum-metre, manovacuummetre.

Funcționarea (Fig. 15.11). Elementul detector de presiune, la aceste aparate, este ansamblul piston-cilindru. Poziția de echilibru a pistonului corespunde echilibrului dintre forța greutății pistonului și sarcinilor așezate pe acest piston G și forța de pe capătul inferior al pistonului determinată de presiunea p .

Se poate scrie

$$p = \frac{G}{S_a} \quad (15.9)$$

în care:

G este suma greutății pistonului cu taler și a sarcinilor așezate pe piston;

S_a - aria activă a pistonului.

În Fig. 15.12 este prezentat un manometru cu piston și greutate, prevăzut cu limitator de cursă (șaița 1).

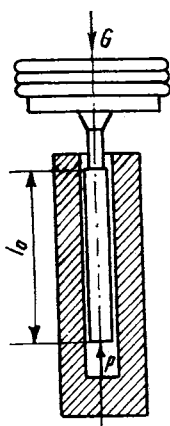


Fig. 15.11. Ansamblul piston-cilindru.

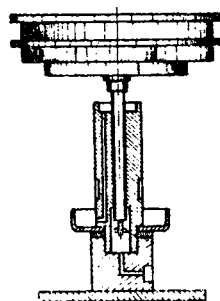


Fig. 15.12. Manometru cu piston și greutate cu limitator de cursă.

Limita de măsură este cuprinsă între 1 și 6 MPa.

Aria activă a pistonului este de 1 cm^2 sau $0,5 \text{ cm}^2$.

Lichidele de lucru utilizate la aceste aparate cu piston și greutate sînt: ulei de transformator, ulei de ricin, ulei de vaselină, uleiuri siliconice, petrol lampant, glicerină, alcool și apă.

În prospectul aparatului se indică lichidul de lucru. Se cere ca aparatele cu piston să lucreze cu lichidul care s-a folosit la verificarea aparatului.

În prezent, se folosesc manometre care utilizează aerul ca fluid de lucru. Limita maximă la aceste aparate este 0,6 - 0,7 MPa.

Aceste aparate înlocuiesc în prezent manometrele cu lichid și se folosesc în laborator ca etaloane.

15.3.5. Aparate cu traductoare cu ionizare. Se folosesc ca vacuummetre pentru măsurarea depresiunii.

Depresiunea este o expresie mai rar întrebuințată în tehnică, mai frecvent se folosește termenul vacuum.

Pentru depresiuni foarte scăzute, se întrebuințează noțiunea de vid înaintat.

Traductorul la acest tip de aparat este asemănător unei triode prevăzută cu un racord la recipientul pentru care se cere determinarea vidului înaintat.

Principiul de funcționare, așa cum se prezintă în Fig. 15.13, este prezentat în continuare.

Electronii emiși de catodul cald sînt atrași și accelerați de grilă care se află la un potențial mai ridicat față de potențialul catodului. În drumul lor, ciocnesc moleculele gazului provenite din recipientul al cărui vacuum trebuie măsurat. Prin ciocnire, se nasc ioni pozitivi, care vor fi atrași de colectorul polarizat negativ în raport cu catodul cald.

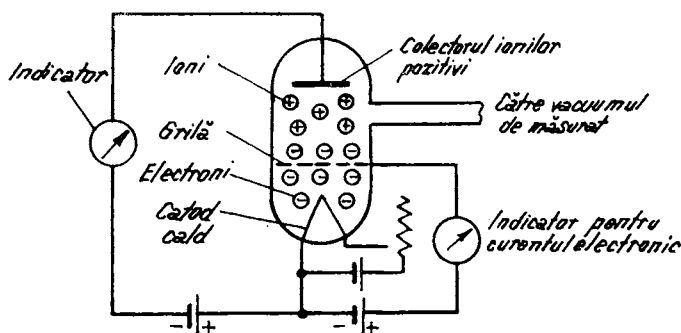


Fig.15.13. Traductor de vacuum cu ionizare.

Acest flux de ioni pozitivi reprezintă un curent ionic, proporțional cu depresiunea gazului din recipient, pentru valori sub 10^{-3} mm Hg.

Peste această valoare, relația curent ionic-depresiune nu mai este proporțională, iar rezultatul măsurării este eronat.

Din acest motiv, aparatul este folosit pentru măsurări sub 10^{-3} mm Hg când precizia măsurărilor este acceptată.

De exemplu, pentru o valoare a depresiunii egală cu 10^{-5} mm Hg precizia este de cca 10%.

Intervalul depresiunii sau vacuumului măsurat este cuprins între 10^{-11} și 10^{-3} mm Hg iar sensibilitatea este de $100 \mu A / 10^{-6}$ mm Hg.

Aparatul descris funcționează cu catodul cald, dar există și aparate, bazate pe același principiu, cu catodul rece.

Intervalul vacuumului măsurat cu aparate cu traductoare cu catod rece este cuprins între 10^{-7} și 10^{-2} mm Hg și o precizie de 20%.

15.3.6. Aparate cu traductor termic. Aceste aparate se bazează pe dependența care există între conductivitatea termică a gazelor și presiunea lor. Deci, un detector de temperatură, plasat în incinta al cărui vacuum se măsoară, va sesiza diferit temperatura creată de o sursă de putere constantă, corespunzător presiunii din incintă.

În fig. 15.14 este prezentat un vacuummetru care folosește

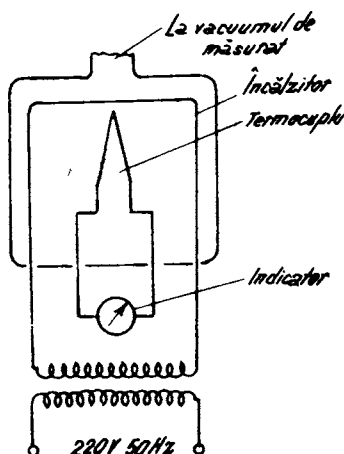


Fig. 15.14. Traductor de vacuum cu termocuplu.

ca detector termic de temperatură un termocuplu. Încălzitorul este un filament care disipă o putere constantă; este alimentat în curent alternativ.

Precizia măsurării este cuprinsă între 2 și 10%.

Tot un vacuummetru cu traductor termic este vacuummetrul cu termorezistor (Fig. 15.15).

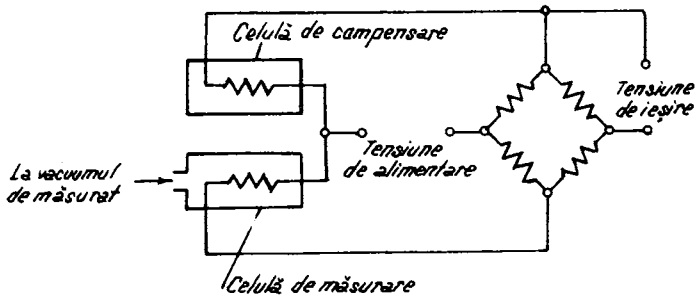


Fig.15.15. Traductor de vacuum cu termorezistor.

Celula de compensare, în care este plasat un rezistor identic cu cel din celula de măsurare, are ca scop să anuleze influența temperaturii ambiante.

Ambele rezistoare sînt conectate la o punte Wheatstone dezechilibrată și care furnizează la ieșire o tensiune care depinde de rezistența din celula de măsură și implicit de vacuumul de măsurat.

CAPITOLUL 16

MASURAREA VISCOZITATII

16.1. GENERALITATI

Deplasarea fluidelor printr-o conductă sub influența forțelor externe se numește curgere.

Cînd se exercită o presiune la un capăt al conductei, curgerea este forțată. Dacă curgerea lichidului prin conductă este determinată de o diferență de nivel între cele două capete ale conductei, atunci curgerea este liberă.

Presiunea sau forța gravitației care pun lichidul în mișcare sînt forțele motoare. Acestor forțe de antrenare se opun forțele rezistențe respectiv forțele de adeziune dintre fluid și pereții conductei și cele de adeziune dintre moleculele fluidului. Aceste forțe rezistente care acționează ca forțe de frecare interioară constituie o caracteristică a fluidului care se numește viscozitate. Deci, viscozitatea este proprietatea fluidelor de a opune rezistență la curgerea lor și este o consecință a forțelor de frecare dintre straturile fluidului și dintre fluid și pereții conductei.

Dacă straturile de fluid se deplasează paralel între ele, curgerea este laminară, dar dacă straturile se întrepătrund atunci curgerea este turbulentă.

Viscozitatea definită mai sus se numește viscozitate dinamică. Se notează cu litera grecească η (eta).

Viscozitatea cinematică, a unui fluid se notează cu litera grecească ν (niu) și este raportul dintre viscozitatea dinamică η și densitatea ρ (ro) a fluidului respectiv .

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (16.1)$$

în care:

ν este viscozitatea cinematică a fluidului;

η - viscozitatea dinamică a fluidului;

ρ - densitatea fluidului.

Viscozitatea convențională este o mărime introdusă în diferite aplicații practice și care se stabilește printr-o măsurare a timpului de curgere a unui volum de lichid în anumite condiții stabilite convențional.

Viscozitatea convențională se folosește în deosebi la caracterizarea proprietății de curgere a produselor petroliere.

Variația viscozității cu temperatură. Experimental, s-a constatat că viscozitatea dinamică variază cu temperatura; la creșterea temperaturii, viscozitatea se micșorează.

În practică, este importantă cunoașterea modului în care variază viscozitatea uleiurilor lubrifiante la diferite temperaturi .

Se consideră că lubrifiantii care au o viscozitate suficient de ridicată la temperatura de lucru și o viscozitate nu așa de ridicată la temperaturi scăzute, sînt de bună calitate.

Indicele Dean-Davis exprimă variația viscozității uleiurilor cu temperatura și se folosește și în țara noastră.

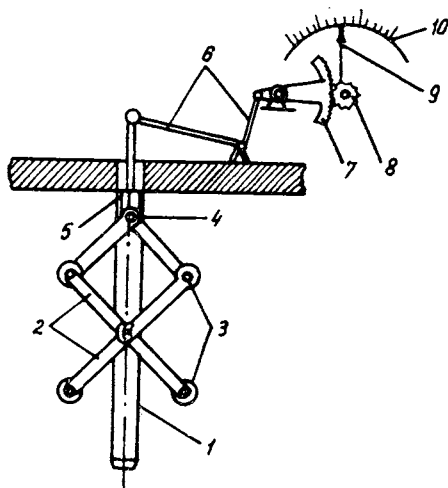


Fig. 18.1. Tuometrul centrifugal.

Pe axul de antrenare 1, sînt articulate pîrghiile 2 care au la capete greutatea 3. Aceste greutăți transformă mișcarea de rotație în mișcare de deplasare a piesei 4 care culisează în ghidajul 5. De aici, prin pîrghia 6, se transmite mișcarea sectorului dințat 7 și apoi pinionului 8.

Pe axul pinionului 8 este fixat acul indicator 9 ale cărui deplasări se citesc pe scara gradată 10. În timpul funcționării, masele 3 dau naștere forței centrifuge.

$$F = mr \omega^2 \quad (18.7)$$

în care:

m este masa greutăților 3;

r - raza cercului descris de greutate;

ω - viteza unghiulară de măsurat.

18.3.2. Turometrul cronometric (Fig.18.3). Se compune dintr-un contor de turații și un cronometru cu cuplare simultană și decuplare automată.

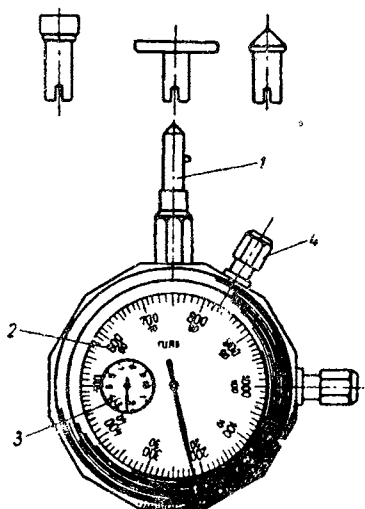


Fig.18.3. Turometrul cronometric.

Numărul rotațiilor axului de antrenare 1 sînt indicate pe cadranul 2, iar durata de timp dintre cuplare și decuplare se citește pe cadranul 3. Butonul 4 se folosește pentru schimbarea raportului de demultiplicare.

Durata de cronometrare este cuprinsă între 30 și 60 secunde.

18.3.3. Turometrul cu generator electric. Se mai numește și tahogenerator. Este un generator electric rotativ de mică putere, special. Acesta furnizează o tensiune electrică a cărei valoare este proporțională cu turația.

Principiul de funcționare se bazează pe fenomenul inducerii unei tensiuni electromotoare într-un conductor care se deplasează într-un câmp magnetic.

După generatorul folosit, aparatele din această clasă se grupează în tuometre cu generator electric de curent alternativ, de curent continuu și cu generator unipolar.

Tuometrul cu generator electric de curent alternativ (Fig. 18.4) se compune dintr-un generator de curent alternativ și un voltmetru gradat în rotații/minut (nu este prezentat în Fig. 18.4).

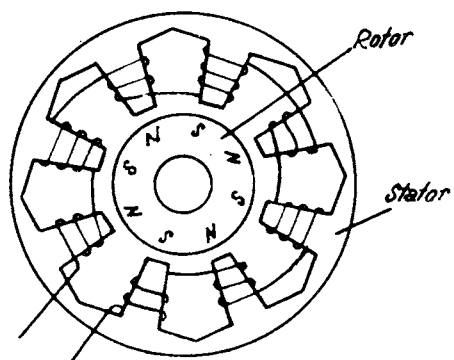


Fig. 18.4. Tuometrul cu generator electric de curent alternativ.

Generatorul este format dintr-un magnet permanent cu mai multe perechi de poli (1....12) - rotorul - și dintr-un stator realizat din tole magnetice cu creștături în care sînt plasate bobinele și în care se induce tensiunea electromotoare.

Turația maximă ce se măsoară este de 5 000 rot/min iar tensiunea electromotoare obținută în stator este de la 10 volți pînă la cîteva sute de volți.

Pentru indicarea turației, se folosește voltmetrul cu redresor a cărui scală este gradată în rot/min.

Turometrul cu generator electric de curent continuu se deosebește de precedentul prin generatorul care furnizează tensiunea electromotoare. Acest generator este o micromașină cu colector la care câmpul inductor este creat de un magnet permanent.

Turația este cuprinsă între 750 și 2 000 rot/min iar tensiunea electromotoare generată este de la 5 V pînă la 30 V.

Acest tip de turometru este avantajos pentru că generatorul de curent continuu are cuplu mic la pornire și în funcționare iar tensiunea electromotoare generată permite determinarea sensului de rotație. Indicarea turației se face cu un voltmetru de curent continuu conectat direct la generator și gradat corespunzător.

Al treilea tip de turometru cu generator electric, este turometrul cu generator unipolar. Tensiunea electromotoare - în acest caz - este furnizată de un generator unipolar și este proporțională cu turația n :

$$U = K n. \quad (18.8)$$

Voltmetrul de curent continuu - folosit la măsurarea tensiunii generatorului unipolar - se gradează în rot/min.

Valoarea tensiunii furnizate la ieșirea generatorului este de ordinul milivolților ($U_{\text{ieșire}} = 10 \text{ m V}$ pentru 1 000 rot/min).

Turația maximă care se poate măsura cu acest turometru este $n_{\text{max}} = 5\,000 \text{ rot/min}$. Precizia este de 1%.

Prezintă avantajul că tensiunea generatorului depinde de sensul de rotație și prin urmare instrumentul de măsură va indica sensul de mișcare.

18.3.4. Tuometrul cu curenți turbionari (Fig.18.5). Acest tip de tuometru se compune dintr-un magnet permanent antrenat de arborele căruia i se măsoară turația, dintr-un pahar metalic din cupru sau aluminiu fixat pe același ax al tuometrului cu acul indicator și un resort.

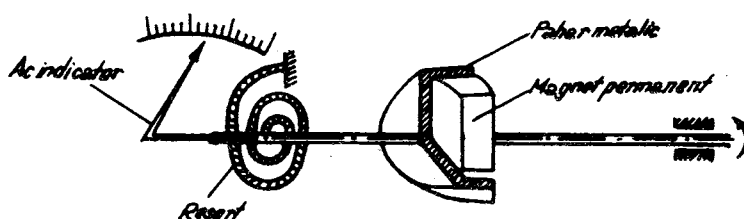


Fig.18.5. Tuometrul cu curenți turbionari.

