

MM

MŰSZEREK ÉS MÉRÉSEK

**HOSSZ-
ÉS SZÖGMÉRŐ
MŰSZEREK,
MÉRÉSEK**

Király Ottó

Hossz- és szögmérő műszerek, mérések

2., javított kiadás

AZ ORSZÁGOS PEDAGÓGIAI INTÉZET MEGBÍZÁSÁBÓL KIADJA
A MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1988

Készült a művelődési miniszter rendeletére a Művelődési Minisztérium Szakoktatási és Továbbképzési Főosztályának, valamint az Országos Pedagógiai Intézet irányításával

Lektorok:

GAVALLÉR LÁSZLÓ
TATÁR JÓZSEF

Alkotó szerkesztő:

DR. HARMATH JÓZSEF

ISBN 963 10 4784 9

ISBN 963 10 7905 8

Kiadja a Műszaki Könyvkiadó
Felelős kiadó: Szücs Péter igazgató

Váci ÁFÉSZ Sokszorosítóüzem, Vác, 88 106

Műszaki vezető: Kőrizs Károly

Műszaki szerkesztő: Oravecz Mihályné

A könyv formátuma: B5. Terjedelme: 12,50 (A5) ív

Ábrák száma: 94. Példányszám: 3000 árral ellátva, 2000 ár nélkül

Papír minősége: 80 g ofszet. Azonossági száma: 37 177

Kézirat lezárva: 1982. március 19.

Készült az MSZ 5601 és 5602 szerint

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|----|
| BEVEZETÉS | 5 |
| 1. ELMÉLETI ISMERETEK | 7 |
| 1.1. A mechanikai hosszmerések jellemzői, mérési módok, mértékegységek | 7 |
| 1.2. A mérőeszközök főbb metrológiai jellemzői, műszer- hibák. Mérési hibák | 10 |
| 1.3. A mechanikai hosszmerőeszközök csoportosítása ... | 15 |
| 1.4. Hossz- és szögmérőeszközök | 16 |
| 1.4.1. Állandó méretű hosszmerőeszközök | 16 |
| 1.4.2. Változó méretet ellenőrző hosszmerőeszközök | 26 |
| 1.4.3. Állandó méretű szögmérőeszközök | 30 |
| 1.4.4. Változó méretet ellenőrző szögmérőeszközök .. | 33 |
| 1.5. Összehasonlító hosszmerés mérőeszközei | 38 |
| 1.5.1. Mérőórák | 38 |
| 1.5.2. Mechanikai áttételezésű finomtapintók | 46 |
| 1.6. Pneumatikus hosszmerőeszközök | 54 |
| 1.7. Hossz- és szögmérésen alapuló üzemi mérőeszközök és mérések | 58 |
| 1.7.1. Kupszögmérő eszközök és mérések | 58 |
| 1.7.2. Fogaskerékmérő eszközök és mérések | 61 |
| 1.7.3. Menetek mérése | 72 |
| 1.8. Optikai műszerek | 75 |
| 2. MÉRÉSI GYAKORLATOK | 83 |
| 2.1. Mérés: Hosszmerés tolmércével és mikrométerrel | 85 |
| 2.2. Mérés: Mérés és ellenőrzés mérőhasábokkal | 91 |
| 2.3. Mérés: Mérések mechanikai és optikai szögmérőkkel, szinuszvonalzóval | 96 |
| Ellenőrző kérdések | 99 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 2.4. | Mérés: Mérések mérőórákkal. Mérőóra összhibadiagram-felvétele | 101 |
| 2.5. | Mérés: Helyzetellenőrzések mérőórával | 106 |
| 2.6. | Mérés: Sorozatmérés mérőórával | 112 |
| | Ellenőrző kérdések | 116 |
| 2.7. | Mérés: Belső és külső kup mérése | 117 |
| 2.8. | Mérés: Fogaskerék elemeinek mérése | 120 |
| 2.9. | Mérés: Menetek mérése, ellenőrzése | 126 |
| | Ellenőrző kérdések | 132 |
| 2.10. | Mérés: Hosszuság- és szögmérés, alakellenőrzés optikai műszerekkel | 133 |
| 2.11. | Mérés: Hosszuságmérés, alakellenőrzés optikai műszerekkel | 136 |
| | Ellenőrző kérdések | 139 |

BEVEZETÉS

A különböző szakmák munkaterületei - amint azt az eddigiek során mint az elméleti, mint a gyakorlati oktatásban tanultuk és tapasztaltuk - az ipari gyártmányok széles változatát ölelik fel. Az egyes gyártmányok részegységekből (tömbszerkezetekből), míg a részegységek alkatrészekből (elemekből) épülnek fel, amelyre példákat korábbi tanulmányaink során láttunk.

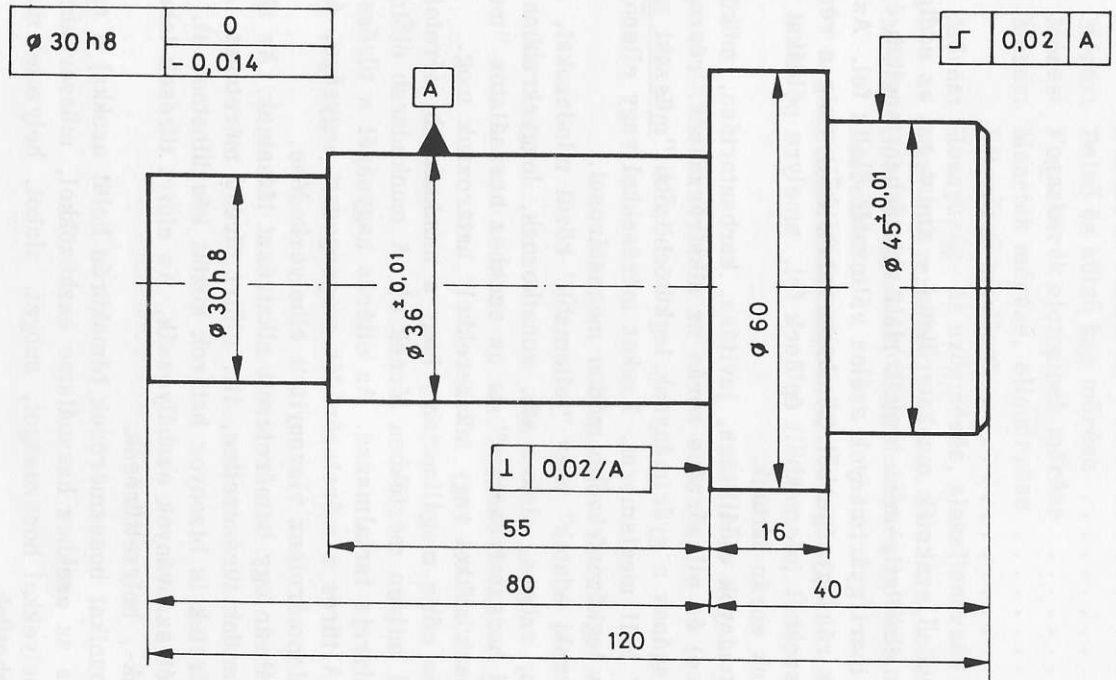
A gyártmányok előállítás, javítása, karbantartása, működtetése (üzemeltetése) és ellenőrzése során az alkatrészeknek, részegységeknek, ill. magának a gyártmánynak legkülönbözőbb "műszaki adatait", "jellemzőit" kell megismerni. Ezeket mérésekkel vagy ellenőrzésekkel tudjuk a legkézenfekvőbb módon meghatározni.

A "műszaki adatok" vagy "jellemzők" közül mindazokat, amelyek hosszúságra, szögére, alakra stb. vonatkoznak, leggyakrabban ún. "mechanikai hossz-mérésekkel" és az ezekhez használatos "mechanikai hossz-mérőeszközökkel vagy műszerekkel" határozzuk meg.

A mérés célja megállapítani, hogy a munkadarab méretei egy előírt mérettől milyen mértékben térnek el. A munkadarab előírt méreteit a műhelyrajz tartalmazza. Az eltérés nagyságát a tűrések határolják be. A tűrés a mérepszóródás megengedett nagysága, és határainak az alapláncra viszonyított elhelyezkedése.

Az 1. ábrán egy beméretezett alkatrészt láthatunk. Az ábrán megkülönböztethetünk tűrésezetlen, ill. előírt tűrésű méreteket. A tűrésezetlen méretek is bizonyos határok között készülhetnek el. Az eltérés mértékét szabványok szabályozzák. Az előírt tűrések lehetnek: hossz-, alak-, helyzetűtűrések.

A mechanikai hossz-mérések témakörén belül azokkal a mérési módokkal és az ezekhez használatos eszközökkel, műszerekkel foglalkozunk, amelyekkel hosszúságot, szöveget, alakot, helyzetet mérhetünk és ellenőrizhetünk.



1. ábra
Mechanikai hosszmerések értelmezése

1. ELMÉLETI ISMERETEK

1.1. A mechanikai hossz-mérések jellemzői, mérési módok, mértékegységek

A mérés az a tevékenység, amellyel valamely fizikai mennyiség (M) mérőszámát (A) a mértékegységével (m) való összehasonlítás útján meghatározzuk (lásd: Mt 8/1976. IV. 27. rendelet).

Képletben:

$$M = A \cdot m.$$

Szavakban:

fizikai mennyiség = mérőszám x mértékegység.

Például:

$$12 \text{ m} = 12 \times (1 \text{ méter});$$

$$2 \text{ A} = 2 \times (1 \text{ amper});$$

$$5 \text{ s} = 5 \times (1 \text{ szekundum}).$$

A gyakorlatban, mint a példákban is látható, a legkülönbözőbb fizikai mennyiségeket (hosszuság, áramerősség, idő stb.) mérhetünk.

A mérésekhez különböző működési elven alapuló (mechanikus, optikai, villamos stb.), különféle szerkezeti felépítésű eszközöket és műszereket alkalmazhatunk. A műszaki gyakorlati életben a mechanikai mérések fogalmán azt értjük, hogy különféle alkatrészek, szerkezetek "méreteit" - mint "fizikai mennyiségeket" - mérjük meg.