Liniile de câmp ale magnetului permanent intersectînd paharul metalic, induc în acesta tensiuni electromotoare proporționale cu turația. Tensiunile electromotoare generează curenții turbionari care circulă prin paharul metalic și care interacționează cu fluxul magnetic al magnetului permanent.

În urma acestei interacțiuni, se produce un cuplu de torziune proporțional cu turația:

$$M = K \frac{p \Phi^2 n}{\rho} \quad (18.9)$$

în care:

K este o constantă;

p - numărul de perechi de poli ai magnetului permanent;

Φ - fluxul magnetic al unui pol;

n - turația care se măsoară;

ρ - rezistivitatea discului.

Acest moment este echilibrat de cuplul rezistent și antagonist al resortului

$$M_r = K_e \alpha \quad (18.10)$$

în care:

K_e este o constantă;

α - unghiul de rotație al resortului respectiv al acului indicator;

La echilibru, cuplurile sînt egale

$$M = Mr \quad (18.11)$$

sau

$$\alpha = K_i n \quad (18.12)$$

în care K_i este constanta instrumentului.

Prin urmare, unghiul de rotație sau "deviația" acului indicator este proporțională cu turația ce se măsoară.

Dacă se plasează acul indicator în fața unui cadran gradat în rot/min se poate citi direct turația.

Turometrul cu curenți turbionari este simplu, robust și are puține piese în mișcare. Acest instrument se poate folosi ca vitezometru de bord pentru autovehicule, determinarea vitezei acestora fiind redusă la măsurarea unei turații.

În acest caz, acționarea magnetului permanent se face cu un arbore flexibil cuplat la cutia de viteză sau chiar la una din roți.

Domeniul de măsură este cuprins între 20 și 10 000 rot/min.

Dacă se compensează temperatura, precizia este de 0,5... 1,5%.

18.3.5. Turometrul stroboscopic. Acest aparat funcționează pe baza efectului stroboscopic. Imaginea unui obiect în mișcare de rotație, prezentată observatorului pentru o perioadă foarte scurtă de timp și la interval de o rotație, lasă impresia că obiectul este staționar. Dacă imaginea obiectului apare mai repede sau mai devreme de o rotație a obiectului, observatorul sesizează o mișcare foarte lentă a obiectului, spre dreapta sau spre stînga. Constructiv există:

- turometrul stroboscopic mecanic;
- turometrul stroboscopic electronic.

Turometrul stroboscopic mecanic se folosește pentru măsurători expeditivă și mai puțin precise; mișcarea de rotație trebuie să fie mai lentă. Aparatul are un disc rotitor cu una sau mai multe fante. Obiectul - ce se rotește - este privit prin fantele discului rotitor și cînd turația discului corespunde cu a obiectului, imaginea acestuia apare ca staționară. Condiția de corespondență a turațiilor discului și obiectului se obține prin modificarea turației discului indicată pe scara aparatului.

Turometrul stroboscopic electronic prezentat în Fig. 18.6 se bazează pe următorul principiu de funcționare:

Obiectul în rotație este luminat periodic cu impulsuri de mare intensitate și de scurtă durată, de frecvență f_s , de la o lampă fulger.

Dacă între frecvența impulsurilor luminoase f_s și turația n a obiectului în mișcare există egalitate, obiectul va fi luminat mereu în aceeași poziție și va lăsa impresia observatorului - datorită inerției ochiului - că obiectul este staționar.

$$\text{Avem } n = f_s. \quad (18.13)$$

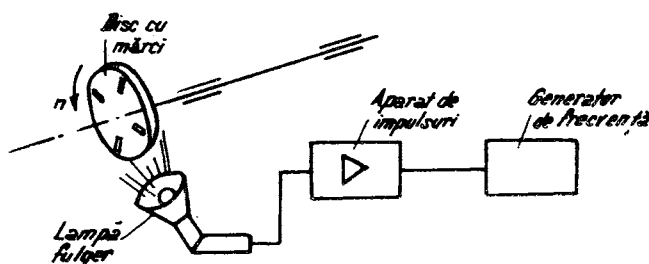


Fig. 18.6. Turometrul stroboscopic.

Pentru turații mici, se folosește un disc fixat pe axul rotitor supus măsurării (conform Fig.18.6).

Pe disc, se lipesc un număr z de mărci. În acest caz avem:

$$n = \frac{f_s}{z} \quad (18.14)$$

Lampa fulger care furnizează impulsurile luminoase de mare intensitate și scurtă durată este o lampă specială cu descărcare în gaz. Foarte utilizat este xenonul pentru că în acest caz energia luminoasă este repartizată în spectrul vizibil.

Schema bloc a turometrului stroboscopic electronic este prezentată în Fig.18.7.

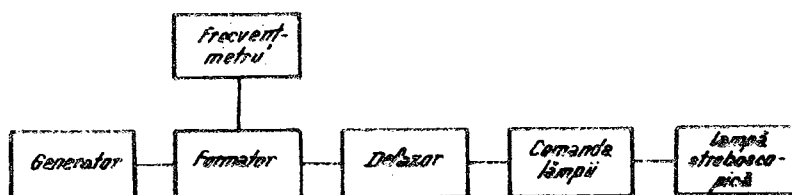


Fig.18.7. Schema bloc a tuometrului stroboscopic electronic.

Energia - înmagazinată într-un condensator - se descarcă prin lampa fulger la apariția unui impuls de comandă.

Impulsurile de comandă se obțin de la generator și sînt formate în blocul formator. Frecvența lor se poate modifica de la generator și se poate citi cu ajutorul unui frecvențimetru sau pe o scară gradată a generatorului. Scările pot fi gradate direct în rot/min.

Blocul defazor servește la defazarea impulsului luminos.

La noi în țară s-a realizat stroboscopul electronic N2601 destinat în special măsurării turației. Cu ajutorul acestuia se poate analiza și comportarea obiectelor în mișcare.

Tuometrele stroboscopice - cunoscute și sub numele de stroboscoape - au avantajul că turația se poate măsura fără contact mecanic cu obiectul aflat în mișcare de rotație.

Domeniul de măsură este cuprins între 100 și 60 000 rot/min.

Tuometrele prezentate - cu excepția tuometrului stroboscopic - prezintă dezavantajul că montarea lor pe arborele a cărui turație se măsoară nu este posibilă întotdeauna. De asemenea, montarea lor pe mecanisme de putere mică nu este posibilă din cauza gabaritului și a consumului de putere ridicat.

Din acest punct de vedere este necesar să se folosească metode indirecte de măsurare a turației.

Turometrele care aparțin acestei categorii sînt:

- turometrul cu contacte electrice;
- turometrul cu reluctanță variabilă;
- turometrul capacitiv;
- turometrul magnetorezistiv ;
- turometrul cu disc magnetic;
- turometrul fotoelectric;
- turometrul inductiv;
- turometrul care folosește scînteile motoarelor cu ardere internă.

18.3.6. Turometrul cu contacte electrice (Fig.18.8). Arborele 1, a cărui turație se măsoară, închide prin cama 2, la fiecare rotație, contactul electric 3.

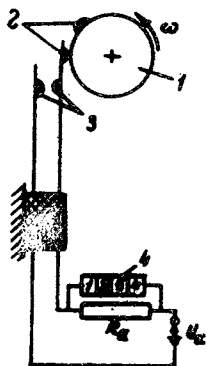


Fig.18.8. Turometrul cu contacte electrice.

Contactul electric 3 se inseriază cu o sursă de curent continuu U_a și dă naștere la un impuls pentru fiecare rotație.

Impulsurile sînt numărate de numărătorul de impulsuri 4.

O altă soluție, constă în folosirea unui releu cu contacte magnetice în vid. La fiecare rotație, o piesă atașată arborelui care se rotește perturbă câmpul magnetic al releului și provoacă închiderea contactului acestuia.

Gama de turații pentru care se folosește acest procedeu este foarte largă: 0... 40 000 rot/min.

18.3.7. Tuometrul cu reluctanță variabilă (Fig. 18.9). Roata dințată din material feromagnetic se rotește în fața miezului de fier pe care este plasată o bobină.

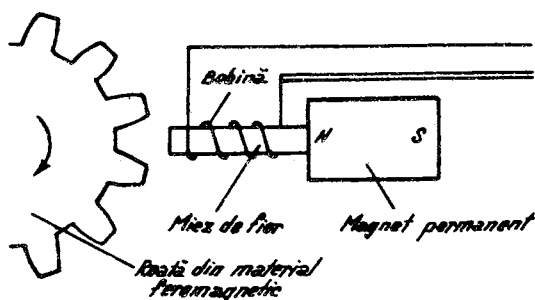


Fig. 18.9. Tuometrul cu reluctanță variabilă.

Cînd dinții trec prin dreptul miezului de fier, reluctanța circuitului magnetic se modifică și totodată fluxul magnetic generat de magnetul permanent N-S. La variația fluxului magnetic se induce în bobină o tensiune electromotoare. Această tensiune - prezentă la bornele bobinei - constituie semnalul util.

Frecvența acestui semnal este

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad (18.15)$$

în care:

f este frecvența semnalului de la bornele bobinei în Hz;

n - turația roții dințate în rot/min;

p - numărul de dinți ai roții dințate.

Roata dințată poate fi o roată de angrenare a arborelui cărui se măsoară turația. Se poate improviza chiar un dinte (știft, cap de șurub etc.) pe o piesă care se rotește.

18.3.8. Turometrul capacitiv. Pe arborele a cărui turație se măsoară, se montează un disc cu o proeminență care modifică, la trecerea prin dreptul unei armături, capacitatea.

Variația capacității are ca urmare variația tensiunii electrice de la bornele condensatorului și apariția unor impulsuri electrice.

Aceste impulsuri - care indică turația arborelui - sînt comparate cu impulsuri de frecvență cunoscută și afișate pe ecranul unui osciloscop.

Se folosește pentru domeniul de turație $n = 0 \dots 10.000$ rot/min.

Eroarea de măsurare este sub 1%.

18.3.9. Turometrul magnetorezistiv (Fig.18.10). Este asemănător turometrului cu reluctanță variabilă. La acesta, însă, amplitudinea semnalului furnizat nu mai depinde de viteza de rotație.

Sursa de alimentare în curent continuu de 12 V alimentează magnetorezistorul. Rezistența magnetorezistorului este dependentă de fluxul magnetic ceea ce provoacă variația tensiunii la bornele acestuia și apariția semnalului U_g la ieșire.

Amplitudinea semnalului U_g depinde numai de fluxul magnetic; nu depinde de viteza de variație a fluxului.

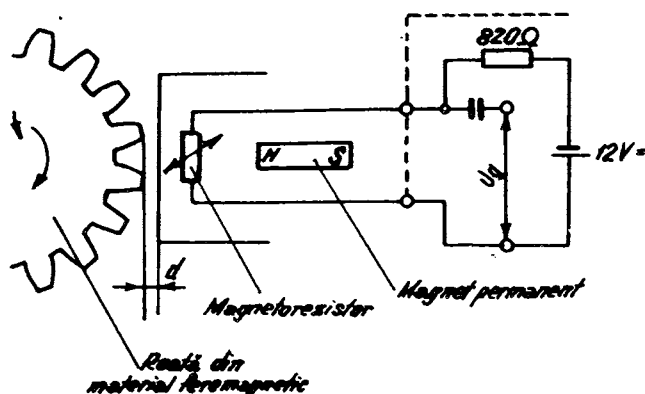


Fig. 18.10. Turometrul magnetorezistiv.

Cînd un dinte al roții dințate din material feromagnetic trece prin fața magnetorezistorului se obține un salt al semnalului.

Frecvența semnalului este dată de relația (18.14) în care n și p au aceleași semnificații.

18.3.10. Turometrul cu disc magnetic. În principiu, acest tip de aparat funcționează ca turometrul cu reluctanță variabilă. În locul roții dințate se folosește un disc acoperit cu o substanță feromagnetică. Depunerea prezintă, la intervale egale, discontinuități. În fața discului este plasat un cap magnetic de citire în care se induce o tensiune electromotoare care reprezintă semnalul de ieșire.

Pentru că pe discul magnetic se pot înscrie multe discontinuități, aparatul este avantajos la măsurarea turațiilor joase.

18.3.11. Turometrul fotoelectric (Fig. 18.11). Funcționarea acestui aparat este următoarea:

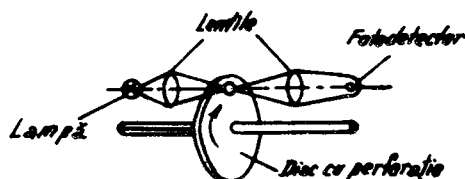


Fig. 18.11. Turometrul fotoelectric.

Lumina emisă de lampa electrică și concentrată de lentile este proiectată pe fotodetector. Între cele două lentile, se rotește un disc montat pe arborele a cărui turație se măsoară.

În disc, este practicat un orificiu prin care, la fiecare rotație, lumina trece pentru un timp scurt. Fotodetectorul - un foto-tranzistor sau o fotodiodă - generează un impuls la fiecare rotație a discului. Acest impuls poate fi amplificat într-un etaj amplificator.

Dacă se folosește un disc cu mai multe orificii, se pot obține mai multe impulsuri pentru fiecare rotație. În acest caz, turo-metrul fotoelectric poate măsura turații foarte joase.

18.3.12. Turometrul inductiv. Bobina unui oscilator electronic este plasat în apropierea unei piese metalice dințate de pe arborele căruia i se măsoară turația.

Când dinții piesei metalice perturbă câmpul magnetic al bobinei, oscilatorul încetează să mai funcționeze. Schimbarea stării oscilatorului electronic determină modificarea semnalului furnizat de oscilator. Vor apărea la ieșire impulsuri de frecvență egală sau proporțională cu turația piesei metalice. Nivelul semnalului furnizat la ieșire nu depinde de viteza de rotație a piesei metalice dințate.

S-au realizat circuite integrate speciale pentru a fi folosite la tuometrele inductive. Un astfel de circuit integrat este TCA475 produs de firma SESCOSEM. In Fig. 18.12 este reprezentată schema electrică a tuometrului inductiv realizată cu circuitul integrat TCA 475.

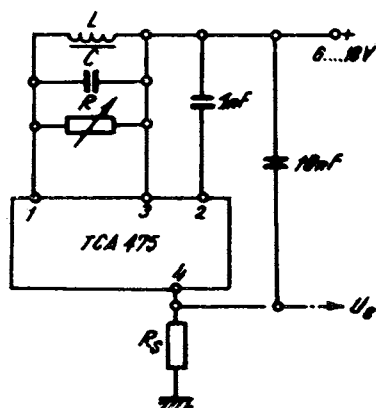


Fig.18.12. Tuometrul inductiv cu circuit integrat TCA 475.

18.3.13. Tuometrul care folosește scînteile motoarelor cu ardere internă.

Acest aparat se folosește exclusiv la măsurarea turației motoarelor cu ardere internă cu aprindere prin scînteie electrică. Pe unul din cablurile pentru bujii se aplică un miez de ferită format din două jumătăți (Fig.18.13).

Ăsemănător transformatorului de curenți tip clește, circuitul primar este cablul de bujie iar circuitul secundar este înfășurarea de pe miezul de ferită.

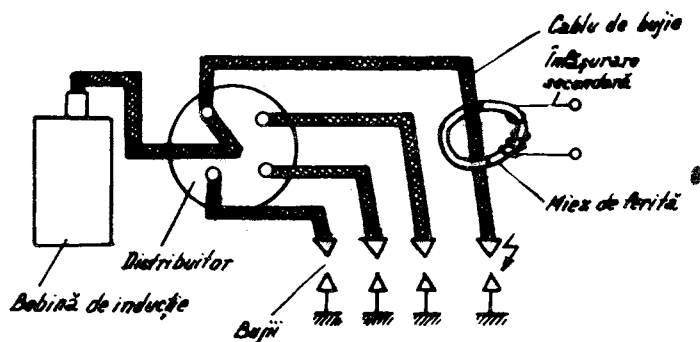


Fig.18.13. Turometrul care folosește scînteile motoarelor cu ardere internă.

La fiecare scînteie declanșată între electrozii bujiei prin cablul de bujie, în înfășurarea secundară apare un impuls care comandă circuitele turometrului. Frecvența semnalului dat de această înfășurare, atunci cînd inelul de ferită este aplicat cablului fișei centrale a distribuitorului, este

$$f = az \frac{n}{60} \quad (18.16)$$

în care:

f este frecvența semnalului furnizat de înfășurarea secundară în Hz;

n - turația motorului în rot/min;

z - numărul de cilindri;

a - un coeficient egal cu 0,5 pentru motoarele în 4 timpi și egal cu 1 pentru motoarele în 2 timpi.

18.3.14. Circuite de măsurare pentru tuometrele cu impulsuri. Pentru transformarea semnalului de forma unui tren de impulsuri - care apare la tuometrele descrise mai sus - într-un semnal măsurabil, se folosesc circuite de măsurare.

Aceste circuite sînt:

- circuite de măsurare analogică și
- circuite de măsurare digitală.

Circuite de măsurare analogică. Rolul circuitului de măsurare analogic este de a furniza un curent a cărui valoare să fie proporțională cu frecvența impulsurilor care apar în timpul rotirii arborelui căruia i se măsoară turația.

Curentul debitat este măsurat cu un instrument de măsurat curentul (magnetoelectric) gradat în rot/min. Prin urmare, acest circuit de măsurare este un convertor frecvență - curent.

Un curent proporțional cu frecvența semnalului de intrare dintr-un convertor frecvență - curent se poate obține prin două metode.

O metodă constă în obținerea la ieșire a unui curent normalizat ca amplitudine și durată, de frecvență egală cu frecvența semnalului de intrare. Valoarea medie a curentului I_{med} obținut la ieșire este indicată de instrumentul de măsurat.

$$I_{med} = K \frac{t_o}{T} U_m = K t_o U_m = K_1 f = K_2 n \quad (18.17)$$

în care:

I_{med} este curentul mediu măsurat de instrument;

t_o - durata impulsurilor;

T, f - perioada respectiv frecvența impulsurilor aplicate

la intrarea convertorului frecvență - curent;

U_m - amplitudinea tensiunii impulsului;

n - turația de măsurat;

K, K_1, K_2 - constante.

Din relația (18.17) rezultă că pentru realizarea unei caracteristici liniare $I_{med} = f(n)$, este necesar ca amplitudinea tensiunii V și durata impulsurilor t_0 să fie constante.

În acest scop se limitează semnalul cu ajutorul diodelor Zener iar impulsurile de durată t_0 se obțin cu ajutorul circuitelor basculante monostabile.

A doua metodă constă în măsurarea valorii medii a curentului de încărcare (sau de descărcare) a unui condensator cărui i se aplică impulsuri de tensiune de amplitudine constantă și de frecvență egală cu frecvența semnalului de intrare în convertorul frecvență - curent. La această metodă nu se mai cere ca durata impulsurilor să fie constantă.

Tuometrele care folosesc circuite de măsurare analogică după cele două metode au o eroare de 0,5%.

La această eroare, trebuie să se adauge și eroarea instrumentului de măsură care nu este mai mică de 0,5%.

Circuite de măsurare digitală. Măsurarea digitală a turației constă în numărarea într-un interval anumit de timp a impulsurilor și afișarea numerică a rezultatelor.

Pentru ca rezultatul măsurării să fie exprimat în rotații pe minut se obișnuiește să se folosească traductoare de turație care la o rotație completă a arborelui furnizează 60 de impulsuri.

Totodată, aceste traductoare trebuie să fie conectate la intrarea unui frecvențmetru digital cu interval de timp de numărare de 1 s.

Schema bloc a unui tuometru cu circuite de măsurare digitală este prezentată în Fig. 18.14.

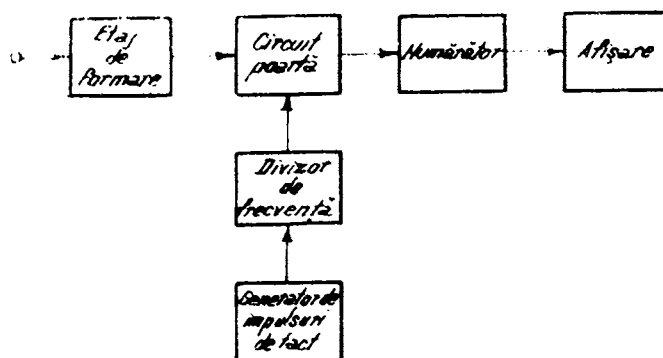


Fig. 18.14. Tachometru cu circuite de măsurare digitală.

Impulsurile furnizate de traductor sînt formate în etajul de formare și aplicate circuitului poartă care într-un interval de timp T_m permite transmiterea lor la numărător.

Timpul T_m se prestabilește cu ajutorul circuitului divizor de frecvență astfel ca rezultatul măsurării să reprezinte turația în rot/min.

Expresia matematică a lui T_m este

$$T_m = \frac{3 \cdot 10^\alpha}{m} \quad (18.18)$$

în care:

m este numărul de impulsuri dat de traductor la o rotație;

α - exponent care ține seama de timpul de măsurare dorit și de numărul de cifre al dispozitivului de afișare.

CAPITOLUL 19

MASURAREA VIBRATIILOR

19.1. GENERALITATI

Vibrațiile sînt oscilații mecanice de amplitudine și frecvență anumită ce se propagă în volumul unor corpuri solide supuse inițial unei perturbații exterioare.

Existența vibrațiilor nu este dorită pentru că: reduce calitatea suprafețelor prelucrate în cazul mașinilor unelte, provoacă oboseala nervoasă a muncitorilor, micșorează durata de funcționare și precizia de lucru a mecanismelor etc.

Cauzele vibrațiilor sînt numeroase dar cele mai importante sînt următoarele:

- modul de fixare al utilajelor pe fundații;
- prezența unor mase neechilibrate care se mișcă circular;
- uzura unor piese sau subansambluri ale utilajelor (ex: uzura și creșterea jocurilor în lagăre);
- rulmenții a căror frecvență de vibrație depinde de turație;
- ansambluri mobile ca mesele cu mișcare rectilinie alternativă, angrenaje, cuplaje;

Pentru combaterea vibrațiilor trebuie să se acorde atenție fixării utilajelor pe fundații. Folosirea unor plăci amortizoare din cauciuc sau fixarea motorului de antrenare în afara batiului mașinii sînt soluții tehnice care se aplică cu rezultate bune. De asemenea - în cazul rulmenților - este important ca turația utilajului să fie mai

mare sau mai mică decât turația care determină frecvența de rezonanță a rulmenților.

19.2. MIJLOACE DE MASURARE A VIBRATIILOR

19.2.1. Clasificare. Mijloacele de măsurare a vibrațiilor se clasifică după mai multe criterii;

a) după legătura cu corpul ale cărui vibrații se determină:

- mijloace de măsurare în contact cu obiectul;
- mijloace de măsurare fără contact cu obiectul;

b) după principiul de construcție:

- mijloace de măsurare cu punct fix la care corpul mijlocului de măsurare are o poziție fixă iar palpatorul este în contact cu obiectul ale cărui vibrații se măsoară;

- mijloace de măsurare seismice la care corpul mijlocului de măsurare este prins de obiectul ale cărui vibrații se măsoară iar în interiorul mijlocului de măsurare este plasat un sistem oscilant format dintr-o masă seismică și un arc; măsurarea rezultă din mișcarea sistemului oscilant în raport cu corpul mijlocului de măsurare;

c) după modul de citire a rezultatelor:

- indicatoare;
- înregistratoare;

d) după modul de acționare:

- mecanice;
- optice;
- acustice;
- electronice.

În continuare, se vor prezenta mijloacele de măsurare mecanice și electronice ca fiind cele mai răspândite. Aparatele mecanice prezintă avantajul că sînt simple, ieftine, ușor de manipulat și au o precizie satisfăcătoare. Aparatele electronice au alte avantaje: semnalele pot fi ușor amplificate ceea ce permite măsurarea celor mai mici amplitudini. De asemenea cu același aparat electronic se poate acoperi o gamă largă de frecvențe.

Aparatele principale din această categorie sînt următoarele:

19.2.2. Tastograful. Este cel mai folosit aparat mecanic. Acoperă un domeniu de frecvență de 0...350 Hz iar amplitudinile măsurate sînt cuprinse între 0,005 și 20 mm. Este compus dintr-un palpator, un mecanism de multiplicare cu pîrghii, un mecanism de înregistrare cu tambur și un mecanism de ceasornic. Palpatorul preia vibrațiile de la corpul de studiat și le transmite mecanismului de multiplicare; acesta la rîndul său, printr-un ac inscriptor, înregistrează vibrațiile pe hîrtia de pe mecanismul de înregistrare cu tambur. Tamburul este antrenat de mecanismul de ceasornic. Acest tip de aparat lucrează în condiții diferite de multiplicare, nu reclamă condiții speciale de lucru și se comportă satisfăcător în domeniul frecvențelor și amplitudinilor care apar în procesul prelucrărilor mecanice sau în alte procese similare. Pentru măsurarea vibrațiilor corpurilor rotitoare, aparatul este prevăzut cu un palpator cu role. În Fig. 19.1 este prezentat un tastograf realizat de Metallwerke - Meerane - R.D.G.

Reperete marcate pe desen reprezintă următoarele: 1- tijă de palpate; 2- tub de ghidare; 3- șurub de fixare și reglaj al arcului; 4- arc de pretensionare; 5- carcasă; 6- pîrghie de transmitere a mișcării; 7- capac de protecție; 8- tijă de transmitere a mișcării;

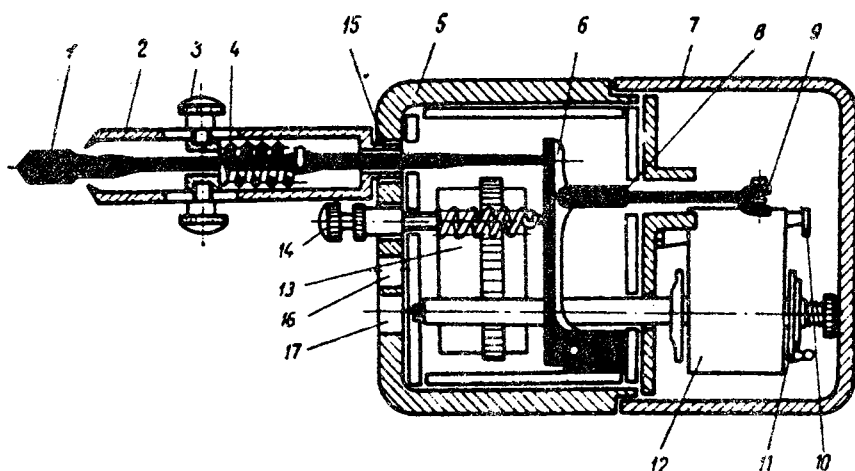


Fig. 19.1. Tastograf.

9- pîrghia acului inscriptor; 10- suportul pe care se face înregistrarea; 11- tambur rotitor pentru derularea hîrtiei; 12- hîrtie de înregistrare; 13- mecanism de ceasornicărie; 14- șurub de blocare; 15- poziția de lucru a tubului 2 pentru multiplicări de 2 și respectiv de 10 ori; 16- poziția de lucru a tubului 2 pentru multiplicări de 5 și 10 ori; 17- poziția de lucru a tubului 2 pentru multiplicări de 10 și 20 ori.

19.2.3. Vibrograful. Acest aparat aparține mijloacelor de măsurare seismice. Masa seismică cu inerție proprie se leagă de carcasa aparatului; fiind legată prin intermediul unor arcuri nu preia vibrațiile carcasei. Acul indicator primește vibrațiile prin intermediul unui palpator solidar cu carcasa. Mecanismul de antrenare a benzii de hîrtie este montat în ansamblul masei seismice; se permite

astfel înregistrarea mișcărilor relative ce se produc între masă și carcasă respectiv obiectul supus măsurării. Vibrografele se folosesc pentru frecvențe cuprinse între 2 și 350 Hz și pentru amplitudini de 0,01...15 mm.

În Fig. 19.2 este prezentat un astfel de aparat.

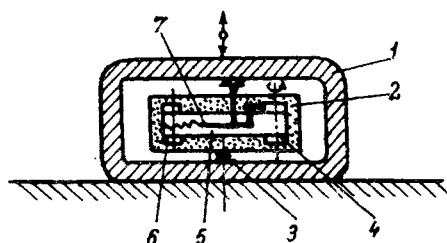


Fig. 19.2. Vibrograf.

Reperetele marcate pe desen reprezintă următoarele; 1-car-casă; 2- masă seismică; 3- arcuri de sprijin; 4- rolă colectoare; 5- bandă de hîrtie; 6- rolă debitoare; 7- peniță.

19.2.4. Torsiograful. Cu ajutorul acestui aparat se înregis-trează vibrații provocate de corpuri care se rotesc la turații critice, care prezintă abateri unghiulare sau neuniformități.

În principiu, aparatul se compune din două subansambluri:

- un disc fixat pe arborele aparatului și cuplat printr-o flanșă (neelastic) cu arborele ale cărui vibrații se studiază (pe disc se derulează hîrtia pentru înregistrare);

- un volant - masa seismică - montat pe arborele aparatu-lui.

Volantul se leagă pe disc prin arcuri slabe. Tot pe volant este fixat acul inscriptor. Între discul care se rotește neuniform și

volantul care se mișcă uniform apar deplasări relative. Aceste deplasări se înregistrează - prin intermediul unui mecanism cu pârghii - de acul inscriptor. Domeniul frecvențelor înregistrate este de 0,5... 350 Hz iar cel al amplitudinilor este între 0,02 și 10 mm.

19.2.5. Instalație electronică de măsurare a vibrațiilor.

Este o instalație complexă cu posibilitatea de măsurare a vibrațiilor în mai multe puncte. În Fig. 19.3 este redată schema unei instalații electronice de măsurare. Cu ajutorul acestei instalații se măsoară vibrațiile în mai multe puncte ale unui utilaj.

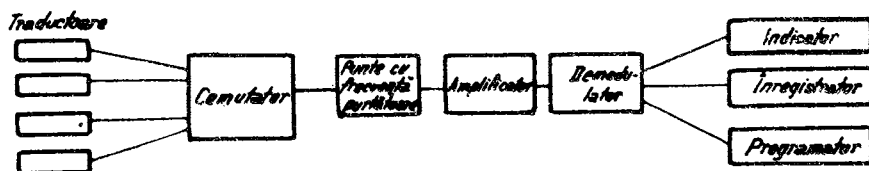


Fig. 19.3. Schema unei instalații electronice de măsurare a vibrațiilor.

Traductoarele întrebuințate pot fi capacitive, inductive, rezistive sau piezoelectrice. Comutatorul conectează succesiv traductoarele la puntea de frecvență purtătoare. După amplificare, semnalele sînt demodate, frecvența purtătoare este eliminată iar semnalele de ieșire - care reprezintă vibrațiile - pot fi înregistrate sau indicate cu ajutorul unui oscilograf catodic.

CAPITOLUL 20

MASURAREA FORTEI

20.1. MARIMI SI UNITATI DE MASURA

Conform STAS 1814-73, forța este o mărime fizică vectorială care măsoară acțiunea unui sau mai multor sisteme fizice asupra unui corp prin schimbarea stării de mișcare a acestuia față de un sistem de referință dat. Mărimea unei forțe F este egală cu produsul dintre masa m a corpului și accelerația imprimată de forță:

$$F = m a. \quad (20.1)$$

Forța poate avea diferite naturi: gravitațională, electrică, magnetică, nucleară etc.

Compunerea forțelor se face cu ajutorul regulii paralelogramului formulată de Newton. Potrivit acestei reguli, două forțe concurente în O , \vec{F}_1 și \vec{F}_2 , au ca rezultantă diagonală \vec{R} a paralelogramului format din aceste forțe (Fig. 20.1).

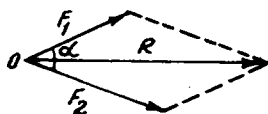


Fig. 20.1. Compunerea forțelor \vec{F}_1 și \vec{F}_2 .

În Sistemul Internațional SI, forța este mărime derivată și are simbolul F.

Greutatea este tot o forță. Este forța care ar imprima centrului de greutate al unui corp situat în vid o accelerație egală cu accelerația gravitației din locul respectiv.

Greutatea corpurilor variază în funcție de latitudine și altitudine. Se notează cu G.

- greutatea normală este forța care ar imprima centrului de greutate al unui corp situat în vid, o accelerație normală $g_n = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Se notează cu G_n .