Mérőeszközöknek nevezzük mindazokat az eszközöket vagy műszereket, amelyeknek segítségével a kívánt méret - számszerűen - meghatározható. Ezek leggyakrabban mechanikai, esetenként optikával kombinált un. optimechanikai kialakításúak (pl. a tolómérce, mikrométer mechanikai, az optikai szögmérő, műhelymikroszkóp optimechanikai).

Méréskor az eredményt mindig számokban kifejezve kapjuk. Az ellenőrzéskor számszerű eredményt nem kapunk, csak azt állapítjuk meg, hogy a munkadarab alakja vagy mérete megfelel-e a rajz előírásainak.

Tehát az ellenőrzés olyan eljárás, ami nem állapít meg számszerű értéket, hanem csak azt, hogy a munkadarab nagyobb vagy kisebb-e az előírt követelményeknél, ill. a meghatározott határmértékeken belül van-e. Az ellenőrzést a tárgynak az ellenőrző eszközökkel való összehasonlítása útján végezzük. Az ellenőrző eszközök beosztás nélküliek.

A mérési mód azt jelenti, hogy ugyanazt a fizikai mennyiséget - általában - többfajta mérőeszkővel, különbözőképpen határozhatjuk meg. Az alkalmazott mérési módot a mérőeszköz, ill. a mérőműszer szerkezeti kialakítása határozza meg.

Az alkalmazott mérőeszközöktől függően három mérési módot ismerünk.

Közvetlen kitérítéses mérés. Az ismeretlen méretet úgy határozzuk meg közvetlenül, hogy mellé helyezzük (ráhelyezzük) a mérőeszközt és a mérendő méretet összehasonlítjuk a mérőeszközön levő osztások számával. Így mérünk pl. a tolmérővel, a mikrométerrel stb. Ezzel a mérési móddal tehát a mérési eredményt - a mérőszámot - közvetlenül leolvassuk.

Összehasonlító (differencia) mérés. Az ismeretlen méretet úgy állapítjuk meg, hogy ismert méretű mintával - etalonnal - hasonlítjuk össze. A mérőeszközt beállítjuk az etalonnal meghatározott méretre, majd a mérőeszkővel a meghatározandó méret és az etalon közötti különbséget mérjük. Ezt a különbséget hozzáadjuk az etalon méretéhez - vagy levonjuk abból -, így állapítjuk meg közvetve a keresett méretet. Mivel ezt a mérési módot a különbség vagy az eltérés mérése jellemzi, így különbség- vagy eltérésmérésnek is nevezzük. Így mérünk pl. mérőórával, amelyet mérőhasábokkal (mint etalonnal) állítunk be.

Helyettesítő mérés. A mérőműszereket az jellemzi, hogy azokkal - a meghatározott méréstartományukon belül - minden méret mérhető. Alkalmazunk azonban olyan mérőeszközöket is, amelyek mérőfelülete meghatározott méretre készül és nem állítható. Ezek a mérőeszközök - az idomszerek - a mérendő idom ellendarabjaként foghatók fel, és méréskor mintegy a mérendő idom felületéhez simulnak. Az ilyen mérésnél összetett mérési folyamat is lejátszódhat, mivel több méret egymáshoz való kapcsolatát is mérhetjük (pl. alakos, furattávolságmérő idomszer). Az idomszer méret tehát mérőszám megállapítására nem alkalmas. Vele csak azt lehet megállapítani, hogy a tűréshatáron belül van-e a méret.

A mechanikai mérések mértékegységei a hosszúság és a szög mértékegységei. Ezek - mint tanultuk - az SI-rendszer alap-, ill. kiegészítő egységei.

A mechanikai hossz-mérésekhez a gyakorlatban a hosszúság egységének, a méternek (m) decimális törtrészét a millimétert (mm) használjuk

egységként. Ennek további törtrészei a tized, a század vagy az ezred milliméter, ez utóbbit mikrométernek is nevezzük, jele: μm ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$).

Az iparban a rajzokon feltüntetett méretek milliméterben értendők. Ettől eltérő esetben a mértékegységet jelölni kell! Az általános hosszsmértékegység a milliméter.

Az iparban egyes esetekben még használják az angol hüvelyket is. Pl. menetek, gáz- és gőzcsövek méreteinél. Jele a két felső vessző. $1'' = 25,4 \text{ mm}$. Az angol hüvelyk (coll) nem SI-egység, így más területen hosszegységként nem használható. Az angol hüvelykben megadott méretek általában közönséges törtek, pl. $1/4''$, $3/4''$ stb. Átszámításnál a milliméteres értéket megkapjuk, ha a törtet 25,4-del beszorozzuk, pl.:

$$\frac{1''}{4} = \frac{1}{4} \cdot 25,4 = 6,35 \text{ mm}.$$

A mechanikai szögmérésekhez a síkszög-mértékegységet használjuk (Mt. 8/1976.III.fej.46.), ez a fok jele: $^{\circ}$,

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

A fok törtrészei:

a perc (ivperc), jele: $'$

$$1' = \frac{1^{\circ}}{60} = \frac{\pi}{10 \cdot 800} \text{ rad};$$

a másodperc (ivmásodperc) jele: $''$

$$1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^{\circ}}{3600} = \frac{\pi}{64 \cdot 800} \text{ rad}.$$

A gyakorlati életben olyan esetekkel is találkozunk, hogy a fok értékét tizedes törtben kapjuk meg. Pl. $18,315^{\circ}$. A legtöbbször ezt át kell számítani fokokra, percekre, másodpercekre. Az átszámítás-kor az egész fokokat leírjuk, a maradékot 60-nal beszorozzuk, például:

$$\begin{array}{r} 18,315^{\circ} = ? \quad 18^{\circ} \\ 0,315^{\circ} \cdot 60 = 18,9' \quad 18' \\ 0,9 \cdot 60 = 54'' \quad \quad \quad 54'' \\ \hline 18,315^{\circ} = 18^{\circ} 18' 54'' \end{array}$$

1.2. A mérőeszközök főbb metrológiai jellemzői, műszerhibák. Mérési hibák

Az azonos mérési feladat elvégzéséhez (hosszuság, szög mérése) különböző kivitelű és különböző elven alapuló mérőeszközöket alkalmazhatunk. Ezek előírt mérőtulajdonságokkal rendelkeznek, amelyeket együttesen ún. "metrológiai jellemzőknek" nevezzük.

A fontosabb metrológiai jellemzők:

Érzékenység: a mérendő mennyiség (mint bemenőjel) egységnyi megváltozása következtében létrejövő kimenőjel változás. Mutatószereknél, ahol a kimenőjel mutató elmozdulás, elfordulás ez azt jelenti, hogy annál érzékenyebb a mérőeszköz, minél kisebb mennyiség, minél nagyobb kitérést hoz létre. Azaz:

$$\text{érzékenység} = \frac{\text{a mutató kitérése mm-ben (vagy osztásban)}}{\text{a mérendő mennyiség}}$$

Az állékonyság az a tulajdonság, hogy a mérőeszköz változatlan mérési feltételek között, egy meghatározott mérendő mennyiségre vonatkozóan, huzamosabb ideig állandóan ugyanazt az értéket mutatja.

Reprodukáló-képesség ugyanazt a mérendő mennyiséget változatlan mérési feltételek között többször megismételve, a leolvasott értékek csak meghatározott és megengedett értéken belül térnek el egymástól.

A pontosság a mérőeszköznek egyik legfontosabb jellemzője, amely azt jelenti, hogy egy adott mérendő mennyiség mért értékei annak helyes értékétől egy előre meghatározott értéknél kevesebbel térnek el.

A mérőeszközök pontosságát a megengedett hibájuk jellemzi, amely a mért (E_m) és a valódi (E_v) érték különbsége, a valódi értékre vonatkoztatva.

A hiba százalékban kifejezve:

$$h\% = \frac{E_m - E_v}{E_v} \cdot 100\%$$

A mérőeszközöket hibahatáruk szerint pontossági osztályokba sorolják. Jegyezzük meg! A mérőeszköz pontossága nem azonos annak leolvasási pontosságával. A leolvasási pontosságot ui. a legkisebb osztás értéke határozza meg.

A metrológiai jellemzőkön kívül a mérés eredményét az ún. műszerhibák is megváltoztathatják.

Műszerhibán azt értjük, hogy egy fizikai mennyiség valóságos értéke a műszerrel mért értéktől eltér. A műszerhibák nem tévesztendőek össze sem a műszerek osztálypontosságával, sem pedig a mérés során előfordulható hibákkal.

A gyakoribb műszerhibák a következők:

Skálahiba: akkor keletkezik, ha a mérőműszeren levő osztásjelek nem a megfelelő helyen vannak, ill. a skálabeállítás helytelen.

Irányváltási hiba: akkor keletkezik, ha valamilyen mennyiség értéke a kisebb érték felől megközelítve más, mint a nagyobb érték felől.

Nullahiba: akkor keletkezik, ha a műszer indexe terheletlen (nyugalmi) állapotban nem tér vissza a skála kiindulási (nulla) pontjára.

Kalibrálási hiba: bonyolultabb szerkezetű műszerek módosító elemeinek összeszabályozatlanságából adódó hiba.

Variációs hiba: ugyanazt a munkadarabot ugyanazzal a műszerrel többször mérve nem azonos méretet kapunk. A műszerelemeknek a mérőerő hatására keletkező deformációja, ill. az elemek surlódása okozza.

A mérési művelethez meghatározott nagyságu mérőerőre van szükség, hogy a mérőeszközt határozott kapcsolatba hozzassuk a mérendő tárggyal. Ez a mérőerő szakítja át a tárgy felületén levő olaj és zsirréteget is. A mérőerő annál kisebb minél kisebb a mérőfelület. Mérőeszközünk 0...10 N között a legkülönbözőbb mérőeszközökkel dolgoznak.

A mérőerő kettős hatást fejt ki a tárgyon, ill. a mérőeszközön rugalmas hosszúság változást, behajlást, elcsavarodást és az érintkező felületeken belapolást.

A felsorolt hibákat összegezve kapjuk az ún. alaphibát, ami kisebb kell hogy legyen, mint az osztálybasorolás alapján megengedett hiba (osztálypontosság).