Unitățile de măsură ale forței sînt următoarele:

- newton (N) este forța care imprimă unei mase de 1 kg o accelerație de 1 m/s^2 ;

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2.$$

Multiplul newtonului este decanewton (daN) :

$$1 \text{ daN} = 10 \text{ N}.$$

Newtonul - în Sistemul Internațional SI - este o unitate derivată.

- dină (dyn) este forța care imprimă unei mase de 1 g accelerație de 1 cm/s^2 . Între newton și dină există relația:

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}.$$

- kilogramforță (kgf) este forța care imprimă unei mase de 1 kg situată în vid, o accelerație normală $g_n = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Între kilogramforță, newton și dină, există relațiile:

$$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg} \cdot g_n = 9,80665 \text{ N} = 9,80665 \cdot 10^5 \text{ dyn};$$

între newton și kilogramforță, relația este:

$$1 \text{ N} = 0,101972 \text{ kgf}.$$

Unitatea de măsură-kilogramforță - se întâlnește în literatură și sub denumirea de kilopond (kp). Multiplul kilopondului este megapond (Mp):

$$1 \text{ Mp} = 10^3 \text{ kp}$$

Submultiplii kilopondului sînt:

$$- \text{pond} \quad (1 \text{ p} = 10^{-3} \text{ kp});$$

$$- \text{milipond} \quad (1 \text{ mp} = 10^{-3} \text{ p} = 10^{-6} \text{ kp}).$$

Tot în literatură, se întîlnesc unitățile de forță engleze și americane; împreună cu echivalentul lor în newton, kilogramforță și dină, sînt prezentate în tabelul 20.1.

Tabelul 20.1

Denumirea	N	kgf	dyn
libre - force (lbf)	4,44822	0,4535924	444822
ton - force long	9964,02	1016,047	996402000
ton - force short (egală cu 2000 lbf)	$2 \cdot 10^2 \cdot 4,44822$	$2 \cdot 10^2 \cdot 0,4535924$	$2 \cdot 10^2 \cdot 444822$

20.2. MIJLOACE DE MASURARE A FORȚEI

Pentru măsurarea forței se folosesc aparate cunoscute sub denumirea de dinamometre. Aceste aparate se clasifică în:

- dinamometre cu element elastic;
- dinamometre hidraulice;
- dinamometre cu traductoare electrice.

20.2.1. Dinamometre cu element elastic. Lucrează pe principiul deformării unui element elastic sub acțiunea forței de măsurat. În general, un dinamometru cu element elastic se compune din:

- elementul elastic;
 - dispozitivul de transmitere;
 - dispozitivul de indicare (extensometrul);
 - dispozitivul de prindere.
- elementul elastic este realizat din oțel pentru ca deformările elastice să fie proporționale cu forțele care le produc. Elementul elastic - după tipul dinamometrului - are diferite forme: bară, inel, romb, poligon, furcă, arc elicoidal etc.
- dispozitivul de transmitere - așa cum este și denumirea - transmite deformarea elementului elastic la dispozitivul de indicare, direct sau prin amplificare. Este constituit din pîrghii, sectoare dințate, roți dințate etc.
- dispozitivul de indicare (extensometrul) măsoară deformarea elementului elastic, care - la altă scară - reprezintă forța de măsurat. Se poate indica deformarea elementului elastic direct, în milimetri sau grade; în ultimul caz, valoarea forței se stabilește cu ajutorul tabele-

lor sau diagramelor de convertire. Constructiv - extensometrul - poate fi: mecanic, optic, optico-mecanic și electric.

- dispozitivul de prindere asigură transmiterea forței de măsurat la elementul elastic. Pentru a asigura coaxialitatea celor două forțe aplicate, dispozitivul de prindere este prevăzut cu articulații sferice.

În fig. 20. 2. este prezentat un dinamometru cu element elastic, care măsoară deformația - optic - cu ajutorul microscopului 1. Acesta este fixat de o ramură a elementului elastic inelar și vizează o plăcuță micrometrică 2, legată de cealaltă ramură și plasată pe axa de solicitare.

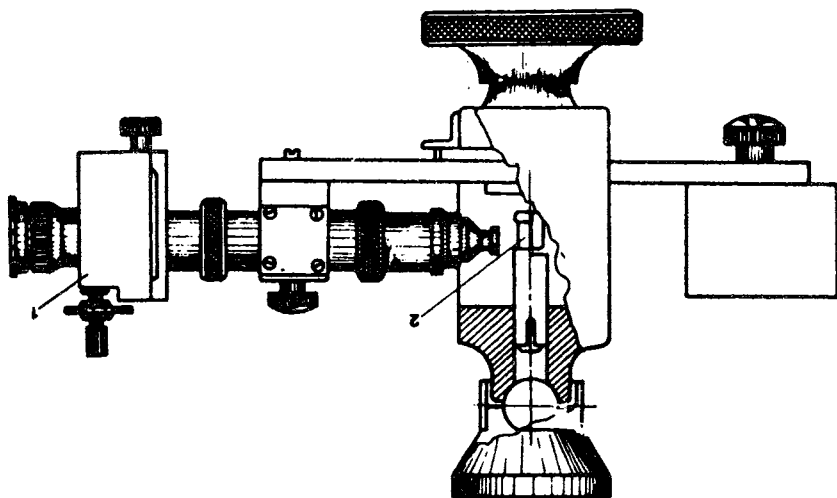


Fig. 20. 2. Dinamometrul cu element elastic și microscop.

Dinamometrele cu element elastic, se încadrează - ca precizie - în clasele 1 și 2,5.

20.2.2. Dinamometre hidraulice. Se folosesc pentru forțe mari ($F < 20 \cdot 10^5$). Precizia de măsură este de cel mult 2,5. Principiul de funcționare constă în măsurarea presiunii transmise printr-un lichid de la un piston de suprafață cunoscută și asupra căruia acționează forța de măsurat. Intre presiunea lichidului și forța de măsurat, există relația :

$$F = p A \quad (20.2)$$

în care:

F este forța de măsurat în N;

p - presiunea lichidului în Pa (N/m^2);

A - suprafața secțiunii transversale a pistonului în m^2 .

Un dinamometru hidraulic este constituit dintr-un ansamblu piston - cilindru și dintr-un manometru pentru măsurarea presiunii.

În Fig. 20.3 este prezentat dinamometrul cu piston; forța de măsurat F se transmite pistonului din ansamblul piston - cilindru 1; manometrul 2 - cu care se măsoară presiunea - este racordat la cilindru.

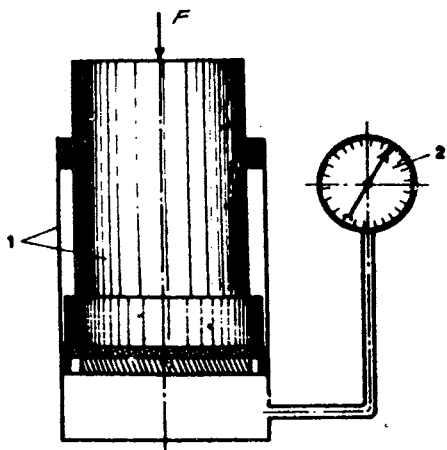


Fig. 20.3. Dinamometru cu piston.

În funcționarea acestui tip de dinamometru se constată abateri sensibile ale proporționalității între forța de măsurat și presiunea rezultată (relația 20.2) din cauza frecărilor dintre piston și cilindru.

Pentru a obține rezultate corecte în relația 20.2, trebuie să se introducă un termen - forța de frecare R. Relația (20.2) devine:

$$F = pA \pm R. \quad (20.3)$$

Semnul forței de frecare R corespunde sensului de deplasare al pistonului; se scrie cu plus la coborîre și cu minus la ridicare.

Pe baza relației 20.3 se stabilește caracteristica dinamometrelor hidraulice cu piston după ce - în prealabil - prin experimentări, s-a evaluat forța de frecare R.

20.2.3. Dinamometre cu traductoare electrice. Aceste aparate permit efectuarea unor măsurări cu sensibilitate mare, măsurarea forțelor în regimuri dinamice cu variație rapidă, transmiterea la distanță a semnalului sau înregistrarea valorii mărimii măsurate în condiții mai bune.

Transformarea forței în semnal electric se poate realiza cu diferite traductoare:

- piezoelectrice;
- tensometrice;
- cu lame de cărbune;
- capacitive;
- inductive;
- magnetoelastice.

Se vor prezenta - ca fiind cele mai răspândite - dinamometrele cu traductoare piezoelectrice și tensometrice.

- Dinamometre cu traductoare piezoelectrice. Se bazează pe efectul piezoelectric al cristalelor de cuarț sau al titanatului de bariu.

Traductoarele piezoelectrice au frecvențe proprii foarte ridicate, ceea ce permite măsurarea forțelor cu variație extrem de rapidă. Au caracteristică liniară și suportă sarcini mari - până la $10\,000\text{ N/cm}^2$ - fără a se deforma.

În Fig. 20.4. este prezentat captorul piezoelectric de forță al unui astfel de dinamometru.

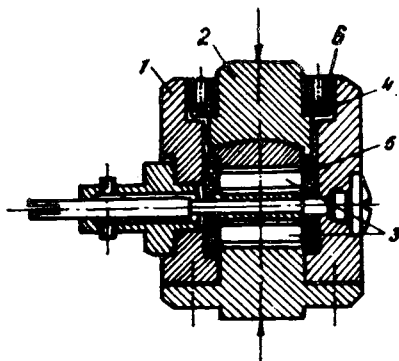


Fig. 20.4. Captorul dinamometrului piezoelectric.

Acest captor se compune din:

- corpul 1 prevăzut la partea inferioară cu un capac de închidere;
- piesa 2 de transmitere a forței;
- piezocristalele 3;
- resortul disc 4 pentru precomprimarea piezocristalelor 3;

- elementele izolatoare 5;
- piulițele 6 pentru prestrângerea arcului și precomprimarea piezocristalelor.

Dinamometrele piezoelectrice înzestrate cu acest tip de captor poate măsura forțe care să nu depășească 4 000 daN.

- Dinamometre cu traductoare tensometrice. Principiul de funcționare constă în montarea în serie cu forța care se măsoară a unui element elastic pe care se aplică traductoarele tensometrice rezistive. Elementul elastic împreună cu traductoarele tensometrice constituie captorul tensometric. Deformațiile elementului elastic - provocate de forța care se măsoară și proporționale cu această forță - sînt convertite cu ajutorul traductoarelor tensometrice, într-un semnal electric de ieșire.

Prin urmare, performanțele acestor captoare depind de elementul elastic și de traductoarele tensometrice întrebuințate.

Pentru precizia, sensibilitatea, simplitatea măsurării etc., dinamometrele tensometrice sînt frecvent utilizate în tehnică și în cercetările experimentale din construcția de mașini.

Elementele elastice ale captoarelor sînt de tipuri diferite:

- elemente elastice de tip lamă încastrată;
- elemente elastice sub formă de inel;
- elemente elastice sub formă de bară;
- elemente elastice în formă de S.

În Fig.20.5, sînt prezentate elemente elastice sub formă de inel și traductoare tensometrice legate în punte Wheatstone. Semnalul de ieșire se obține la una din diagonale; alimentarea se face în cealaltă diagonală a punții.

Dinamometrele cu traductoare tensometrice sînt destinate măsurării forțelor cu punct de aplicare și direcție bine cunoscute.

Captorul unui astfel de dinamometru trebuie astfel montat încît axa lui să coincidă cu direcția forței care se măsoară.

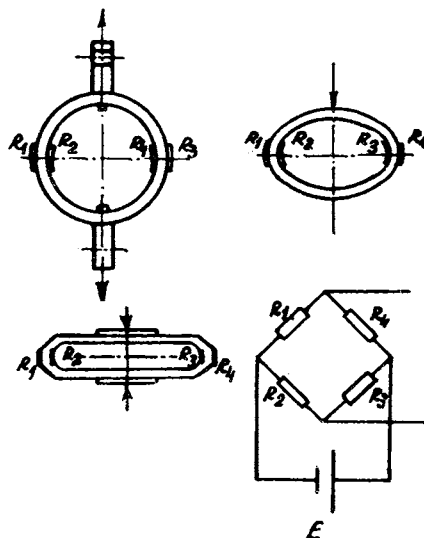


Fig.20.5. Tipuri de inele dinamometrice cu traducătoare tensometrice legate în punte.

CAPITOLUL 21

MASURAREA DURITATII

21.1. MARIMI SI UNITATI DE MASURA

Conform STAS 1965 - 75, duritatea este proprietatea materialelor de a rezista la o acțiune mecanică ce tinde să le distrugă suprafața. Există și alte definiții atribuite durității, după domeniul în care se întrebuințează această mărime;

- Duritatea fizică este tensiunea limită existentă între două corpuri în contact pînă la care se produc deformări plastice.

- Duritatea tehnică este mărimea convențională care caracterizează deformabilitatea materialului în anumite condiții bine precizate; se exprimă - în mod arbitrar - ca raportul dintre forța de comprimare și suprafața de contact dintre cele două corpuri care vin în contact.

- Duritatea metrologică este o mărime derivată, dată sub forma unui raport între o forță și o suprafață.

Pentru a reda într-un anumit mod această însușire a materialului, inițial, s-a propus o ordonare - un șir - de minerale astfel alese încît următorul să zgîrie pe cel precedent. S-a obținut o scară de duritate. Cea mai cunoscută este scara lui Mohs, elaborată în 1822 și întrebuințată în geologie (Tabelul 21.1).

Tabelul 21.1

Grad de duritate	Mineral	Corespunde la:
1	Talc	Zgîriere cu unghia
2	Gips	Cobalt
3	Calcit	Cupru
4	Fluorină	Bronzuri
5	Apatită	Mangan
6	Feldspat	Sticlă
7	Cuarț	Siliciu
8	Topaz	Oțel cementat
9	Corindon	Materiale abrazive-3
9,5	Carborund	Materiale abrazive-2
10	Diamant	Materiale abrazive-1

Ulterior, s-au propus - convențional - denumiri pentru duritate corespunzător metodei și aparatului întrebuințat la determinarea acestei mărimi;

- Duritate Brinell (simbol HB) este raportul dintre o sarcină constantă dată, apăsînd un timp dat asupra unei bile sferice de oțel foarte dur sau din carbură de wolfram de diametrul dat și aria calotei sferice a urmei lăsate de bilă pe suprafața metalului supus încercării.

- Duritate Vickers (simbol HV) este raportul dintre o sarcină constantă dată, apăsînd un timp dat asupra unei piramide drepte pătrate de diamant cu unghiul diedru al fețelor opuse de 136° și aria laterală a urmei lăsate de piramidă în metalul supus încercării.

- Duritate Rockwell (simbol HRA; HRB; HRC) este un număr care reprezintă diferența dintre o variație convențională de pătrundere și variația de pătrundere a unui penetrator de formă anumită

În materialul supus încercării, variație de pătrundere determinată de o creștere de sarcină dată, pornind de la o sarcină inițială constantă.

- Duritate Martens (simbol 36) este numărul care reprezintă lățimea unei zgîrieturi, produsă pe suprafața supusă încercării de un con circular drept, de diamant, cu unghiul la vîrf de 90° , apăsător cu o greutate anumită și deplasat rectiliniu cu o viteză constantă dată.

- Duritate Shore (simbol 38) este numărul care reprezintă înălțimea la care un ciocănaș de oțel foarte dur, de formă și greutate anumită care cade la o înălțime dată pe suprafața perfect orizontală supusă încercării, este aruncat înapoi de suprafața verificată.

21.2. MIJLOACE DE MASURARE A DURITATII

În principiu, duritatea materialelor se determină prin încercări statice sau dinamice. Măsurarea durității prin încercare statică se realizează astfel (Fig. 21.1): piesa de încercat 1 se așază pe un platou 2; această piesă este apăsată un anumit timp, de un penetrator 3, printr-o forță constantă F , aplicată static. Dimensiunile deformării plastice provocate - numită amprentă sau urme - și măsurarea acțiunii mecanice exercitate - forța de apăsare F - servesc la evaluarea mărimii durității.

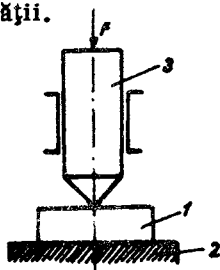


Fig. 21.1. Măsurarea durității prin încercare statică.

Imprimarea amprente pe materialul căruia se determină duritatea se face pe două căi: static și dinamic.

La imprimarea statică a amprente, se folosește un penetrator de o anumită formă apăsător de o forță prestabilită, perpendicular pe suprafața examinată.

Dacă amprenta se imprimă dinamic, trebuie ca penetratorul de o anumită formă să fie apăsător printr-o acțiune dinamică, tot perpendicular pe suprafața examinată.

La noi în țară, încercările de duritate la care imprimarea se face static sînt următoarele:

- încercarea de duritate cu aparatul Brinell;
- încercarea de duritate cu aparatul Vickers;
- încercarea de duritate cu aparatul Rockwell.

21.2.1. Incercarea de duritate cu aparatul Brinell se realizează conform STAS 165-76. Constă în apăsarea metalului cu o anumită forță, a unei bile confecționată din oțel foarte dur sau din carbură de wolfram.

Duritatea Brinell (simbol HB) se exprimă ca fiind raportul dintre forța aplicată F și suprafața calotei amprente imprimată. Se calculează cu expresia (vezi și Fig. 21.2).

$$HB = \frac{2 F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (21.1)$$

în care:

HB este duritatea Brinell (simbol);

F - forța aplicată (kgf);

D - diametrul bilei (mm);

d - diametrul amprente (mm).

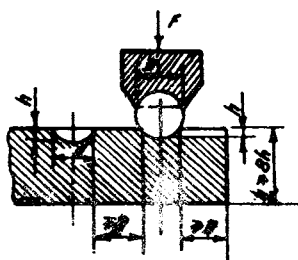


Fig. 21. 2. Mărimile folosite pentru calculul duri-
tății Brinell.

Intre grosimea piesei de încercat g și adâncimea urmei h ,
trebuie să existe relația:

$$g \geq 8 h \quad (21. 2)$$

Diametrele standardizate ale bilor - folosite ca penetra-
tor - sînt: 1; 2; 2,5; 5 și 10 mm.

Pentru a obține rezultate comparabile - între forțele uti-
lizate și diametrele bilor - trebuie să existe relația:

$$F = k D^2 \quad (21. 3)$$

în care k reprezintă gradul de solicitare.

Gradul de solicitare k are valoarea constantă pentru gru-
pe de materiale:

- oțel și fontă netratată, $k = 30$;
- aluminiu și magneziu, $k = 5$;
- plumb și staniu, $k = 1$.

Dacă la încercarea durității unui material se respectă relația (21.3), atunci mărimea durității HB obținută trebuie să fie aceeași indiferent de diametrul bilei penetratoare întrebuințate.

Astfel, duritățile obținute cu bilele de diametre $D = 10; 5$ și $2,5$ mm, la același oțel încercat trebuie să fie egale dacă s-a respectat forțele indicate pentru același grad de solicitare ($k=30$) și anume: $F = 3\ 000; 750$ și $187,5$ kgf.

Încercarea normală se execută cu o bilă de 10 mm și o sarcină de $3\ 000$ kgf aplicată pentru un timp $t = 15$ s. În acest caz, duritatea se notează printr-un număr care indică unitățile de duritate și un grup de litere care indică felul durității (HB = duritate Brinell). Exemplu: 325 HB.

Dacă condițiile de încercare sînt altele, atunci numărul și grupul de litere se completează cu diametrul bilei D în mm, sarcina de încercare F în kgf și timpul de aplicare al sarcinii t în s. Exemplu: 275 HB 5/375/30.

Condițiile de încercare se aleg în așa fel încît dimensiunea urmei să fie cît mai mare posibil fără a fi influențată de grosimea piesei.

Aparatul Brinell (Fig. 21.3) este construit la Întreprinderea "Balanța" Sibiu. Forța la acest aparat se modifică prin aplicarea greutăților. Aparatul nu este prevăzut cu dispozitiv de măsurare a amprenteii.

Măsurarea diametrului amprenteii se face cu ajutorul unui microscop prevăzut cu o scară mobilă și una fixă; la fiecare amprentă, se măsoară două diametre perpendiculare și se face apoi media lor aritmetică. Se obține astfel diametrul d .

Cunoscîndu-se și celelalte elemente: F - forța de încercare și D - diametrul bilei penetratoare, cu ajutorul tabelelor (STAS 165 - 76), se determină duritatea Brinell.

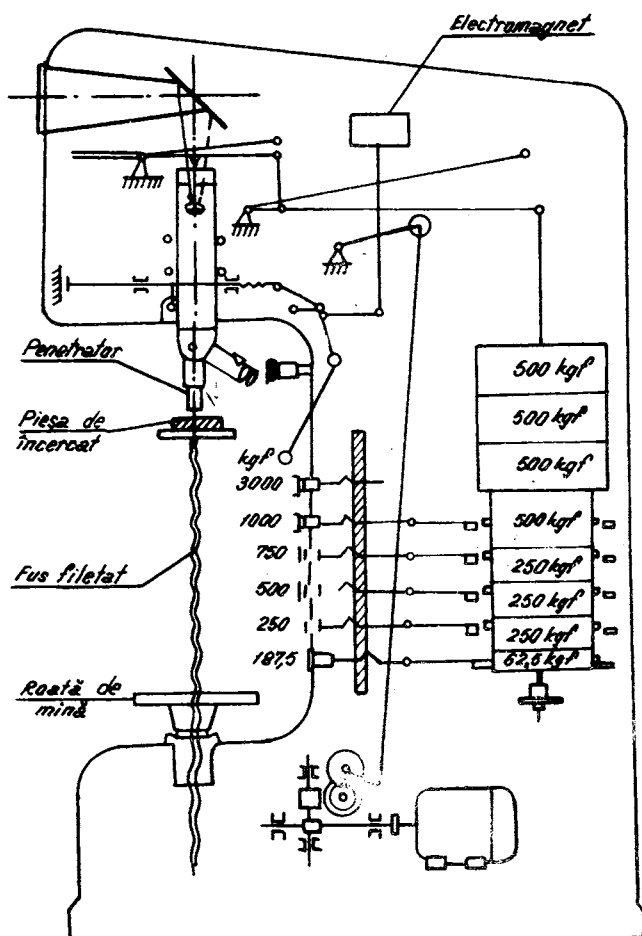


Fig. 21.3. Aparatul Brinell. Schema cinematică.

21.2.2. Inercarea de duritate cu aparatul Vickers. Se realizează conform STAS 492-73. Constă în apăsarea unui penetrator din diamant de formă piramidală pe suprafața materialului examinat. Duritatea Vickers (simbol HV) se exprimă ca raport între forța aplicată de penetrator și suprafața amprente lăsată în materialul examinat (Fig.21.4).

$$HV \approx 1,854 \frac{F}{d^2} \text{ kgf/mm}^2 \quad (21.4)$$

în care:

HV este duritatea Vickers (simbol);

F - forța aplicată (kgf);

d - diagonala amprentei (mm).

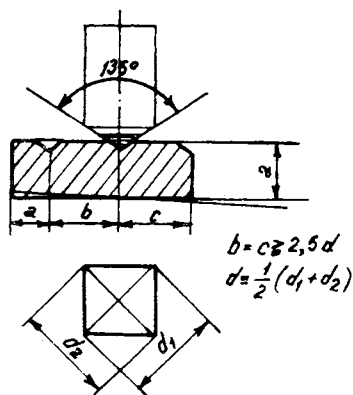


Fig. 21.4. Mărimile folosite pentru calculul durității Vickers.

Piramida - folosită ca penetrator - este din diamant cu baza pătrată și unghiul diedru al fețelor opuse egal cu 136° .

Forța de penetrare este egală cu 5; 10; 20; 30; 50 și 100 kgf. Pentru oțeluri, forța normală de penetrare este egală cu 30 kgf.

În cazul încercării durității pieselor subțiri sau a straturilor, forța de penetrare se alege din valorile: 0,5; 1; 2; 2,5; 3; 4 și 5 kgf.

Durata aplicării forței este de 15 s pentru oțeluri și 30 s pentru metale șialiaje moi (plumb, cupru moale etc.).

Incercarea durității cu aparatul Vickers oferă domeniul cel mai mare de măsurare și precizia cea mai ridicată.

Aparatul Vickers pentru încercarea durității se construiește și la noi în țară, la Institutul Național de Metrologie din Timișoara. Este de tipul cu încărcare directă cu sarcini mici. Aparatul se folosește în trepte de 1 daN până la 5 daN iar măsurarea dimensiunilor amprente se face cu ajutorul unui microscop înglobat în aparat.

21. 2. 3. Incercarea de duritate cu aparatul Rockwell. Duritatea Rockwell - notată cu HR - este evaluată prin adâncimea amprente remanente lăsată de un penetrator de o anumită formă sub anumite forțe de apăsare care definesc scara de măsură. Determinarea comportă trei faze:

- aplicarea unei forțe inițiale $F_0 = 10 \text{ kgf}$; penetratorul pătrunde până la o anumită poziție (poziția inițială);
- aplicarea unei forțe - mai mare - $F_1 = 140 \text{ kgf}$; penetratorul continuă pătrunderea;
- anularea forței F_1 și păstrarea forței F_0 ; penetratorul rămîne la adâncimea e .

Unitatea de duritate Rockwell HR - convențional stabilită - este egală cu 0,002 mm adâncime. Duritatea se stabilește cu expresia:

$$HR = E - e \quad (21, 5)$$

în care:

HR este duritatea Rockwell (simbol);

E - constantă necesară pentru a se obține sensul creșterii al durităților pe măsură ce adâncimea amprentei se micșorează;

e - creșterea adâncimii amprentei remanente.

În țara noastră, se folosesc curent scările C și B - duritatea HRC și HRB - conform STAS 493-73.

Schemele de măsurare sînt prezentate în Fig. 21.5.

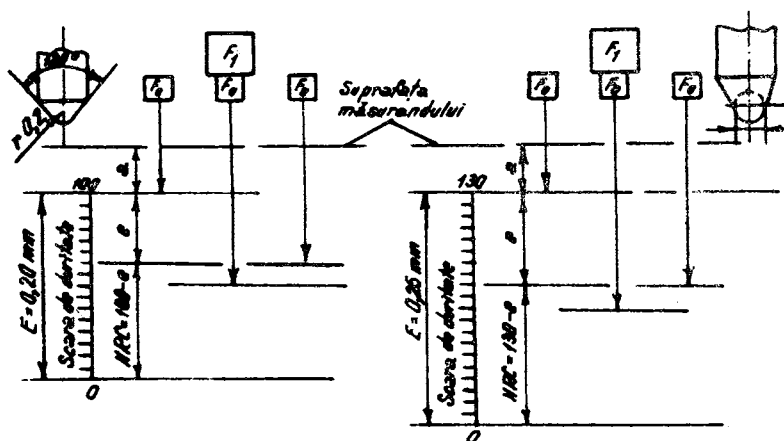


Fig. 21.5. Mărimile folosite pentru calculul durității Rockwell (a - scara C cu con de diamant, b - scara B cu bilă de oțel).

În scara C, se folosește ca penetrator un con de diamant iar în scara B, o bilă de oțel.

Măsurarea durității Rockwell se face direct cu un comparator avînd cadranul gradat pentru cele două scări C și B.

Aparatul Rockwell se construiește și la noi în țară, la Întreprinderea "Balanța" Sibiu.

Este de tipul cu încărcare prin greutate prevăzut cu un comparator cu cadran. Aparatul lucrează cu sarcină inițială și suprasarcină.

Penetratorul, interschimbabil, este un con de diamant sau o bilă de oțel. Comparatorul cu cadran pentru măsurarea durității este gradat direct în unități de duritate.

Inercarea Rockwell B se aplică pentru oțeluri carbon obișnuite, medii și moi, table, bronzuri, alame speciale care au o duritate cuprinsă între 40 și 100 HRB (echivalent cu 80-230 HV).

Inercarea Rockwell C se aplică pentru oțeluri călite, metale dure care au o duritate cuprinsă între 20 și 67 HRC (echivalent cu 225 - 890 HV).

Pentru determinarea durității straturilor subțiri, în afara scărilor Rockwell, se utilizează, mai rar, și scări Super Rockwell cu sarcini reduse.

CAPITOLUL 22

MASURAREA TIMPULUI

22.1. GENERALITATI

Activitatea umană este reglementată în funcție de timp. De aceea, trebuie ca timpul să se măsoare exact, să fie cunoscut cu precizie în orice moment și în oricare loc de pe suprafața planetei.

Pentru măsurarea timpului este necesar să se definească noțiunile și unitățile de măsură referitoare la această mărime fundamentală.

22.2. MARIMI SI UNITATI DE TIMP. SCARI DE TIMP

Timpul este forma de existență a materiei în mișcare și exprimă simultaneitatea sau succesiunea unor procese obiective.

În Sistemul Internațional SI, constituie una dintre mărimile fizice fundamentale. Unitățile de măsură și scările de măsură - numite și scări de timp - ale acestei mărimi fundamentale sînt următoarele:

Secunda de timp solar mijlociu (simbol s_m) este fracțiunea $1/86\,400$ din ziua solară medie.

Scara timp universal (simbol TU) este intervalul de timp pentru care diviziunea este secunda de timp solar mijlociu s_m .

Pentru că ziua solară medie nu oferea garanțiile de precizie dorite din cauza neregularităților în rotația Pământului, s-a căutat

o altă unitate de timp pentru care reproducerea să fie realizată cu o precizie mult mai mare. Astfel, în 1956, Comitetul Internațional de Măsuri și Greutăți (CIPM) a înlocuit secunda de timp solar mijlociu (s_m) cu o altă unitate de timp: secunda efemeridelor.

Secunda efemeridelor (simbol s_e) este fracțiunea $1/86\,400$ din ziua efemeridelor sau $1/3\,155\,760\,000$ din secolul iulian al efemeridelor (1 secol iulian = $100 \times 365,25$ zile).

Scara timp al efemeridelor (simbol TE) este intervalul de timp pentru care diviziunea este secunda efemeridelor și reperele sînt deduse din mișcarea aparentă a Soarelui pe Ecliptică. Are avantajul față de scara de timp TU că nu este influențată de neregularitățile provocate de variația vitezei de rotație a Pămîntului în jurul axei proprii.

Secunda efemeridelor este invariabilă, dar nu este ușor accesibilă. Pentru o precizie cerută în prezent sînt necesare observații astronomice pe o durată de 2 pînă la 3 ani.

Pentru a realiza și reproduce cu o precizie mult mai mare unitatea de timp - secunda - s-a realizat în 1955 etalonul atomic de frecvență - timp bazat pe tranziția atomului de cesiu 133. Acest etalon a fost construit la National Physical Laboratory, Teddington din Marea Britanie; în intervalul 1955, 50 - 1958,25 s-au comparat indicațiile acestui etalon cu observațiile astronomice făcute la United States Naval Observatory (USNO) din Washington. S-a găsit astfel că frecvența de oscilație respectiv numărul de perioade la tranziția atomului de cesiu 133 într-o secundă a efemeridelor (s_e) este $9192\,631\,770 \pm 20$ Hz. Pentru că rezultatul a fost confirmat și de alte observații, în 1967, Conferința Generală de Măsuri și Greutăți (CGPM) a introdus - ca unitate de timp - secunda SI.

Secunda (simbol s) este durată a 9 192 631 770 perioade a radiației ce corespunde la tranziția dintre cele două nivele de structură hiperfină ale stării fundamentale la atomul de cesiu 133. Este unitatea de măsură din sistemul internațional SI.

Scara timpului atomic internațional (simbol TAI) este intervalul de timp pentru care diviziunea este secunda SI.

În 1971, Conferința Generală de Măsuri și Greutăți (CGPM) definește timpul atomic internațional astfel: TAI este coordonată de referință a timpului stabilită de Biroul Internațional al Orei din Paris (BIH) pe baza indicațiilor orologiilor atomice funcționând în diferite laboratoare, în acord cu definiția secunde, unitatea SI de timp.

În momentul de față există trei scări de timp (TU, TE și TAI), fiecare având domeniu de aplicare.

Timpul universal (TU) folosindu-se în navigație, geodezie, determinarea poziției stelelor, trebuie să continue pentru a satisface cerințele unei categorii de utilizatori.

Timpul efemeridelor (TE) trebuie păstrat pentru că reprezintă scara de timp pentru dinamica sistemul solar. Cele două scări - TU și TE - pot fi extinse în trecut pe baza datelor disponibile referitoare la poziția Lunii, Soarelui sau eclipselor de Soare.

Timpul atomic internațional (TAI) se obține din funcționarea continuă a ceasurilor atomice din diferite laboratoare și este cel mai uniform timp ce se poate imagina în momentul de față. Nu poate fi extins în trecut.