A felsorolt műszerhibák megváltoztatják a mérés eredményét, ezért a műszereket gyártó vállalatok arra törekednek, hogy ezeket a hibákat a legkisebb értékre csökkentsék.

Amint azt a fizikában tanultuk, a hő hatására minden test kitágul. Ez a tágulás az anyagoktól függően különböző mértékű. Valamely test tágulása anyagán kívül a test hőmérsékletétől is függ. A tágulást a hőtágulási együttható (α) jellemzi. Hosszúságméréseknél minél nagyobb a hőmérséklet, annál nagyobb a hosszváltozás (lineáris hőtágulás). A hosszváltozások következtében mérési hibák keletkeznek, ha a munkadarab és a mérőeszköz hőmérséklete különböző. A hőhatások következtében előálló mérési hibákat kiküszöbölhetjük, ha minden mérést azonos hőmérsékleten végzünk. Ezt a hőmérsékletet a szabvány $+20^{\circ}\text{C}$ -ban állapítja meg. Ezt a hőmérsékletet, amely a mi hőmérsékleti viszonyaink között könnyen betartható, alaphőmérsékletnek nevezzük. A $+20^{\circ}\text{C}$ alaphőmérsék-

let az a hőfok, amelyen a munkadarab méretének névleges méretével egyeznie kell.

Pontos méréseknél a munkadarabnak és a mérőeszköznek egyformán 20°C -on kell lennie.

Ha a mérés nem 20°C -on történik, figyelembe véve, hogy a mérőeszköz is felveszi a környezet hőmérsékletét, a mérési hiba:

$$\Delta L_{20} \pm L_{\text{mért}} (\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2),$$

ahol 1 index a munkadarabra, a 2 index a mérőműszere vonatkozik.

A névleges érték 20°C -ra:

$$L_{20 \text{ tárgy}} = L_{\text{mért}} - \Delta L_{20}.$$

Az alaphőmérséklet betartásának szabályai:

1. Óvjuk a mérőeszközöket a hőmérséklet ingadozásától! Sohase fektessük őket fűtőtestek közelébe, vagy napsugaraktól különösen felmelegített helyekre! Kerüljük el a kis hőmérsékletre hűtést is!

2. Hagyjuk, hogy a megmunkálástól felmelegedett testek mérés előtt az alaphőmérsékletre lehüljenek!

3. Óvjuk a mérőeszközöket a kéz melegétől!

A mérések során a mérőszám pontatlanságát, ill. a valóságtól eltérő értékét hibának nevezzük. Ez alapján megkülönböztetünk valós vagy pontos értéket E_v és mért értéket E_m .

A pontos és a mért érték közötti teljes eltérést abszolút vagy teljes hibának (H) nevezzük. Az abszolút hiba eltérése lehet pozitív (+) vagy negatív (-). Az abszolút hibát meghatározhatjuk a

$$H = E_v - E_m$$

összefüggés alapján, ahol H az abszolút hiba; E_v a valós (pontos) érték; E_m a mért érték.

A mérés pontosságáról teljesebb képet kapunk a relatív vagy viszonylagos hiba (h) meghatározásával, ahol azt vizsgáljuk, ill. számítjuk ki, hogy az elkövetett hiba, azaz a mért érték (E_m) a valós (pontos) értékhez (E_v) képest milyen mértékű. A relatív hibát a

$$h = \frac{E_m - E_v}{E_v}$$

összefüggés alapján számíthatjuk ki.

A gyakorlatban mindig a relatív hiba értékét szokás meghatározni százalékban kifejezve, amit a következő összefüggés alapján számítottunk ki:

$$h_{\%} = \frac{E_m - E_v}{E_v} \cdot 100\%.$$

A relatív hiba megállapítására a következő példák adnak utmutatást.

Példák

1. Az $E_v = 80$ mm valós hosszúságu tengely mért értéke $E_m = 80,2$ mm. Mekkora az abszolút (H), ill. a relatív hiba (h) értéke?

Az abszolút hiba:

$$H = E_m - E_v = 80,2 - 80 = 0,2 \text{ mm.}$$

A relatív hiba:

$$h_{\%} = \frac{E_m - E_v}{E_v} \cdot 100 = \frac{80,2 - 80}{80} \cdot 100 = 0,25\%.$$

2. Az $E_v = 22^{\circ}$ valós értékű alkatrész mért értéke $E_m = 21^{\circ}$. Mekkora az abszolút (H), ill. a relatív hiba (h) értéke?

Az abszolút hiba:

$$H = E_m - E_v = 21^{\circ} - 22^{\circ} = -1^{\circ}.$$

A relatív hiba:

$$h_{\%} = \frac{E_m - E_v}{E_v} \cdot 100 = \frac{21^{\circ} - 22^{\circ}}{22^{\circ}} \cdot 100 = -4,5\%.$$

A példákából látjuk, hogy a hiba lehet pozitív vagy negatív eltérésű.

A mérési gyakorlatban előforduló mérési hibákat jellegük szerint is megkülönböztetjük, ennek alapján lehetnek

- rendszeres hibák vagy
- véletlen hibák

Rendszeres hibáknak azokat a hibákat nevezzük, amelyek nagysága és előjele meghatározható, ezért a mérési eredmény vele korrigálható. A mérési eredményt mindig a rendszeres hibától mentesen szabad megadni. A rendszeres hiba forrása sokféle lehet. A korábban tárgyalt műszerhibák közül a nullahiba, skálahiba, irányváltási, kalibrálási hiba rendszeres hibát okoz. Szintén rendszeres hibát okoz a hőmérsékleti hiba, ezért lényeges az előírt hőmérséklet megtartása.

A rendszeres hibákat meghatározhatjuk, ha a kérdéses műszereken mért értéket a mérési tartomány egy vagy több pontján összehasonlítjuk egy pontosabb műszerrel. A rendszeres hiba ismeretében a mért értéket a hiba ellenkező előjellel vett értékével helyesbíteniünk kell. Ezt a gyakorlatban "korrekciónak" nevezzük.

Véletlen hibák közé azokat a hibákat sorolhatjuk, amelyeknek sem nagysága, sem előjele nem határozható meg. Keletkezésük okai bizonytalanok, értékük állandóan változik.

A véletlen hibák úgy jelentkeznek, hogy ugyanazon személy, ugyanazon a tárgyon az adott műszerrel, azonos feltételek között eltérő mérési eredményeket kap. A korábban tárgyalt műszerhibák közül a variációs hibák véletlen hibát okoznak. Véletlen hibák a környezeti hibák is, amelyek a mérés előírt körülményeit megváltoztatják, pl. nedvesség, rázkódás, de hatásuk csak bonyolult összefüggéssel vehető számba.

A véletlen hibák eredménye méretszóródás, tehát a mért értékek bizonyos határok közé esnek. A méretet ebben az esetben a mérési sorozat átlagának kiszámításával határozzuk meg úgy, hogy a mérési sorozat tagjainak (x_1, x_2, \dots, x_n) számtani középértékét vesszük:

$$x_a = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

A mérési sorozat átlagának számításakor a kiugró minimum- és maximumértékeket nem vesszük figyelembe. Ha például azonos feltételek mellett egy 1/20 leolvasási pontosságú tolmércével ötször egymás után hosszúságot mérünk és a következő értéksort kaptuk:

$$x_1 = 6,4 \text{ mm};$$

$$x_2 = 6,45 \text{ mm};$$

$$x_3 = 6,5 \text{ mm};$$

$$x_4 = 6,35 \text{ mm};$$

$$x_5 = 6,3 \text{ mm},$$

akkor a számtani középérték:

$$x_a = \frac{6,4 + 6,45 + 6,5 + 6,35 + 6,3}{5} = 6,4 \text{ mm}$$

amit a mérés legvalószínűbb értékének tekinthetünk (ezen kívül a mérés-technika még különféle átlagszámítási módszereket is ismer).

Megemlítjük még, hogy a mérés során előfordulhatnak ún. "durva hibák". Ezek erős környezeti hatásra vagy nagyfokú személyi tévedésre vezethetők vissza. A durva hiba a mért értéket nagymértékben megváltoztatja.

1.3. A mechanikai hossz mérőeszközök csoportosítása

A mechanikai mérésekhez használatos mérőeszközöket különböző elvek alapján csoportosíthatjuk, így például:

- a felhasználás szerint: hossz mérő vagy szögmérő;
- a szerkezeti felépítése szerint: mechanikai, optomechanikai;
- a leolvasás pontossága szerint: egyszerű vagy nagy pontosságú;
- a méret előállítása szerint: mechanikai nagyítás, optikai nagyítás;
- a mérettartomány szerint: állandó méretű vagy változó méretet ellenőrző;
- a mérés jellege szerint: közvetlen vagy összehasonlító mérésre alkalmas.

A felsorolásból - ami korántsem teljes - látható, hogy egy-egy mérőeszközre szinte valamennyi csoportosítás jellemző lehet. Például egy 0,1 mm leolvasási pontosságú tolmérce: mechanikai szerkezeti felépítésű és nagyítású, egyszerű, változó méretet ellenőrző, közvetlen mérésre alkalmas hossz mérő eszköz.

A mechanikai mérések konkrét gyakorlatának szempontjából a mérőeszközöket elsősorban a felhasználás szerint csoportosítjuk.

Az olyan mérőeszközöket, amelyek csak egyetlen méretet testesítenek meg, mértékeknek nevezzük. Azokat a mérőeszközöket, amelyek változó, tetszés szerinti méret ellenőrzésére alkalmasak, tehát az osztásaik révén a mértékegység többszöröseit, ill. osztásait is tartalmazzák mércéknek nevezzük.

Igy lehetnek

hossz mérőeszközök:

állandó méretű mértékek (mérőhasábok, idomszerek, ősméter);

változó méretet ellenőrző mércék (tolómérce, mikrométer);
szögmérőeszközök:
 állandó méretű mértékek (szögmértékek, derékszög);
 változó méretet ellenőrző mércék (mechanikai és optikai szög-
mérő);
 hossz- és szögmérés elvén alapuló mérőeszközök:
 összehasonlító hossz- és szögmérőeszközök (mérőóra, mikro-
kátor, tapintóemelyük, libella),
 különböző rendeltetésű üzemi mérőeszközök hossz, szög, menet, kup,
fogaskerék mérésére (mikroszkópok, Abbe-komparátor, menetmikro-
méterek, fogvastagságmérő tolómérő, fogosztásmérő, kúpszögmérő
gyűrűk, ill. golyók, szinuszvonalzó stb.).