Coordonarea scărilor de timp. Pentru că secunda timpului universal nu este constantă și nu corespunde cu definiția unității de timp SI, s-a introdus o scară de timp universal coordonat (TUC). Timpul universal coordonat (TUC) diferă prin trepte de o secundă față de TAI. Când s-a făcut coordonarea inițială - la 1 ianuarie 1972-

TUC a trebuit să fie $0^h 0^m 0^s$ în momentul în care timpul atomic internațional TAI, indicat de BIH, era $0^h 0^m 10^s$.

Comitetul Internațional de Măsurări și Greutăți (CIPM) a recunoscut că utilizatorii Sistemului Internațional au nevoie să folosească, împreună cu unitățile SI, anumite unități care nu fac parte din SI dar care sînt larg răspîndite.

Astfel s-a acceptat ca împreună cu unitatea SI să se folosească următoarele unități:

- minut (simbol min) egal cu 60 secunde,

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s};$$

- oră (simbol h) egal cu 60 minute, respectiv 3 600 secunde,

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3\,600 \text{ s};$$

- zi (simbol d) egală cu 24 ore sau 1440 minute sau 86 400 secunde,

$$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min} = 86\,400 \text{ s};$$

Într-o zi, Pămîntul execută o rotație completă în jurul axei sale.

În diferite domenii de activitate se folosesc ca unități de măsură pentru timp - următoarele mărimi - submultipli sau multipli secunde:

- picosecunda (simbol ps) egală cu 10^{-12} secunde,

$$1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s};$$

- nanosecunda (simbol ns) egală cu 10^{-9} secunde,

$$1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s};$$

- microsecunda (simbol μs) egală cu 10^{-6} secunde,

$$1 \mu s = 10^{-6} s;$$

- milisecunda (simbol ms) egală cu 10^{-3} secunde,

$$1 ms = 10^{-3} s.$$

Se mai folosesc de asemenea:

- săptămîna (prescurtat săpt) este intervalul de timp egal cu 7 zile consecutive începînd de luni ora 0 pînă duminică ora 24,

$$1 \text{ săpt} = 7 \text{ d};$$

- luna este intervalul de 28.....31 zile;

- trimestrul (prescurtat trim) este intervalul de timp egal cu trei luni consecutive; există trim I, trim II, trim III și trim IV;

- semestrul (prescurtat sem) este intervalul de timp egal cu primele sau ultimele 6 luni; există sem I și sem II;

- anul calendaristic (prescurtat a) este intervalul de timp care începe la 1 ianuarie, ora 0 și se termină la 31 decembrie, ora 24 timp legal (timpul legal se va defini ulterior). Se deosebesc:

- ani calendaristici bisecți, avînd 366 zile;

- ani calendaristici obișnuți, avînd 365 zile;

(ani bisecți sînt anii la care numărul format din ultimele două cifre este divizibil cu 4: există și excepții); într-un an, Pămîntul se deplasează complet în jurul Soarelui în mișcarea de revoluție;

- secolul (prescurtat sec) este intervalul de timp egal cu 100 ani calendaristici; începe la 1 ianuarie, ora 0, anul... 00 și se termină la 31 decembrie, ora 24, anul... 99;

- mileniul este intervalul de timp egal cu 1000 ani calendaristici; începe la 1 ianuarie, ora 0, anul... 000 și se termină la 31 decembrie, ora 24, anul ... 999.

Tot în legătură cu măsurarea timpului, se introduc următoarele mărimi:

- timpul civil local este timpul solar mijlociu local, mărit cu 12 ore; în fiecare zi, ia valoarea 0 la miezul nopții;

- timpul universal (prescurtat TU_0) este timpul civil al meridianului de origine (Greenwich); este egal cu timpul civil local din care se scade intervalul de timp corespunzător longitudinii locului; este determinat și difuzat de Biroul Internațional al Orei (BIH) din Paris, de sub controlul Uniunii Astronomice Internaționale;

- timpul legal (ora legală sau ora oficială) este timpul universal la care se adaugă un număr întreg de ore, corespunzător fusului orar (se va defini ulterior); timpul legal în țara noastră este prin convenție timpul universal la care se adaugă două ore pe perioada orarului de iarnă și trei ore pe perioada orarului de vară; timpul legal în țara noastră se poate determina - tot prin convenție - față de timpul legal corespunzător fusului orar nr. 2 sau Europei Răsăritene; orarul de iarnă se aplică în România la ora unu din ultima zi de duminică din luna septembrie iar orarul de vară se aplică la ora zero din ultima zi de duminică din luna martie;

- fus orar este o suprafață convențional stabilită din globul pământesc cuprinsă între două meridiane a căror diferență de longitudine este de 15° ; întregul glob pământesc a fost împărțit în 24 fuse orare, numerotate de la 0 la 23 în direcția est, fusul 0 fiind fusul al cărui meridian central trece prin Greenwich și este delimitat prin meridianele $7^{\circ},5$ longitudine vestică și $7^{\circ},5$ longitudine estică. În toate punctele sale, oricare dintre fusurile orare au același timp legal și anume timpul meridianului care traversează fusul respectiv pe la mijloc. Ținând seama de împărțirea globului terestru în fusuri

orare, ora primului fus are un avans de o oră față de ora meridianului Greenwich, ora celui de al doilea fus are un avans de două ore etc.

Scrierea timpului legal (orei legale, orei oficiale) se face în două moduri, de exemplu, 18 ore, 45 minute și 12,5 secunde, se poate scrie:

18 h 45 m 12,5 s sau 18^h 45^m 12,5^s

În aceste moduri de scriere - excepțional - simbolul minutului este m.

Scrierea datei se face de exemplu astfel:

9 ianuarie 1984 sau 09.01.1984.

22.3. TRANSMITEREA TIMPULUI

Transmiterea unităților de măsură se face de la etalon la aparatul de verificat sau la un etalon de ordin inferior.

Această transmitere constituie o operație metrologică și se face în scopul asigurării uniformității măsurării mărimii respective. În cazul timpului - mărime fizică fundamentală - transmiterea se face în bune condiții la distanțe mari prin conductoare electrice, unde electromagnetice, sateliți artificiali ai Pământului și transportul la fața locului a etaloanelor.

22.3.1. Transmiterea timpului prin conductoare electrice.

Se face prin conductoare coaxiale sau conductoare telefonice.

Se transmit semnale de timp legal printr-o rețea de conductoare proprii sau comune cu alte scopuri (telefonice, energetice etc.). În cazul rețelei proprii, semnalele trimise în rețea pot fi produse și distribuite - de exemplu - de o centrală orară compusă dintr-un ceas principal, relee și ceasuri secundare. În cel de al doilea caz, se pot folosi mai multe metode:

- a) bransarea orologiilor și aparatelor orare cu mecanism sincronizat la rețelele de curent alternativ cu frecvență constantă;
- b) aducerea periodică la oră a acelor indicatoare;
- c) indicarea periodică sau continuă a orei prin semnale sau vorbă de către aparate sau instalații speciale de "ceas vorbitor"; "ceasul vorbitor" poate fi apelat dacă se formează un anumit număr de telefon; pentru municipiul București, numărul este 058.

22.3.2. Transmiterea timpului prin unde electromagnetice.

Se realizează prin emițătoare destinate numai acestui scop sau prin emițătoarele pentru radioteleviziune. Semnalele de timp legal pot fi transmise în următoarele moduri: semnale modulatorie etalon, semnale purtătoare etalon și semnale de televiziune.

- a) Semnalele modulatorie etalon de timp se obțin prin modularea semnalului purtător la fiecare secundă cu un semnal de 5 cicluri de 1000 Hz sau 100 cicluri pentru semnalele de timp legal transmise de radiodifuziune. De exemplu - pentru țara noastră - semnalele sînt șase sunete, la sfîrșitul ultimului, corespunzînd timpul anunțat. Datorită variației duratei de propagare prin atmosferă a semnalelor de timp, eroarea de recepție a acestor semnale este de 1 ms.

Verificarea timpului legal se face - cu ajutorul osciloscopului - prin compararea semnalului de timp transmis și recepționat prin radiodifuziune și semnalul de secundă al aparatului supus verificării.

b) Semnalele purtătoare etalon sînt semnale purtătoare ale căror fază este sincronizată cu faza unui etalon de timp. În ultimii ani, o serie de emițătoare de radiodifuziune pe unde lungi au **semnalele** purtătoare stabilizate în fază. Verificarea constă în măsurarea diferenței de fază dintre faza semnalului aparatului de verificat și faza unui semnal a cărui fază este sincronizată automat cu faza semnalului purtător recepționat. Sistemul de radionavigație LORAN-C emite semnale purtătoare etalon cu frecvența purtătoare a semnalelor egală cu 100 kHz.

c) Semnalele de televiziune folosite la transmiterea și compararea timpului, s-a extins foarte mult în ultima vreme. Compararea unităților de măsură a timpului cu ajutorul semnalelor TV constă în măsurarea intervalului de timp dintre semnalul de secundă al etalonului și primul semnal TV de sincronizare cadre care urmează acestei secunde.

În unele țări (URSS, RDG etc.), semnalele de sincronizare TV sînt sincronizate cu etaloanele naționale de timp ale acestor țări. În SUA, între semnalele de preegalizare 2 și 3 se transmit semnale codificate de timp legal. Eroarea de comparare a etaloanelor cu semnalele TV este de $0,03... 1$ s, funcție de distanța dintre etaloanele de comparat și de condițiile de propagare a semnalelor TV.

22. 3. 3. Transmiterea timpului prin sateliți artificiali. Este în fază de experiment. Erorile de comparare obținute la diferite experiențe au fost de la cîteva zecimi de microsecunde la cîteva zeci de microsecunde. Dezavantajul transmiterii timpului prin sateliți artificiali constă în necunoașterea exactă a distanței satelit - stație de recepție.

22. 3. 4. Transmiterea timpului prin transportul etaloanelor de timp la fața locului. Transportul etaloanelor de timp pentru a transmite, compara și verifica alte etaloane de timp inferioare, a devenit posibil datorită realizării unor etaloane atomice transportabile cu volum și greutate redusă. Transportul etaloanelor la fața locului se face - în principal - pentru a determina originea scării de timp a etaloanelor din locul respectiv și pentru determinarea duratei, de propagare a undelor electromagnetice între stațiile de emisie și stațiile de recepție.

22. 4. MIJLOACE DE PASTRARE SI MASURARE A TIMPULUI

Pentru păstrarea și transmiterea timpului, s-au realizat diferite mijloace de măsurare corespunzătoare condițiilor de funcționare, preciziei și scopului pentru care au fost realizate. Cele mai cunoscute mijloace de păstrare și măsurare a timpului vor fi descrise în cele ce urmează.

22. 4. 1. Orologii astronomice. Sînt mijloace de păstrare a timpului în perioadele dintre observațiile astronomice. Se mai numesc pendule astronomice sau pendule fundamentale. Se păstrează în observatoare astronomice, în camere climatizate și la presiune constantă. Mersul uniform al acestor pendule este supravegheat continuu. În acest scop, se întocmesc grafice cu ajutorul cărora se urmărește ca orologiul să păstreze perfect timpul.

Din categoria orologiilor astronomice, cea mai folosită și cea mai precisă este:

- pendula astronomică Leroy formată dintr-un pendul cu suspensie prin resort și perioada oscilației egală cu două secunde. Dispozitivul indicator este alcătuit dintr-un cadran cu scară gradată circulară avînd 60 diviziuni egale, în fața căruia se deplasează un singur ac indicator. Intreținerea oscilațiilor este asigurată de o roată cu dinți înclinați prin care se transmit impulsuri de la mecanismul de întoarcere.

Pendula este montată într-un clopot de sticlă în care se reduce presiunea la 500 mm Hg și tot ansamblul se păstrează în camere cu temperatură constantă, de obicei în subsoluri adînci.

22.4.2. Orologii cu diapazon sînt aparate care se întrebuințează tot pentru păstrarea timpului. Sînt înzestrate cu un oscilator cu diapazon cu vibrații întreținute electric. Oscilatorul generează un curent alternativ cu frecvență constantă - 50 sau 100 Hz - cu care se alimentează un motor sincron. Acesta, printr-un sistem de transmisii, pune în mișcare acele indicatoare: orar, minutar și secundar. Condițiile de temperatură și presiune sînt asemănătoare cu ale orologiilor astronomice.

22.4.3. Orologii cu cuarț. Sînt aparate de măsură electronice, folosite la păstrarea timpului și ca etaloane de frecvență. Un orologiu cu cuarț se compune din oscilator, divizor de frecvență și dispozitiv indicator;

- oscilatorul - etalon de timp și frecvență - furnizează la ieșire un semnal cu o frecvență stabilă;

- divizorul de frecvență divizează semnalul primit de la oscilator pînă la 1 Hz; semnalul de 1 Hz furnizează reperele de secundă;

- dispozitivul indicator adună secunde și exprimă rezultatul totalizării în ore, minute și secunde cu ajutorul unui **mecanism electromecanic de orologerie** cu ace indicatoare și cadran sau al unui dispozitiv de numărare electronic digital.

Factorii interni și externi - deformarea suportului cuarțului, temperatura, tensiunea de alimentare, vibrații, radiații nucleare etc. - influențează frecvența oscilatorului. Pentru diminuarea influenței acestor factori interni și externi, oscilatorul se montează într-o incintă cu temperatură constantă, ecranată, amortizată etc.

În tabelul 22.1 sînt prezentate abaterile frecvenței de oscilație ale oscilatoarelor de cuarț în funcție de timp, temperatură și tensiune de alimentare.

Tabelul 22.1

Parametrul	Cuart netermostatat	Cuarț termostatat
Stabilitatea în timp	$3 \cdot 10^{-7}$ pe lună	$3 \cdot 10^{-9}$ pe zi
Influența temperaturii ($0^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$)	$5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$2 \cdot 10^{-10}/^{\circ}\text{C}$
Variația tensiunii de alimentare ($\pm 10\%$)	$1 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-10}$

22.4.4. Orologii atomice. Se bazează pe fenomenul de tranziție care constă în modificarea spontană sau stimulată a nivelului de energie al atomilor. Acest fenomen este însoțit de emiterea sau absorbția unei radiații conform relației

$$W_2 - W_1 = h \cdot f \quad (22.1)_1$$

W_1, W_2 reprezintă nivelele de energie, înainte respectiv după tranziție;

h - constanta lui Planck;

f - frecvența radiației emise sau absorbite (frecvența de tranziție).

Orologiile atomice de timp folosesc atomi ai unor elemente pentru care frecvența de tranziție este cuprinsă în gama frecvențelor radioelectronice. În cazul acestor tranziții, emisia spontană este redusă, singura emisie posibilă este emisia stimulată. Pentru a stimula această tranziție, se folosește o radiație electromagnetică de frecvență egală cu frecvența de tranziție.

Pentru orologiile atomice, se folosesc atomii de cesiu, hidrogen și rubidiu. Atomii respectivi pot fi pe nivel de energie superior al stării fundamentale sau pe nivel de energie inferior. Când atomii au nivel de energie superior, tranziția se face pe nivelul inferior sub acțiunea unei unde electromagnetice de frecvență egală cu frecvența de tranziție, plusul de energie fiind cedat sub formă de radiație electromagnetică.

Dacă numărul de atomi cu nivel de energie superior este egal cu numărul de atomi cu nivel de energie inferior, atunci sub acțiunea radiației stimulatoare vor avea loc tranziții în ambele sensuri astfel că efectul macroscopic este nul. Pentru a realiza tranziții numai într-un sens, se folosește un selector de stare de energie care elimină atomii cu nivel de energie inferior. La orologiile atomice cu cesiu și hidrogen, selectorul de stare se realizează cu ajutorul unui câmp magnetic neomogen.

În Fig. 22.1 este prezentat etalonul de timp și frecvență al orologiului atomic cu cesiu.

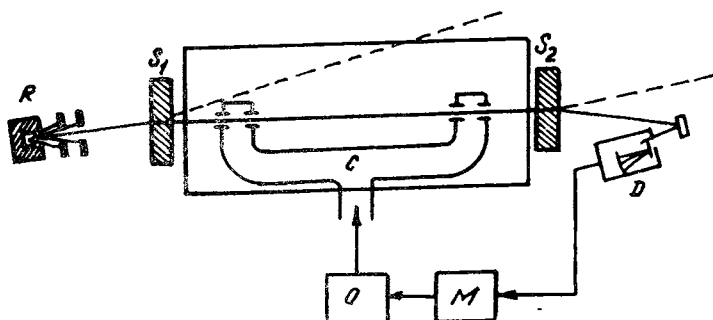


Fig. 22.1. Etalonul de timp și frecvență al orologiu-
giului atomic cu cesiu.