1.4. Hossz- és szögmérőeszközök

A hosszúságok és a szögek mérésének, ill. ellenőrzésének leggya-
koribb eszközei a különböző hossz- és szögmérőeszközök. Ezek le-
hetnek:

- egyszerű- és nagy pontosságu,
- állandó méretű, vagy változó méretet mérő,
- mechanikai vagy optikai nagyítású eszközök.

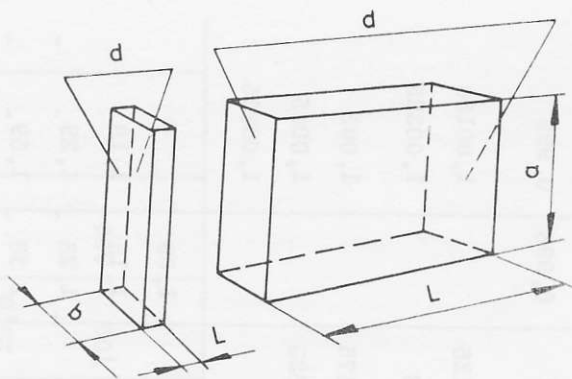
1.4.1. Állandó méretű hossz- és szögmérőeszközök

Az állandó méretű hossz- és szögmérőeszközök közül részletesebben a mé-
rőhasábokkal, átfogó jelleggel pedig a határmérő idomszerekkel és a
sablonokkal foglalkozunk.

1.4.1.1. Párhuzamos lapu mérőhasábok (raporterek)

A mérőhasábok az összehasonlító mérések alapjai és mint beállító
és ellenőrző mértékek nélkülözhetetlenek.

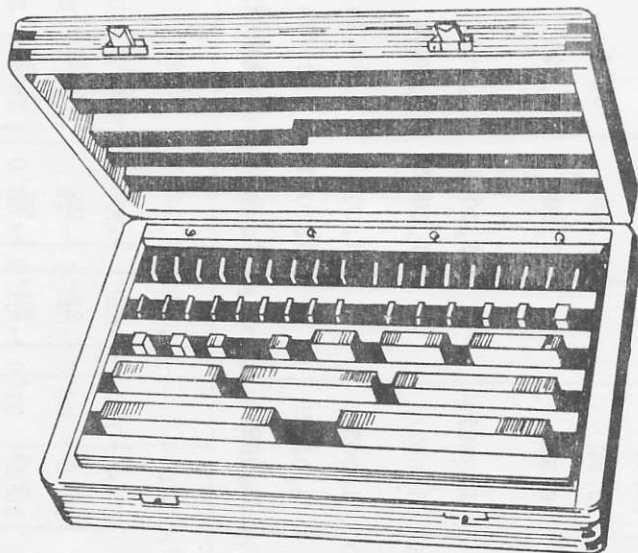
A mérőhasáb olyan téglalap alakú hasáb, amelynek két egymással szem-
ben fekvő és legsimábbán megmunkált mérőfelülete közti távolság (a
mérőhasáb hossza) a névleges méret előírt pontosságu meghatározá-
sára alkalmas. A mérőhasábok egyes felületeinek egyértelmű megha-
tározása az MSZ 11172 szerint a következő (2. ábra):



2. ábra
Párhuzamos lapu mérőhasáb

L a hosszúság: a mérőhasáb két mérőfelülete közti távolság;
 a a szélesség: a hosszúságra merőleges két méret közül a hosszabb;
 b a vastagság: a hosszúságra merőleges két méret közül a rövidebb;
 d a mérőfelületek.

A mérőhasábok a különféle rendeltetési célnak megfelelően összeállított készletben kerülnek forgalomba. A készletek darabszáma 8...117 között változik. Ilyen készletre látunk példát a 3. ábrán.



3. ábra
Mérőhasábkészlet

Szabványos mérőhasábok sorozata (MSZ 11 172)

| | | | | | | | | | |
|---------|---------|------|---------|---------|--------|---------|---------|-------|---------|
| (0,3) | (0,4) | 0,5 | (0,6) | (0,7) | (0,72) | (0,8) | (0,9) | | |
| 0,91 | 0,92 | | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 |
| 0,991 | 0,992 | | 0,993 | 0,994 | 0,995 | 0,996 | 0,997 | 0,998 | 0,999 |
| 1 | 1,00025 | | 1,0005 | 1,00075 | | 1,001 | 1,00125 | | 1,00150 |
| 1,00175 | 1,002 | | 1,00225 | 1,0025 | | 0,00275 | 1,003 | | 1,00325 |
| 1,00350 | 1,00375 | | 1,004 | 1,00425 | | 1,00450 | 1,00475 | | 1,005 |
| 1,007 | 1,00725 | | 1,0075 | 1,00775 | | 1,008 | 1,00825 | | 1,0085 |
| 1,009 | 1,00925 | | 1,0095 | 1,00975 | | | | | 1,00875 |
| 1,01 | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | |
| 1,1 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,14 | 1,15 | 1,16 | 1,17 | 1,18 | 1,19 |
| 1,2 | 1,21 | 1,22 | 1,23 | 1,24 | 1,25 | 1,26 | 1,27 | 1,28 | 1,29 |
| 1,3 | 1,31 | 1,32 | 1,33 | 1,34 | 1,35 | 1,36 | 1,37 | 1,38 | 1,39 |
| 1,4 | 1,41 | 1,42 | 1,43 | 1,44 | 1,45 | 1,46 | 1,47 | 1,48 | 1,49 |
| 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | | | | | |
| 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 3 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 |
| 10 | 10,5 | 11,0 | 11,5 | 12,0 | 12,5 | 13,0 | 13,5 | 14,0 | 14,5 | 15,0 | 15,5 | 16,0 | - |
| 16,5 | 17,0 | 17,5 | 18,0 | 18,5 | 19,0 | 19,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| 20,0 | 20,5 | 21,0 | 21,5 | 22,0 | 22,5 | 23,0 | 23,5 | 24,0 | 24,5 | 25,0 | - | - | - |
| 40,0 | 50,0 | 60,0 | 70,0 | 75 | 8 | 90 | - | - | - | - | - | - | - |
| 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | | |
| (900) | (1000) | | | | | | | | | | | | |

A zárójelbe tett méreteket külön kívánságra gyártják.

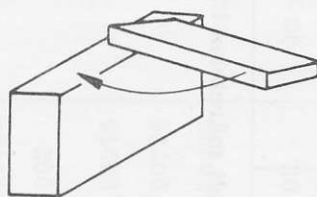
A szabványos mérőhasábok teljes felsorolását az 1. táblázat tartalmazza. Példaként egy 112 darabból álló készlet összeállítása a 2. táblázatban látható. Ha a mérőhasábokat mérőfelületükkel egymásra helyezük és nyomás alatt egymáson csusztatjuk vagy elforgatjuk, utána egymáshoz tapadnak. A tapadás csak tiszta és sérülés nélküli mérőfelületeken jöhet létre, ezért azokat előtte gondosan meg kell tisztítani.

2. táblázat

112 db-os mérőhasábkészlet

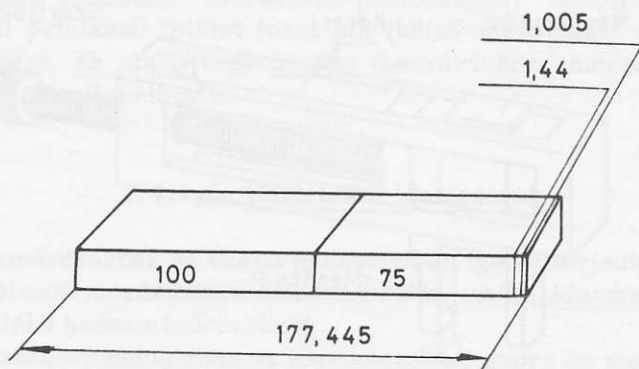
| Fokozat | Mérőhasáb méret | Darabszám |
|---------|--------------------------|-----------|
| 0,0005 | 0,0005 | 1 |
| 0,001 | 1,001, 1,002, ..., 1,009 | 9 |
| 0,01 | 1,01, 1,02, ..., 1,49 | 49 |
| 0,5 | 0,50, 1,00, ... 24,50 | 49 |
| 25 | 25, 50, 75, 100 | 4 |
| | Összesen: | 112 |

A mérőhasábok összeillesztését mindig puha posztó felett kell elvégezni. Az összetapasztást legcélszerűbb úgy végrehajtani, hogy a tükrösített felületeket először keresztben egymás fölé helyezzük, majd azokat 90°-os elfordítással egymásra csusztatjuk (4. ábra).



4. ábra
Mérőhasábok összeillesztése

Igen vékony mérőhasáboknál az összeillesztést csak enyhe nyomással kell gyakorolni, nehogy meggörbüljenek. Több vékony hasábot ne illesszünk össze.



5. ábra
Méretösszeállítás mérőhasábokból

A mérőhasábokat közvetlenül illesztés után nem tanácsos mérésre felhasználni. Ugyancsak kerülni kell a mérést, ha a mérésre kerülő tárgy még nem vette fel a mérőszoba hőmérsékletét (20°C).

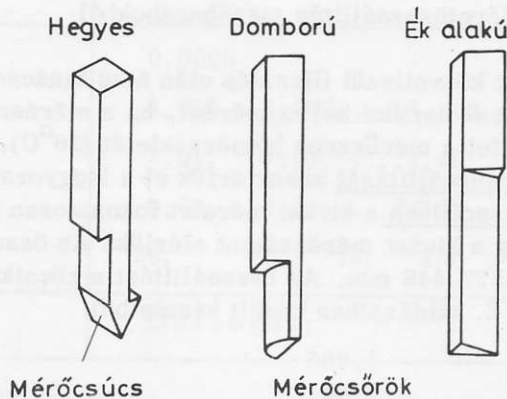
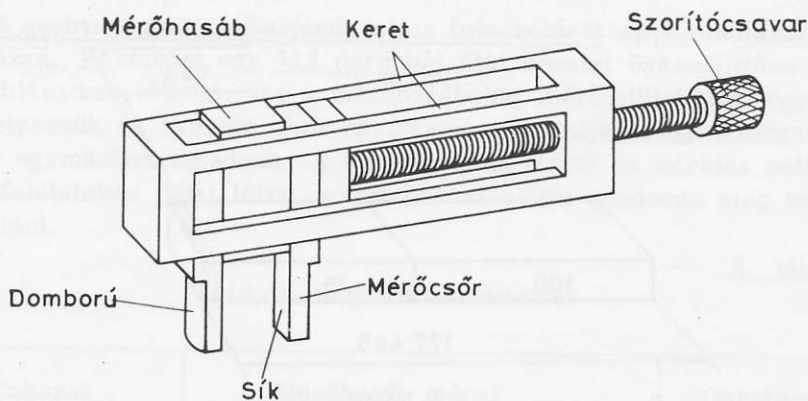
A kívánt méret összeállítását akkor érjük el a leggyorsabban, ha a legkisebb értéktől kezdedően a kívánt méretet fokozatosan kiegészítjük (5. ábra), addig amíg a kívánt mérőszámot elérjük. Az összeállítani kívánt méret az ábrán 177,445 mm. Az összeállítást a következő fokozatokban végezzük el a 2. táblázatban közölt készletből:

$$\begin{array}{r}
 1,005 \\
 1,44 \\
 75,00 \\
 +100,00 \\
 \hline
 177,445
 \end{array}$$

A kívánt méretet legcélszerűbb a legkevesebb darabból összeállítani.

A mérőhasábok ötféle pontossági osztályban (0-IV.) készülnek. A 0 (nulla) osztályt laboratóriumi mérésekre, az I. és a II. mérési pontosságú mérőhasábokat ellenőrző műszerek, idomszerek és mérőeszközök ellenőrzésére és beállítására használjuk. A III. és a IV. mérési pontosságúak szerszámgépek beállítására, a munkadarabok méreteinek ellenőrzésére és a pontos illesztésekhez szolgálnak.

Az I. és a II. mérési pontosságú mérőhasábokat kézzel nem szabad megfogni, mert a kéz hőmérséklete nem kívánt hőtágulást okoz, továbbá a kéznedvesség savtartalma a felületet megtámadja. Ezeknek a mérőhasáboknak a megfogásához csont- vagy facsipeszt, ill. cérnakesztyűt használnak.



6. ábra
Mérőhasábtartozékok

A mérőhasábok kezelésekor a legnagyobb gonddal kell eljárni. Használaton kívül a mérőhasáb minden felületét savmentes zsirral kell bevonni és a por rátapadásának megakadályozása céljából tiszta ruhával kell letakarni. A mérőhasáb tokját állandóan zárva kell tartani.

A III. és a IV. pontosságú üzemi mérőhasábok nemcsak a közvetett mérés etalonjai, azokkal közvetlen mérést is lehet végezni. Két párhuzamos felület távolságát meg lehet mérni mérőhasábokkal, ha azokból olyan méretet állítunk össze, ami "huzósan" bemegy a két felület közé. Más méréseket is lehet mérőhasábokkal végezni, ezekhez azonban tartozékokra van szükség.

Mérőhasáb-tartozékok a mérőkeret, a mérőcsőrök és a mérőcsucok. Kialakításukat a 6. ábrán látjuk. A mérőkeret helyet biztosít a mérőhasáboknak, mérőcsőröknek és alkalmas azok rögzítésére. A mérőcsőröknek és a mérőcsucoknak a mérőhasábbal és a munkadarab-

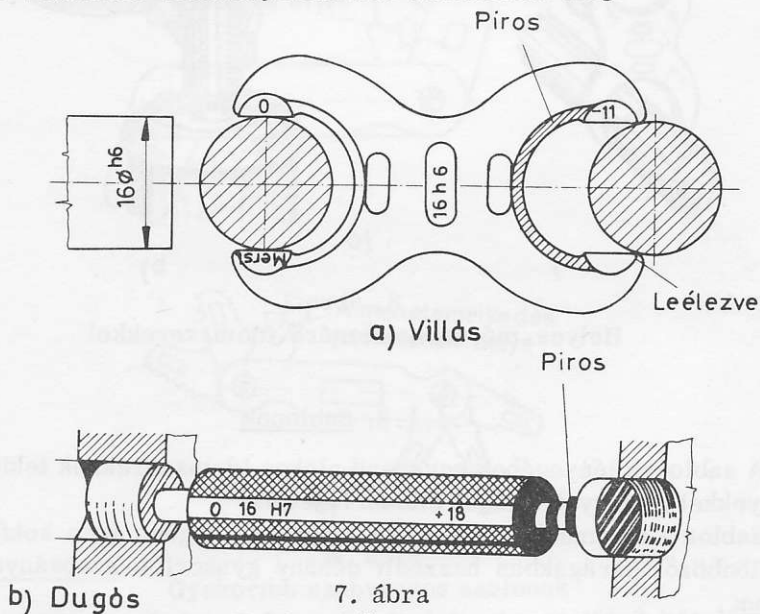
bal érintkező felületeit "mérőhasáb-pontossággal" alakítják ki. A mérőhasábbal érintkező felület lehet sík (külső mérethez), domboru (belső mérethez), ék alakú vagy hegyes (beszuráshoz, menethez). Ezek a 6. ábrán megfigyelhetők.

1.4.1.2. Határmérő idomszerek

Hosszmérésekhez az üzemi gyakorlatban igen elterjedtek a skála nélküli, állandó méréshatáru mérőeszközök, az un. idomszerek. Ezek állandó értékű hosszmérőeszközök.

A gyártástechnológiában az idomszerekkel gyors és megbízható módon ellenőrizhető munka közben, hogy a legyártott munkadarab mérete a kívánt mérethatáron belül van-e. Ebben a vonatkozásban az idomszereket a technológiai eljárások során a legkülönbözőbb ellenőrzési feladatokra használják.

A tolmércével és a mikrométerrel vagy egyéb beosztásos mérőeszközzel való mérés pontossága nagymértékben függ a mérést végző személy ügyességétől és ennél fogva hibás eredményekre vezethet. Ezzel szemben az idomszerekkel lényegesen csökken a hibalehetőség és egyszerűsödik a mérés. Az idomszerek méretpontosságát az illesztésekre vonatkozó szabványelőírások határozzák meg.



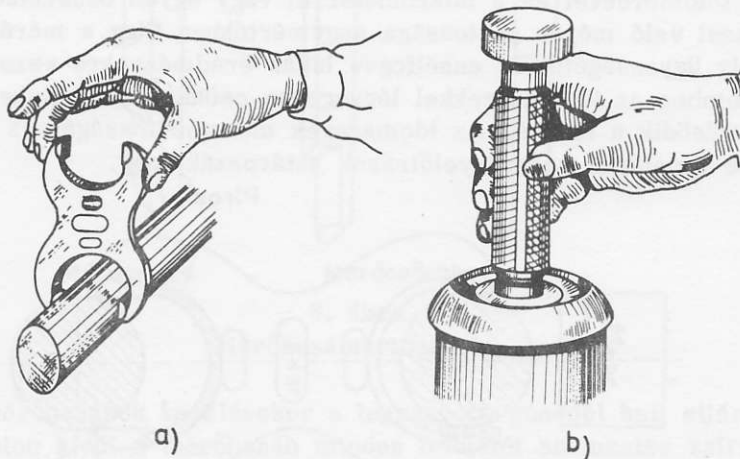
7. ábra
Határmérő idomszerek

Az idomszerek közül legismertebbek a külső méretek (tengelyek, csapok) és belső méretek (furatok) ellenőrzésére alkalmas határmérő idomszerek. Az előbbieket villás, az utóbbiakat dugós idomszereknek nevezzük (7. ábra).

A határmérő idomszereknek általában két mérőoldaluk van. A két oldal: jó oldal vagy megyszó, ill. selejtoldal vagy nem megyszó. A selejtoldalt feltűnően megjelölik, pirossal befestik, sarkait letörlik vagy mérőfelületeit rövidebbre készítik és még gyakran rá is írják a selejt szót! A mérőnyomás az idomszer saját súlyával egyenlő. Villás idomszereknél a jó oldal a felső határméretre, a selejtoldal az alsó méretre készül.

A határmérő idomszerekkel való ellenőrzéssel azt állapítjuk meg, hogy a tényleges méret az alsó és a felső határméret közé esik-e?

A határmérő idomszerekkel való helyes mérésre példák a 8. ábrán láthatók. Jegyezzük meg! A jó oldalnak önsúlyától fogva kell a mérendő felületre illeszkednie, míg a selejtoldalnak nem!



8. ábra

Helyes mérés határmérő idomszerekkel

1.4.1.3. Sablonok

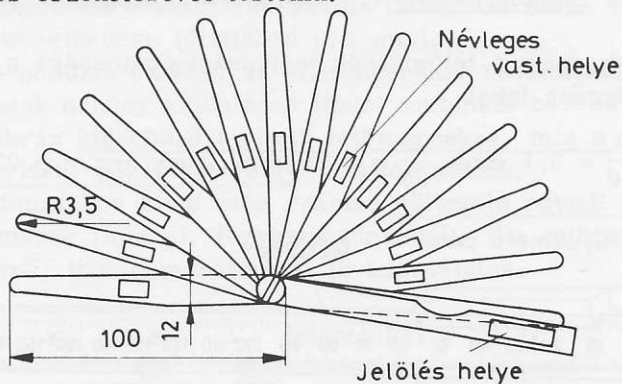
A sablonok lényegében egyszerű alakos idomszereknek tekinthetők, amelyekkel a tárgyak alakját ellenőrizhetjük.

Sablon a megmunkálandó tárgy alakjától függően igen sokféle lehet. A különböző iparágakban használt néhány gyakoribb szabványosított sablon:

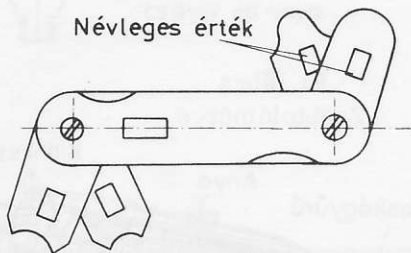
- a hézagmérő,

- a sugármérő,
- és a menetfésű kialakítása a 9. ábrán látható.