Acesta reproduce unitatea de timp conform definiției prezentată la începutul capitolului.

Etalonul atomic cu cesiu se compune dintr-un rezervor de atomi R, selector de stare S_1 , selector de stare S_2 , cavitate de frecvență C, detector D, servomecanism M și oscilator cu cuarț O. În rezervorul R, se află atomii de cesiu încălziți de unde ies sub formă de jet atomic. Jetul este format din atomi cu ambele nivele de energie ale stării fundamentale. Selectorul de stare S_1 elimină atomii care au nivel de energie inferior. Atomii cu nivel de energie superior parcurg o cavitate rezonantă de înaltă frecvență în care este injectat un semnal de stimulare corespunzător, generat de oscilatorul cu cuarț O. Sub influența semnalului de stimulare, atomii realizează tranziția pe nivelul inferior de energie. Selectorul de stare S_2 deviază atomii de cesiu spre detector. Dacă frecvența semnalului de stimulare emis de oscilatorul cu cuarț O este egală cu frecvența de tranziție (9 192 631 770 Hz), toți atomii efectuează tranziții. În acest caz, detectorul D furnizează-

un semnal de ieșire zero. Când frecvența de stimulare diferă de frecvența de tranziție, detectorul D scoate un semnal care se aplică servomecanismului M care la rândul său determină modificarea frecvenței oscilatorului pînă cînd devine egală cu frecvența de tranziție. Prin acest reglaj automat, frecvența oscilatorului este menținută în permanență, egală cu frecvența de tranziție.

Prin urmare, orologiul atomic cu cesiu este un orologiu cuarț a cărui frecvență este sincronizată cu frecvența radiației atomice a cesiului. Oscilatorul de frecvență constantă furnizează un semnal cu o frecvență stabilă, divizată apoi într-un divizor de frecvență și apoi prin totalizare, cu ajutorul dispozitivului indicator, se obține rezultatul exprimat în ore, minute, secunde.

Un astfel de orologiu atomic a fost realizat în 1969 în laboratorul Braunschweig din RFG și funcționează cu o imprecizie relativă de $4 \cdot 10^{-13}$.

22.4.5. Ceasornicele mecanice sînt aparate folosite la măsurarea timpului. Pot fi: pendule de perete, de masă (deșteptătoare), mîină, de buzunar, de automobil, de avion etc.

Un ceasornic mecanic se compune în general din șapte mecanisme principale (Fig. 22.2).

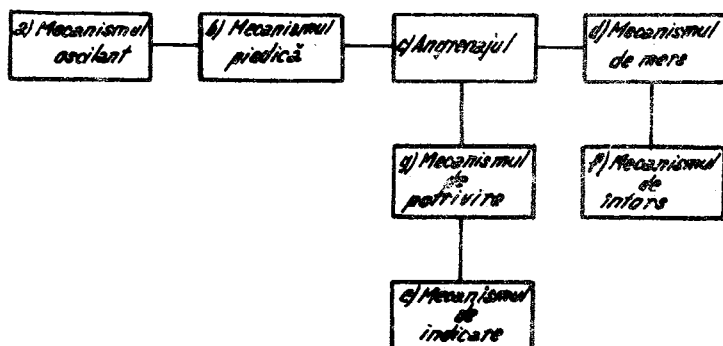


Fig. 22.2. Schema unui ceasornic mecanic compus din șapte mecanisme.

a) Mecanismul oscilant este cel mai important mecanism dintr-un ceasornic mecanic. Constituie elementul de bază în măsurarea timpului. În general, mecanismul oscilant este o pendulă la ceasurile de perete și un balansier cu arc spiral la celelalte ceasuri mecanice.

b) Mecanismul piedică este plasat între mecanismul oscilant și angrenajul ceasornicului. Realizează următoarele funcții:

- transformă energia de oscilație în mici impulsuri;
- numără oscilațiile sistemului de oscilație.

c) Angrenajul este compus din roți dințate care angrenează între ele. Realizează următoarele funcții:

- transmite energia de antrenare a ceasornicului prin mecanismul piedică, mecanismului oscilant;
- totalizează oscilațiile mecanismului oscilant și le transmite mecanismului de indicare, în vederea afișării.

d) Mecanismul de mers - prin arc sau greutate - este un acumulator de energie pentru punerea în funcțiune a ceasului.

e) Mecanismul de indicare servește ca transmisie între indicatorul de minute și indicatorul de ore; permite afișarea timpului prin arătătoare.

f) Mecanismul de întors este un dispozitiv auxiliar prin care se transmite energia ce se acumulează în mecanismul de mers.

g) Mecanismul de potrivire este de asemenea un dispozitiv auxiliar cu ajutorul căruia se potrivesc arătătoarele de ore și minute când este necesar.

Aceste mecanisme sînt plasate pe cadrul ceasornicului împreună cu diferite punți ~~distanțare~~, plăcuțe, șuruburi etc.

Ceasornicului i se poate anexa și alte dispozitive sau mecanisme: dispozitivul de deșteptare, dispozitivul de bătaie, mecanismul de dată, mecanismul de întors automat etc.

- mecanismul de întors compus din tamburul 9 pentru înfășurarea firului, roata de clichet 10 și clichetul 11;

- mecanismul de indicare compus din piesa sub formă de tub cu pinion 12, roata dințată pentru ore 13, roata dințată intermediară cu pinion 14.

Mecanismul de potrivire lipsește la majoritatea ceasornicelor de perete, reglarea timpului se face cu ajutorul arătătorului de minute.

Tot în figură, sînt reprezentate și arătătoarele: arătătorul de ore 15 și arătătorul de minute 16.

În continuare - din categoria ceasornicelor mecanice - se reprezintă în Fig. 22.4, schema unui ceasornic de mîină cu balansier și antrenarea prin arc.

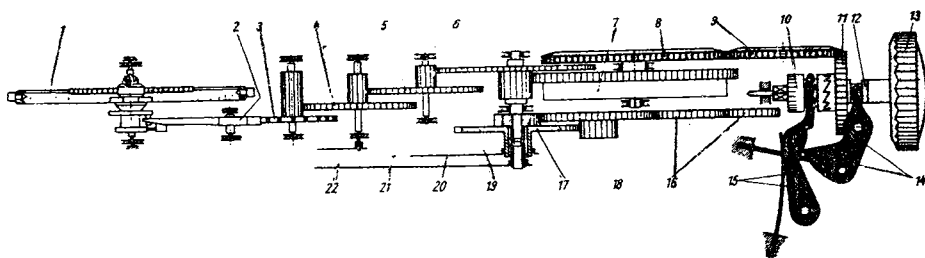


Fig. 22.4. Schema unui ceasornic de mîină cu balansier și antrenare prin arc.

La acest tip de ceasornic, mecanismele sînt următoarele:

- mecanismul oscilant constituit din balansierul cu spirală 1;
- mecanismul piedică compus din furca ancoră 2 și roata pentru ancoră cu pinion 3;

- angrenajul compus din roata dințată secundar cu pinion 4, roata dințată intermediară cu pinion 5, roata dințată pentru minute cu pinion 6;

- mecanismul de mers sub forma unei casete cu arc și ax pentru arc 7;

- mecanismele de întors și potrivit compuse din roata de clichet 8, coroana dințată 9, pinionul de cuplare 10, roata dințată de cuplare 11, axul de întors 12, rozeta 13, pîrghia cu arc 14, pîrghia de cuplare cu arc 15, roțile dințate pentru potrivirea ceasului 16;

- mecanismul de indicare compus din piesa - tub pentru minute 17, roata dințată intermediară cu pinion 18, roata dințată pentru ore 19.

Arătătoarele ceasornicului de mînă sînt: arătătorul de ore 20, arătătorul de minute 21 și arătătorul de secunde 22.

Mecanismul de oscilație este cel mai fin subansamblu dintr-un ceasornic mecanic. Acesta reprezintă etalonul de timp care realizează unitatea de măsură a timpului totalizată și afișată prin celelalte mecanisme. Balansierul cu arc spiral este mai puțin precis ca mecanismul de oscilație de tip pendulă. Prezintă, în schimb, avantajul că funcționează sigur în orice poziție a ceasornicului. Părțile componente ale acestui mecanism - balansier cu arc spiral - sînt următoarele (Fig. 22.5):

- regulatorul 1;
- butucul arcului spiral 2;
- inelul balansier 3;
- pana arcului spiral 4;
- axul inelului balansier cu fusul inferior 5;
- arcul spiral 6;
- știfturile regulatorului 7.

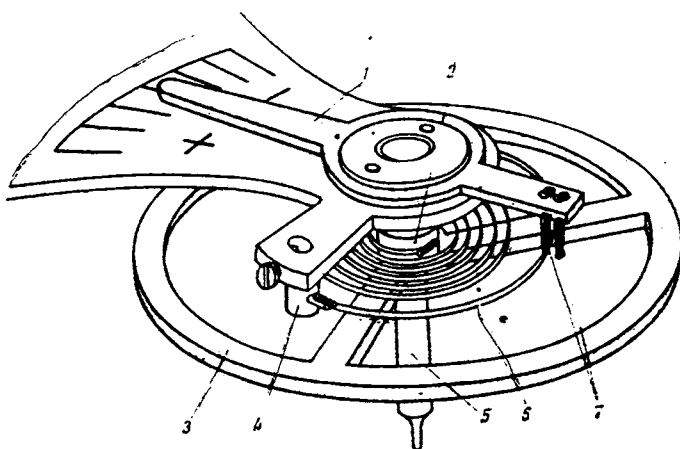


Fig. 22.5 Balansier cu arc spiral.

Lungimea arcului spiral de la butucul 2 pînă la știfturile regulatorului 7 este partea activă a arcului spiral.

Această lungime se poate modifica - într-un domeniu mic - prin rotirea regulatorului 7; la mersul "înainte" al ceasornicului trebuie lungită partea activă iar la mersul "înapoi", trebuie scurtată.

Durata oscilației balansierului depinde de diametrul și masa inelului balansier precum și de lungimea, lățimea, grosimea și felul materialului din care este confecționat arcul spiral. Modificarea duratei oscilației inelului balansierului se produce din cauza temperaturii, presiunii și instabilității amplitudinii. La variații de temperatură, se modifică modulul de elasticitate al arcului spiral precum și dimensiunile inelului balansier respectiv arcului spiral din cauza dilatării. De exemplu, la un ceas deșteptător cu inelul balansier din alamă și arcul spiral din bronz, eroarea de temperatură este

de 10 s/d la o modificare de temperatură cu 1°C . Din acest motiv la un ceasornic cu balansier trebuie să se folosească aliaje de bună calitate (invar pentru balansier și elinvar pentru arcul spiral) și soluții tehnice pentru compensarea dilatării. Eroarea de presiune este de asemenea importantă; dacă modificarea de presiune este de 1,33 kPa, atunci eroarea ceasornicului este egală cu 0,2 s/d. În fine, amplitudinea oscilației este instabilă din cauza frecărilor fuserilor axului inelului balansier precum și a poziției acestui ax în lagăre.

22.4.6. Ceasornicele electronice de mână sînt tot mai răspîndite în ultima vreme. Principial, se aseamănă cu un orologiu cu cuarț; folosește ca etalon de timp, un oscilator cu cuarț de frecvență stabilă, un divizor de frecvență și un dispozitiv de afișare digital; se mai adaugă, sursa de energie (un acumulator Cd - Ni), dispozitivul de potrivit ziua, ora, minutul, secunda și sursa de lumină pentru cadran în timp de întineric.

Tot din categoria ceasornicelor mai enumerăm: ceasornicele de pontaj, ceasurile solare etc.

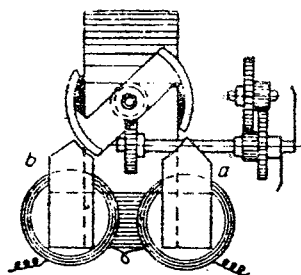
22.4.7. Ceasornicele de pontaj sînt ceasornice speciale puse la poarta de intrare într-o uzină, întreprindere, instituție etc., care imprimă pe fișe din carton individuale momentul intrării și ieșirii omului muncii.

22.4.8. Ceasurile solare sînt suprafețe special amenajate-mărginite de numere avînd în centru o tijă a cărei umbră indică cu aproximație orele zilei; suprafața se numește și cadran solar.

22.4.9. Instalații de ceasornice electrice. În stații mari de cale ferată, întreprinderi mari, orașe etc., este necesar ca timpul să fie indicat exact. Pentru acest scop - în cazurile arătate mai sus și în multe altele - se folosesc instalații de ceasornice electrice comandate dintr-un punct central. O astfel de instalație cuprinde un ceasornic principal - cu un ceas rezervă care se cuplează automat - și o serie de ceasornice secundare. În București, există o instalație cehoslovacă de tip VUS 80 care indică ora prin ceasuri secundare amplasate în punctele importante ale orașului. Alimentația instalației cu energie electrică se face central de la o baterie de acumulatori de 60 V și instalația are circa 200 de ceasornice secundare.

- Ceasornicul principal este un dispozitiv care emite la intervale regulate de timp, impulsuri de curent; impulsurile sînt transmise printr-o rețea electrică la mai multe ceasornice comandate, ceasornicele secundare.

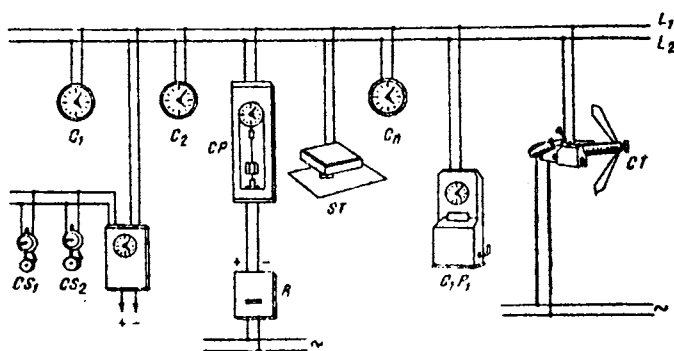
- Ceasornicele secundare sînt formate dintr-un dispozitiv electromagnet cuplat printr-un melc cu roțile dințate ale mecanismului celor două arătătoare (limbi) care indică minutele și orele. Dispozitivul electromagnet primește din minut în minut impulsuri de curent continuu cu polaritate schimbată, de la ceasornicul principal. În Fig. 22.6 este reprezentat dispozitivul electromagnet, balansierul în formă de Z și sistemul de roți dințate ale unui ceasornic secundar cu mers tăcut pentru cameră. Acest ceasornic se compune din doi electromagneți cu piesele polare respective, un balansier în formă de Z, un melc și sistemul de roți dințate care mișcă arătătoarele.



Funcționarea ceasornicului este următoarea: balansierul este atras de piesa polară a unuia dintre magneți și respins de piesa polară a magnetului al doilea, datorită impulsului de curent de la

ceasornicul principal. Impulsul următor fiind de polaritate diferită, balansierul va fi mișcat tot în **vechea direcție**. Mișcarea balansierului este transmisă - mai departe - printr-un șurub melc, sistemului de roți dințate care mișcă arătătoarele. Dacă este necesar, acest ceasornic poate fi echipat cu dispozitiv de batere a orelor.

În Fig. 22.7 se reprezintă schema de ansamblu a unei instalații centrale cu diferite indicatoare de timp comandate de un ceasornic principal.



- Fig. 22.7 Instalație centrală cu diferite indicatoare de timp comandate de un ceasornic principal.

Linia L_1, L_2 transmite impulsurile de curent de la ceasornicul principal CP la toate indicatoarele de timp după cum urmează:

- ceasornicele secundare C_1, C_2, \dots, C_n pentru indicarea timpului în secții, ateliere, birouri etc.;
- ștampila ST pentru ștampilarea mărcilor, chitanțelor etc., cu ora exactă;

- ceasornicul de pontaj $C_1 P_1$ pentru înregistrarea timpului de sosire și plecare din întreprindere al oamenilor muncii; se pot monta ceasornice de pontaj corespunzător necesităților;

- ceasornicul de turn CT instalat pe corpul administrativ al întreprinderii; CT primește alimentare și de la rețeaua de curent alternativ pentru un motorăș electric de acționare a arătătoarelor;

- ceasornicele semnalizatoare CS_1 , CS_2 semnalizează pauzele de lucru, începerea lucrului, încetarea lucrului etc.; sînt ceasuri secundare cu echipamente de semnalizare

Alimentarea cu energie electrică a ceasornicului principal CP se face de la rețeaua de curent alternativ prin redresorul R.