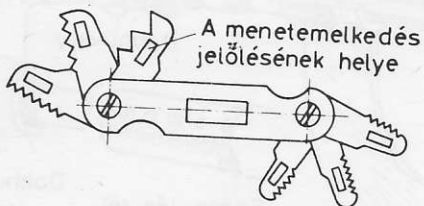
A megfelelően kialakított sablonokkal kielégítő pontosságú mérést végezhetünk annak ellenére, hogy az ellenőrzés fényrészbecsléssel vagy az érintkezés érzékelésével történik.



a)



b)



c)

9. ábra

Gyakoribb szabványos sablonok

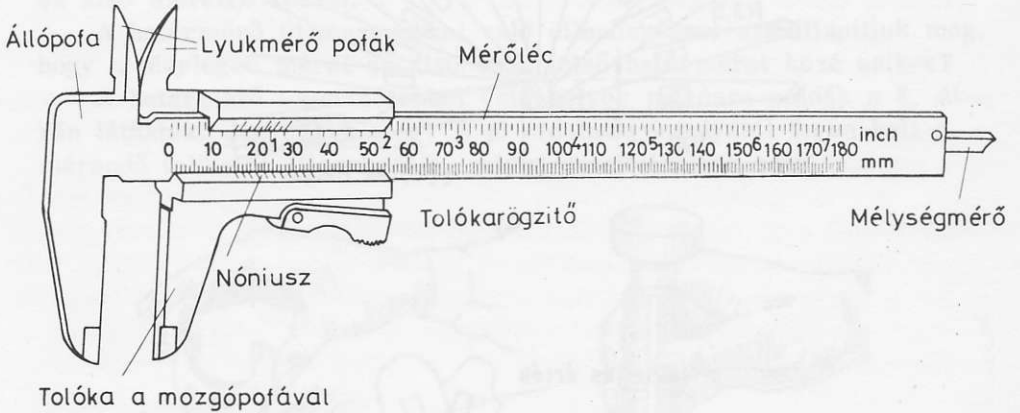
a) hézagmérő; b) sugármérő-készlet; c) menetfésű-készlet

1.4.2. Változó méretet ellenőrző hosszmérőeszközök

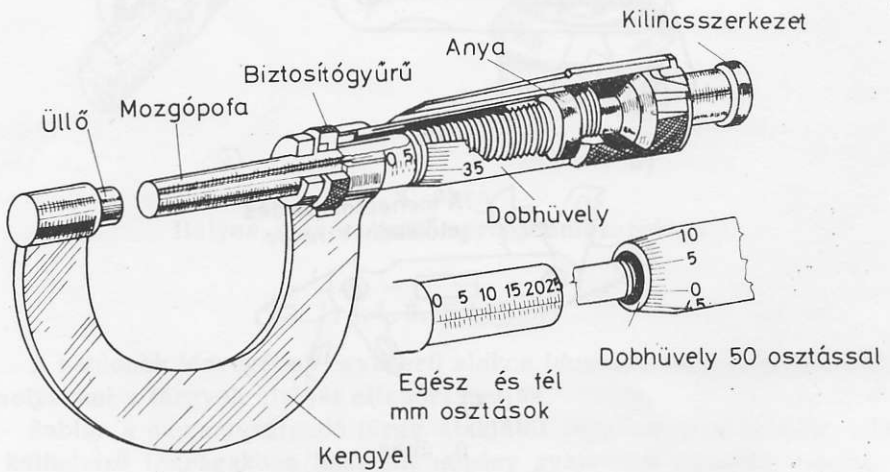
A változtatható méretű hosszmérőeszközök közül korábbi tanulmányaink során jól megismertük és a gyakorlatban szinte mindennap használjuk a zsebtolómércét (10. ábra) és a kengyeles mikrométert (11. ábra).

Tanultuk, hogy a tolmércék leolvasási pontossága a nóniusz beosztástól függően lehet

$$\frac{1}{10} = 0,1 \text{ mm}; \quad \frac{1}{20} = 0,05 \text{ mm} \quad \text{vagy} \quad \frac{1}{50} = 0,02 \text{ mm}.$$



10. ábra
Zsebtolómérce



11. ábra
Kengyeles mikrométer

A csavarmikrométerek leolvasási pontossága:

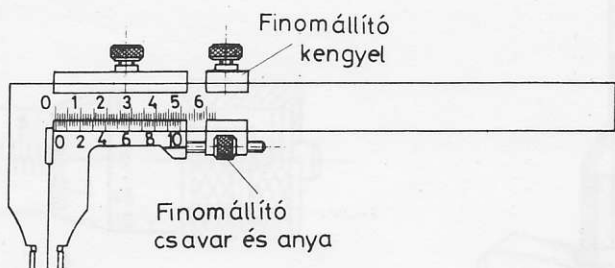
$$1 \text{ osztás } \frac{1}{Q} \cdot P = \frac{1}{50} \cdot 0,5 = 0,01 \text{ mm,}$$

ahol Q a mérődob osztásainak száma (általában 50); P a csavar-
menet menetemelkedése (általában 0,5 mm).

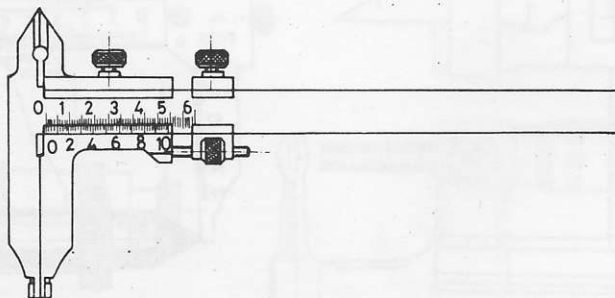
Ebben a pontban ezekkel az alaptípusokkal részletesen nem fog-
lalkozunk, csak néhány különleges típust mutatunk be.

A 12. ábrán különböző kivitelű tolómércékre, míg a 13. ábrán
különböző kivitelű mikrométerekre láthatók példák.

A bemutatottakon kívül még számos különféle egyedi mérésre al-
kalmass tolómérce (min pl. fogvastagságmérő), ill. mikrométer (mint
pl. menetmérő, többfogmértmérő) is használatos.



a)

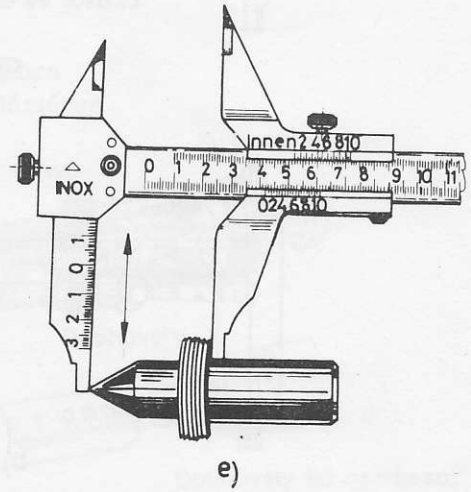
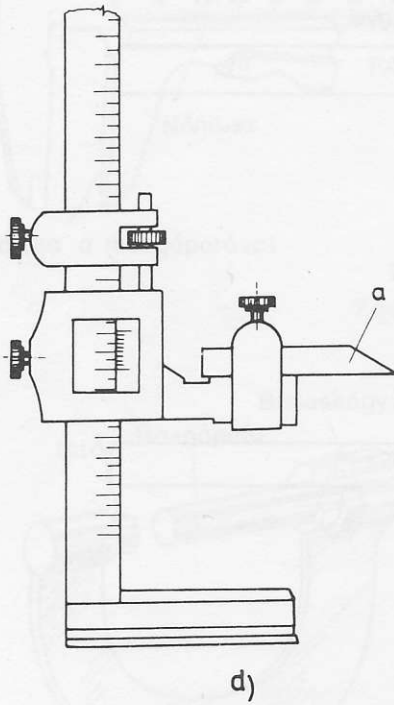
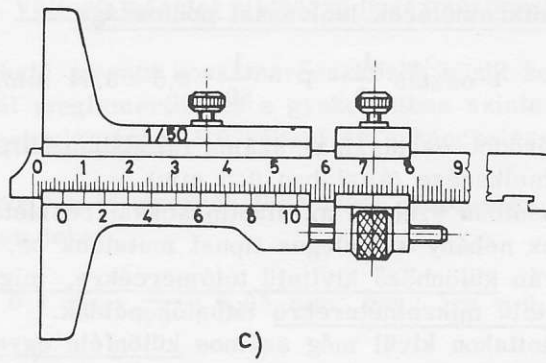


b)

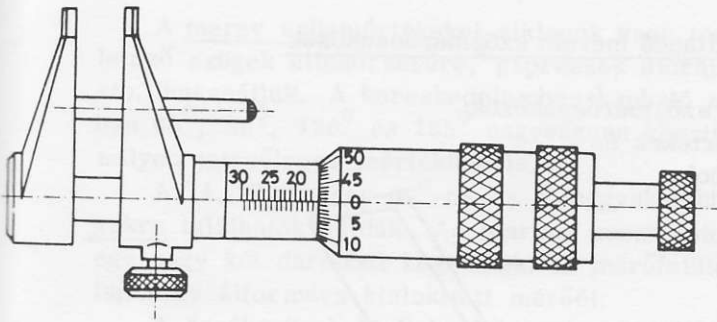
12. ábra

Különböző kivitelű tolómércék

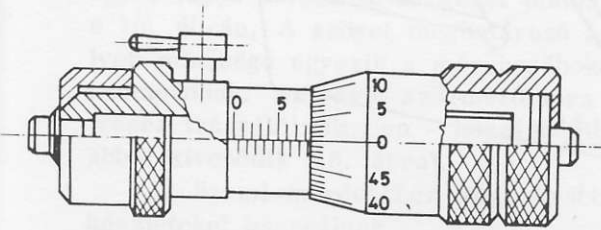
a) egycsőrű tolómérce finombeállítóval; b) kétszőrű tolómérce
fincmbeállítóval



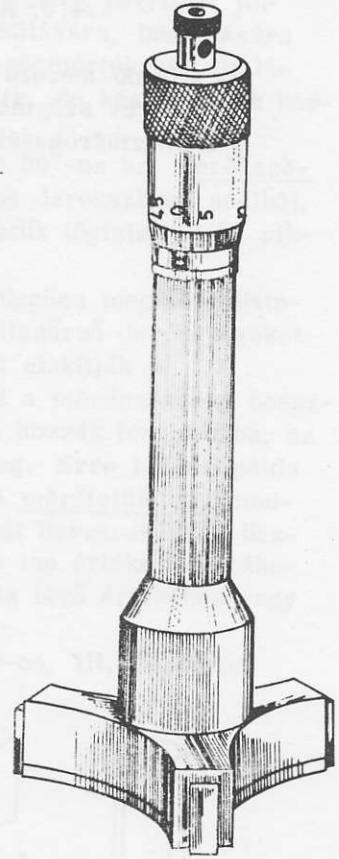
12. ábra
 Különböző kivitelű tolmércék
 c) finombeállítás mélységmérő tolmérce; d) talpas tolmérő;
 e) tolmérő különböző átmérőkön való mérésre



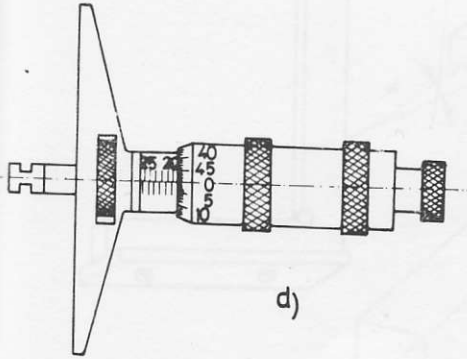
a)



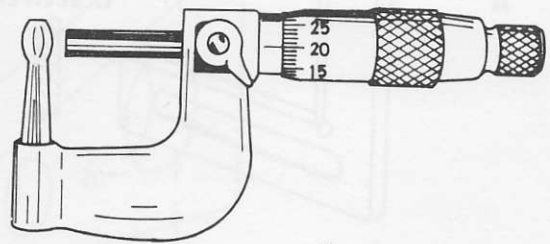
b)



c)



d)



e)

13. ábra

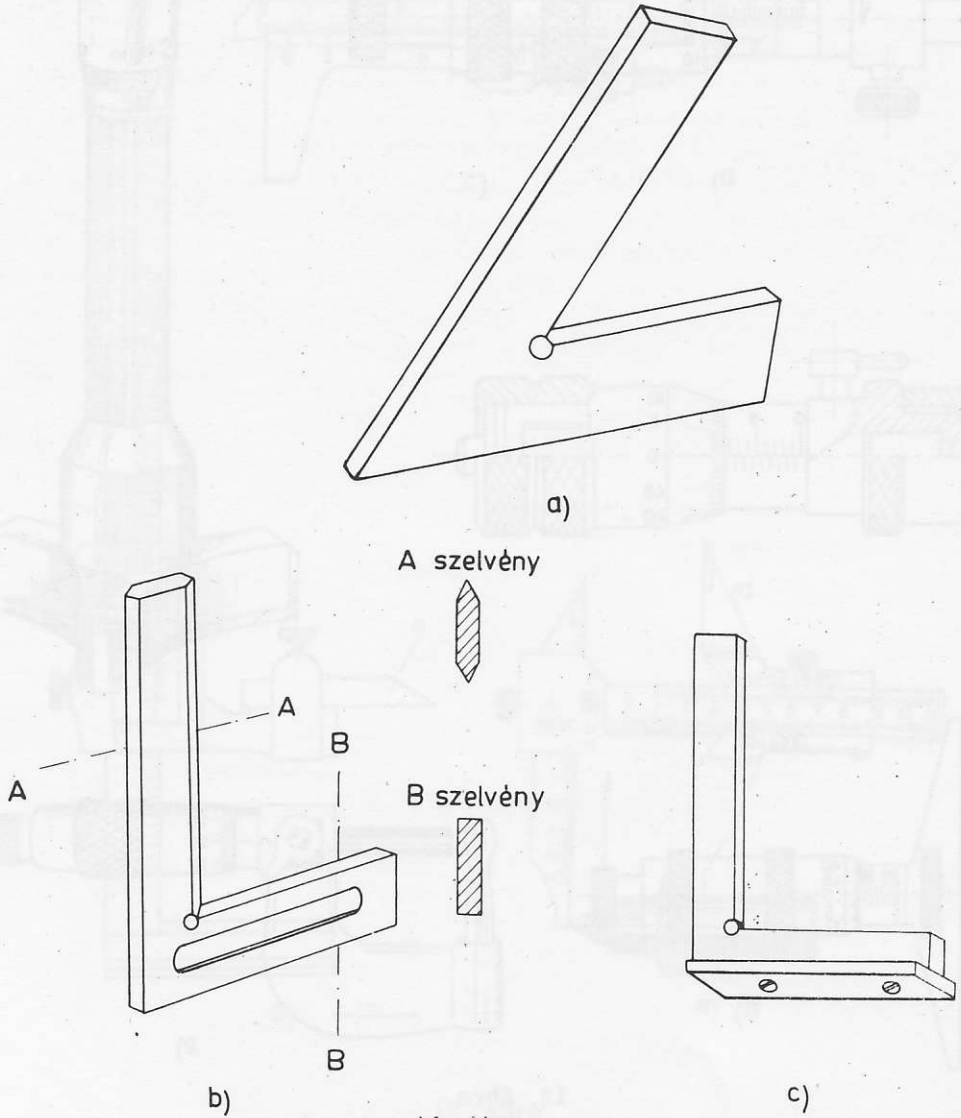
Különböző kivitelű mikrométerek

a) csőrös mikrométer; b) furatmikrométer; c) három mérőpofás furatmikrométer; d) mélységmérő mikrométer; e) csőfalvastagság-mérő mikrométer

1.4.3. Állandó méretű szögmérőeszközök

Az állandó méretű szögmérőeszközök:

- a merev szögmértékek és
- a szögmérőhasábok.



14. ábra

Merev szögmértékek

a) 60°-os szögmérték; b) sima derékszög; c) talpas derékszög

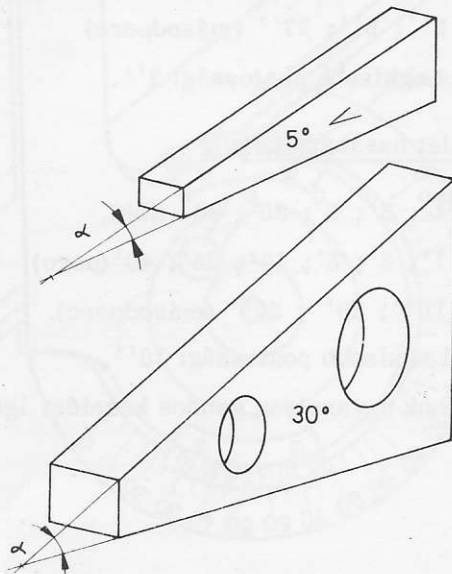
A merev szögmértékeket síklapok vagy tengelyek helyzetét jellemző szögek ellenőrzésére, géprészek előrajzolására, beállítására stb. használjuk. A kereskedelemben kapható szögmértékeket általában 60° , 90° , 120° és 135° nagyságúra készítik, de készülhetnek bármilyen tetszőleges mértékűre is.

A 14. ábrán egy 60° -os és a leggyakoribb 90° -os ún. derékszögekre találhatók példák. Az iparban használatos derékszögek acélból, egy vagy két darabból készülnek. A mérőfelületük téglalap alakú síklap vagy élformára kialakított mérőél.

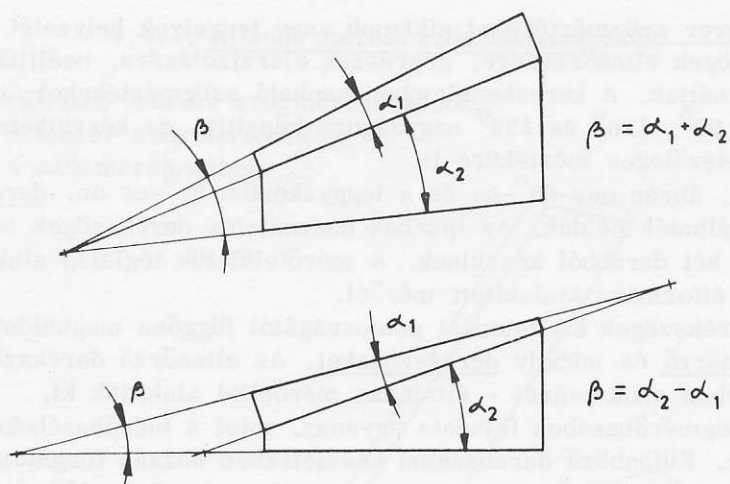
A derékszögek kivitelezési pontosságától függően megkülönböztetünk ellenőrző és műhely derékszögeket. Az ellenőrző derékszögeket - elsősorban azok szárát - általában mérőélel alakítják ki.

A szögmérőhasábok feladata ugyanaz, mint a mérőhasáboké hossz-méréskor. Különböző darabszámú készletekben hozzák forgalomba, az egyes lapok különböző szögeket testesítenek meg. Erre látható példa a 15. ábrán. A szöget meghatározó felületek a mérőfelületek, amelyek minősége egyezik a mérőhasábokéval, tehát összerakáskor összetapadnak. Az egyik szögmérőlapra helyezett lap értéke - a ráhelyezés irányától függően - hozzáadódik az alatta levő értékéhez vagy abból kivonódik (16. ábra).

Az üzemi mérésekhez leggyakrabban 12 db-os, ill. 14 db-os készleteket használunk.



15. ábra
Szögmérőhasábok



16. ábra
Szögmérőhasábok összeállítása

A 12 db-os készlet hasábértéke:

1° ; 3° ; 9° ; 27° ; 41° (fok),

$1'$; $3'$; $9'$; $27'$ (perc),

$3''$; $9''$; $27''$ (másodperc)

Legkisebb pontosság: $3''$.