22.4.10. Cronometrele sînt instrumente de precizie care funcționează pe principiul ceasornicului și permite măsurarea timpului pînă la fracțiuni de secundă. Se întrebuițează la normarea proceselor de muncă, determinarea vitezelor mecanismelor, măsurări în competiții sportive etc. Se deosebesc - constructiv - mai multe tipuri de cronometre.

a) Cronometre mecanice construite pe principiul ceasornicelor mecanice. Perioada de oscilație a mecanismului de oscilație diferă și poate fi egală cu: 0,2; 0,1; 0,05; 0,02 și 0,01 s.

La unele cronometre lipsește arătătorul de ore iar altele sînt gradate centezimal. Funcțiunile principale realizate de aceste aparate de măsurare a timpului sînt: start, stop și readucere la zero.

Cînd dispozitivul de cronometrare completează un ceasornic, atunci acest ceasornic cu cronometru se mai numește - impropriu - cronograf.

b) Cronometre electronice sau digitale funcționează pe principiul ceasornicelor electronice; acesta numără perioadele oscilațiilor generate de un cristal de cuarț în intervalul de timp măsurat. Dacă la cronometrele mecanice, precizia maximă realizată era

de 10 ms (balansierul oscila de 360 000 ori într-o oră), la cronometrele electronice această precizie este mult mai mare și egală cu 1 ns ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$). În Fig. 22.8 este dată schema bloc a cronometrului electronic.

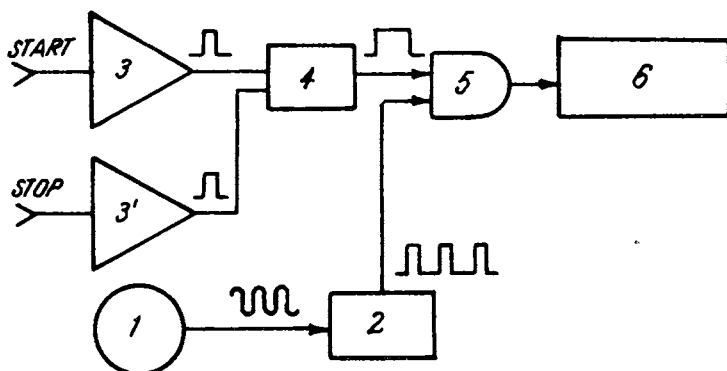


Fig. 22.8. Schema bloc a cronometrului electronic.

Acesta se compune din următoarele: oscilatorul 1, divizorul de frecvență 2, amplificatoarele formatoare 3 și 3'; circuitul basculant bistabil 4, poarta logică "și" 5 și numărătorul în decade 6. Cronometrul are un dispozitiv care permite aducerea la zero, automat sau manual. Oscilatorul cu cuarț generează un semnal de 1 MHz, 5 MHz sau 10 MHz; stabilitatea frecvenței este de $10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-10}$. Amplificatoarele formatoare 3 și 3' amplifică semnalele provenite din bornele START și STOP și le transformă în semnale cu front abrupt, în scopul de a reduce erorile datorate variației nivelului de declanșare. Circuitul basculant bistabil 4 produce la ieșire un semnal a cărui durată este egală cu intervalul de timp dintre semnalul de intrare "START" și semnalul de intrare "STOP". Semnalul de ieșire din circuitul basculant bistabil servește la deschiderea și închiderea porții logice 5.

Dacă cronometrul electronic măsoară perioada unui semnal, cele două intrări se cuplează împreună - printr-un comutator - și semnalul se aplică intrării comune a celor două amplificatoare formatoare. Mai frecvent, se realizează o bornă specială la care se aplică semnalul a cărui perioadă se măsoară. Pentru măsurarea unui număr n de perioade, frecvența semnalului de intrare este în prealabil divizată cu numărul n . Când poarta 5 este deschisă cu semnalul de ieșire din circuitul basculant bistabil 4, semnalul care provine de la divizorul de frecvență 2, trece prin poarta 5 și se aplică numărătorului în decade 6. Deci, numărătorul în decade numără numai în intervalul de timp dintre semnalul START și semnalul STOP. Indicațiile numărătorului se modifică la fiecare impuls aplicat, deci intervalul de timp dintre două modificări va fi egal cu perioada semnalului aplicat și va reprezenta unitatea în care se exprimă rezultatul măsurării; de exemplu, dacă frecvența semnalului aplicat numărătorului 6 este 1 MHz, rezultatul măsurării citit pe numărător va fi exprimat în μs . Pentru păstrarea indicațiilor unei măsurări, cronometrele electronice sînt prevăzute cu memorie. Cronometrele digitale - pentru înregistrarea indicațiilor - pot fi cuplate cu un înregistrator digital.

Eroarea de măsurare a unui interval de timp cu cronometrul electronic nu poate fi mai mică de ± 1 digit ceea ce pentru frecvența maximă care poate fi măsurată în prezent (500 MHz) este $\pm 2 ns$. Dacă se adaugă cronometrului electronic un dispozitiv de interpolare, intervalul de timp se poate măsura cu o rezoluție de 100 ps.

Pentru utilizări mai puțin exigente (normare, întreceri sportive etc.), se construiesc cronometre electronice de dimensiuni reduse, comparabile cu cronometrele mecanice; eroarea de măsurare este de o sutime de secundă.

c) Secundometre sînt cronometre la care acul indicator este cuplat cu un motor sincron de dimensiuni reduse alimentat cu un curent de frecvență constantă; se numesc și cronometre electrice.

22.4.11. Aparate speciale pentru măsurarea timpului se folosesc la măsurarea anumitor intervale de timp. Acestei categorii, aparțin diferite mijloace de măsurare.

a) Cronoscoape. Sînt aparate folosite la măsurarea intervalelor de timp foarte mici care separă două impulsuri electrice. Se compun dintr-un motor sincron de dimensiuni reduse care antrenează un disc opac, gradat și un bec pentru iluminări foarte scurte. Intervalul de timp - minim - măsurat este 0,2...0,5 ms.

Sînt utilizate tot mai puțin, fiind înlocuite de cronometrele electronice.

b) Cronografe. Sînt aparate înregistratoare care permit datarea momentului în care se închide un contact sau cînd începe un impuls electric. Se compun dintr-un mecanism de ceasornic și un dispozitiv de înregistrare. Cronografele electronice - tot mai răspîndite - sînt constituite dintr-un orologiu cu cuarț și dintr-un dispozitiv de înregistrare; orologiul cu cuarț indică digital. În momentul măsurării, indicația orologiului este memorată în vederea afișării și înregistrării. Rezultatul măsurării - afișat și înregistrat - este dat în ore, minute, secunde și fracțiuni de secundă (pînă la 10^{-4} s).

c) Milisecundometre. Sînt utilizate pentru măsurarea intervalului de timp dintre momentul cînd se aplică semnalul de comandă pe bobina unui releu și momentul cînd se execută comanda de contactele acestui releu. Principiul de măsurare a intervalului de timp cu ajutorul acestor instrumente se bazează pe dependența de

timp a tensiunii de încărcare a unui condensator sau a curentului de descărcare al acestuia. Tensiunea de încărcare u - măsurată cu un voltmetru gradat în unități de timp - de la bornele unui condensator C legat în serie cu o rezistență R și o sursă de tensiune electromotoare E , crește pînă la tensiunea maximă $U_0 = E$ conform relației:

$$u = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right); \quad (22.2)$$

în această relație, t este timpul iar

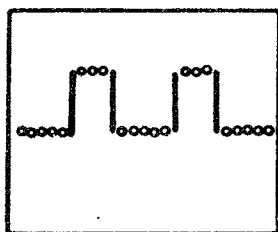
$T = RC$ - constanta de timp. Curentul de descărcare se măsoară cu un microampermetru gradat - de asemenea - în unități de timp. Intervalele de timp măsurate cu milisecundometrele sînt cuprinse între 0,1 ms și 3 s. Eroarea de măsurare este de 2... 5% din valoarea reperului maxim al scării gradate.

d) Osciloscopia. Sînt utilizate la măsurarea intervalelor de timp dintre impulsurile unor semnale periodice și la măsurarea intervalelor de timp de foarte scurtă durată; în ultimul caz se obține o rezoluție pînă la 20 ps. Metodele de măsurare a intervalelor de timp cu osciloscopul sînt:

- cu marcator de timp;
- fără marcator de timp.

Marcatoarele de timp sînt generatoare de impulsuri care modulează intensitatea luminoasă a spotului. Frecvența marcatoarelor de timp poate fi modificată în trepte. Pe ecran, spotul va fi mai intens la distanțe egale corespunzătoare intervalelor de timp dintre impulsurile marcatorului de timp. Intervalul dintre două puncte luminoase corespund unei perioade a semnalului marcatorului de timp (Fig. 22.9).

Valoarea intervalului de timp se obține ca produs între numărul impulsurilor de pe ecran ale marcatorului de timp înmulțit cu durata perioadei semnalului marcatorului de timp.



a

Fig. 22. 9. Impulsurile marcatorului de timp afișate pe ecranul osciloscopului.

La osciloscopoele moderne (ex. Rhode und Schwarz), marcatorul de timp are două semnale ale căror frecvențe sînt sincronizate cu frecvența semnalului bazei de timp a osciloscopului (Fig. 22.10).

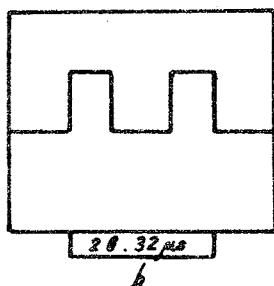


Fig. 22.10. Impulsurile marcatorului de timp sincronizate cu baza de timp și afișate digital.

Fazele acestor două semnale pot fi decalate - separat - față de faza semnalului bazei de timp după cum se observă în Fig. 22.10: unul din semnalele marcatorului de timp se defazează pînă cînd suprastrălucirea corespunde cu începutul primului impuls de

pe ecran iar suprastrălucirea produsă de-al doilea semnal al marcatorului de timp se aduce în coincidență cu începutul celui de-al doilea impuls de pe ecran. Diferența de fază - exprimată în unități de timp - dintre fazele celor două semnale ale **marcatorului este** indicată digital cu patru cifre; această diferență reprezintă durata unui impuls respectiv intervalul de timp dintre două impulsuri de pe ecran.

A doua metodă constă în măsurarea intervalelor de timp dintre două impulsuri cu osciloscopul obișnuit. Se aplică formula:

$$t = \frac{s}{v} \quad (22.3)$$

în care:

s este distanța, pe ecranul osciloscopului, dintre două impulsuri (cm);

v - viteza spotului în cm/s;

t - intervalul de timp (s).

Viteza spotului se determină din frecvența bazei de timp; se calibrează periodic. Eroarea de măsurare a intervalelor de timp cu această metodă este de 1% sau mai mare.

e) Aparate numerice (numărătoare universale). Se pot folosi în măsurarea numerică a timpului. În Fig. 22.11 este prezentată schema bloc pentru măsurarea unui interval de timp cu ajutorul unui aparat numeric.

Intrarea A reprezintă canalul pentru impulsul START care după o prealabilă prelucrare (triggerare, stabilire de nivel și polaritate), comandă deschiderea porții principale.

Intrarea B este canalul pentru impulsul STOP care comandă închiderea porții principale. Intrările pot fi separate (SEP) sau legate în paralel (COM) prin intermediul unui comutator.

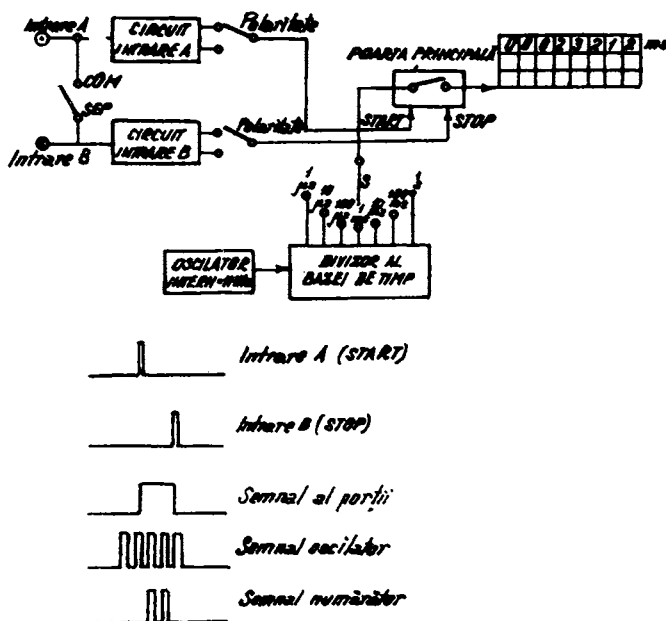


Fig. 22.11. Schema bloc pentru măsurarea unui interval de timp.

În poziția SEP, cele două canale sînt independente și semnalele de comandă ale porții provin de la surse diferite; în poziția COM, intrările sînt puse în paralel astfel încît numai un semnal este trimis numărătorului dar se pot selecta independent diferiți parametri, cum ar fi polaritatea și nivelul de triggerare pentru funcțiile START și STOP. Între impulsul START și impulsul STOP (durata intervalului de timp măsurat), poarta principală este deschisă și semnalele oscilatorului trecute prin divizorul bazei de timp sînt numărate, memorate și afișate; acesta este rezultatul măsurării și reprezintă durata intervalului de timp.

f) Aparate înregistratoare. Inregistrează mărimea unui interval de timp ((cronografe, osciloscoape cu marcator de timp, aparate numerice) sau variația unei mărimi în funcție de timp (termografe, barografe, vibrografe etc.); înregistrările pot fi analogice (curbe trasate mecanic, fotografic etc.) sau numerice (prin cifre).

g) Metronoame. Sînt aparate folosite în domeniul muzicii pentru indicarea unor intervale de timp constante - cadențe.

B I B L I O G R A F I E

1. x x x Agenda tehnică, Editura tehnică, București, 1981
2. Asavinei, I.ș.a., Tehnica măsurării temperaturilor și mărimilor fotometrice, Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
3. x x x Dicționar de fizică, Editura enciclopedică română, București, 1972.
4. Dragu, D., Toleranțe și măsurători tehnice. Editura didactică și pedagogică, București, 1983.
5. Dodoc, P., Metrologie generală, Editura didactică și pedagogică, București 1979.
6. Doncescu, D., Electrotehnica, I.I.R.U.C., 1984.
7. Georgescu, S.G., Indrumător pentru atelierele mecanice, Editura tehnică, București, 1979.
8. Gheorghiu, C.O., Ceasuri atomice, Editura științifică și enciclopedică, București, 1972.
9. Ilieș, N.,
Ivanovici, Gh., Memorator de metrologie, Editura tehnică, București, 1966.
10. Manolescu, P.,
Ionescu-Golovanov, C., Măsurări electrice și electronice, Editura didactică și pedagogică, București, 1979.
11. Micu, C.,ș.a., Aparate și sisteme de măsurare în construcția de mașini, Editura tehnică, București, 1980.
12. Moga, A., Metode și mijloace de verificat și măsurat, vol. I și II, Editura tehnică, București, 1973.
13. Nicolau, Ed.ș.a., Manualul inginerului electronist, Editura tehnică, București, 1979.
14. Papuc, I.,ș.a., Metrologia mărimilor mecanice, Editura didactică și pedagogică, București, 1980.

15. Popescu, P., ș. a., Tehnica măsurării forțelor, presiunii și debitului, Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
16. Predoi, D., Instalații de ceasornice electrice, Editura tehnică, București, 1968.
17. Rădulescu, N., ș. a., Curs pentru pregătirea metrologilor autorizați, Editura tehnică, 1971.
18. Řehoř, Martinek, Mechanische Uhren, VEB Verlag Technik, Berlin
19. x x x Sistemul internațional de unități, Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
20. Stratulat, M., ș. a., Diagnosticarea automobilelor, Editura tehnică, București, 1977.
21. Wiener, L., ș. a., Metrologia mărimilor mecanice, Editura didactică și pedagogică, București, 1981.