A 14 db-os készlet hasábértékei:

1° ; 3° ; 5° ; 30° ; 45° (fok),

$1'$; $3'$; $5'$; $10'$; $25'$; $40'$ (perc),

$10''$; $20''$; $30''$ (másodperc).

Legkisebb pontosság: $10''$.

A szögmérőhasábok ugyanolyan gondos kezelést igényelnek, mint a mérőhasábok.

1.4.4. Változó méretet ellenőrző szögmérőeszközök

A leggyakrabban használatos változtatható méretű szögmérő eszközök a közvetlen mérésre alkalmas

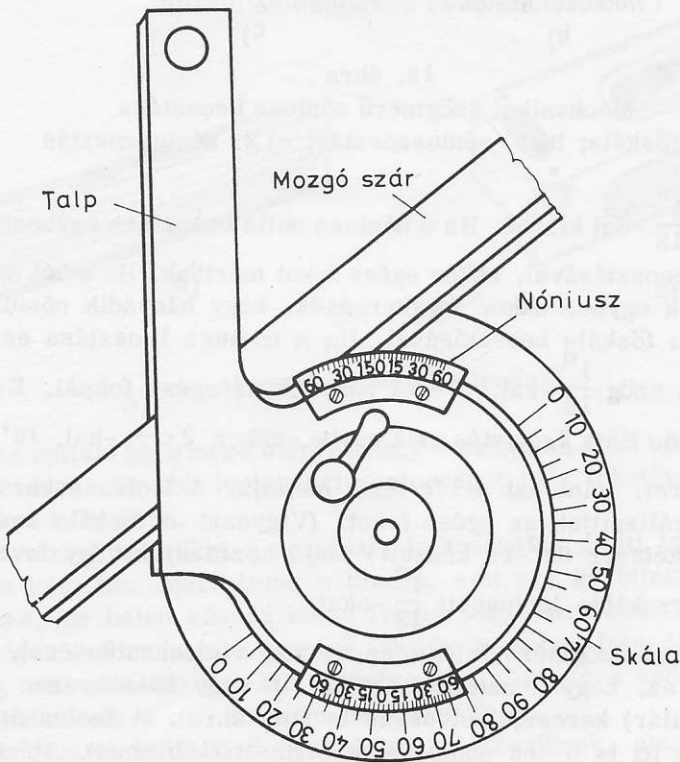
- mechanikai szögmérő,
- optikai szögmérő,
- vízszintmérő,

ill. a közvetett mérésre alkalmas

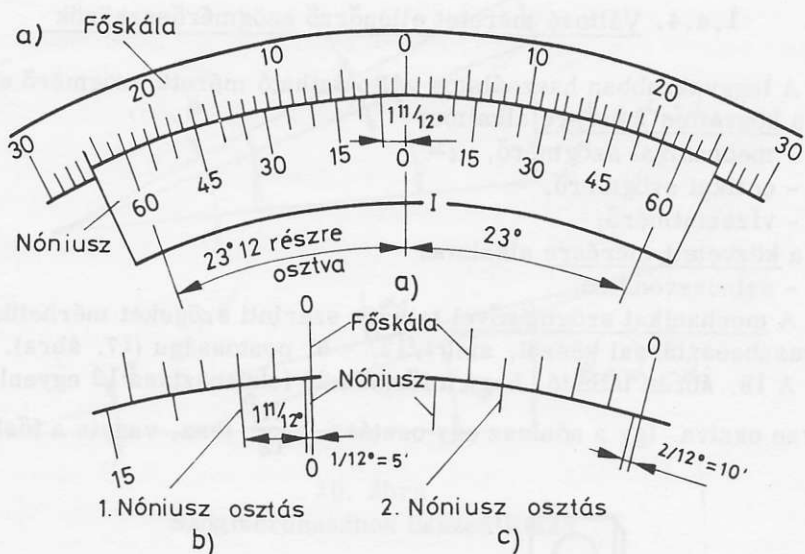
- szinuszvonalzó.

A mechanikai szögmérővel tetszés szerinti szögeket mérhetünk; nóniuszeosztással készül, ami $1/12^{\circ} = 5'$ pontosságú (17. ábra).

A 18. ábrán látható, hogy a főskála 23 fokbeosztása 12 egyenlő részre van osztva. Így a nóniusz egy osztása $1 \frac{11}{12}^{\circ}$ lesz, vagyis a főskála 2°



17. ábra
Mechanikai szögmérő

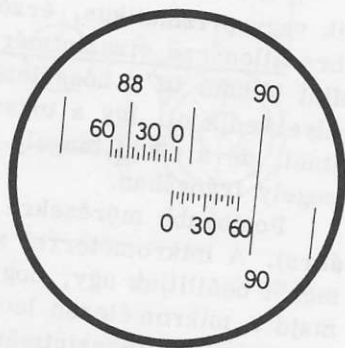
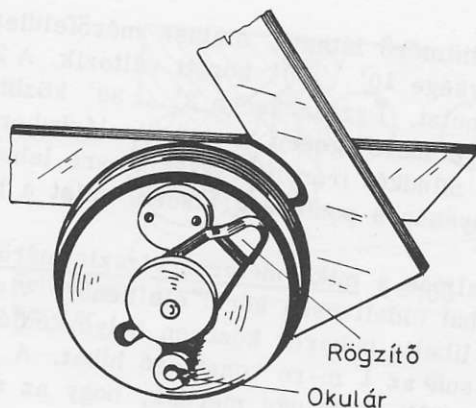


18. ábra

Mechanikai szögmérő nóniusz beosztása
 a) főskála; b) 1. nóniuszosztás; c) 2. nóniuszosztás

osztásánál $\frac{1^0}{12}$ -kal kisebb. Ha a nóniusz nulla beosztása egybeesik a főskála nulla beosztásával, akkor egész fokot mértünk. Ha a két nulla osztás nem esik egybe, akkor megkeressük, hogy hányadik nóniuszosztás esik egybe a főskála beosztásával. Ha a nóniusz 1 osztása esik egybe, akkor a szög $\frac{1^0}{12}$ -kal, 5'-cel nagyobb az egész foknál. Ez a 17b ábrán látható. Ha a 2. osztás esik egybe, akkor $2 \cdot \frac{1^0}{12}$ -kal, 10'-cel nagyobb a méret, mint azt a 17c ábra mutatja. A leolvasáskor tehát először megállapítjuk az egész fokot. (Vigyázz! A főskála nem 180^0 -ra, hanem kétszer 90^0 -ra készül!) Majd hozzáadjuk vagy levonjuk abból a nóniuszskálán leolvasott $\frac{1^0}{12}$ -okat.

Az optikai szögmérő felépítése azonos a mechanikuséval, a különbség csupán az, hogy a mutatott értéket 16 vagy 40-szeresen nagyító lencsén (okulár) keresztül olvassuk le (19a ábra). A leolvasást elősegítő nóniusz itt is 5'-es pontosságot biztosít (19b ábra). Mérésnél 90^0 -ig a felső, e fölött az alsó skálán olvasunk le. Az ábrán a szög $88^0 45'$.

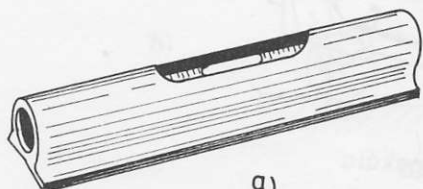


a)

b)

19. ábra

a) Optikai szögmérő és b) nóniusza



a)



b)

20. ábra

Vízszintmérő

a) egyszerű és b) ellenőrző

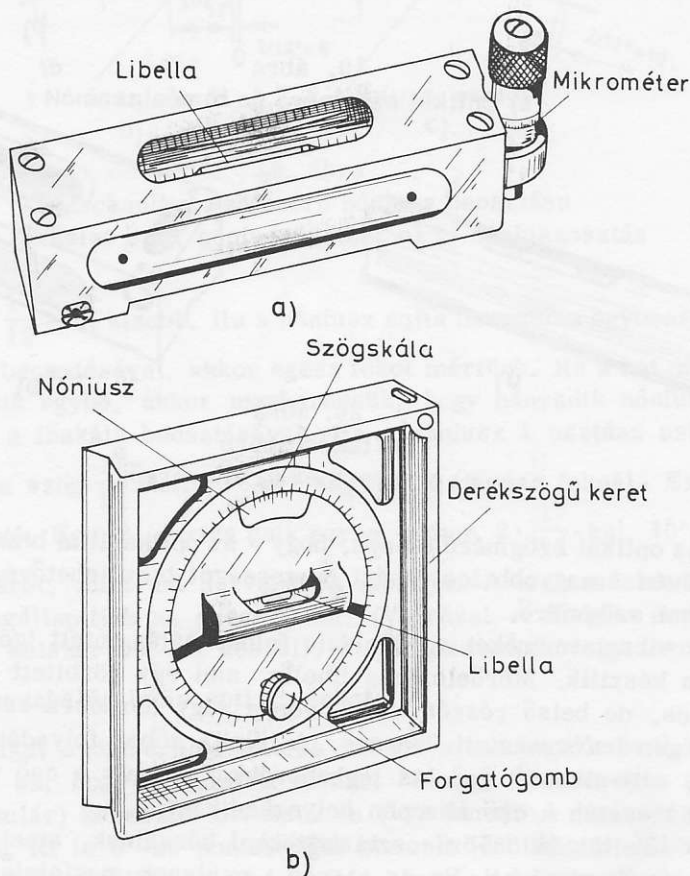
Az optikai szögmérő előnye, hogy - az optika által biztosított nagyítás révén - nagyobb leolvasási pontosságot tesz lehetővé, mint a mechanikai szögmérő.

A vízszintmérőket a sokoldalú felhasználás miatt igen sokféle formában készítik. Mérőeleme a libella, ami egy görbitett vagy egy egyenes, de belső részén kissé ívesre vagy hordósra csiszolt, mindkét végén beforrasztott üvegső. A libellacsőben folyadék (viz, etil-éter, etil-alkohol) van kis légbuborékkal, amely a cső vízszintes beállítása esetén a cső közepén helyezkedik el.

A libellák különböző osztásközökkel készülnek, amely meghatározza az érzékenységet. Ez az a szög, amelynek megfelelő mértékben kell a libellát elbillenteni, hogy a légbuborék egy osztásnyit elmozduljon.

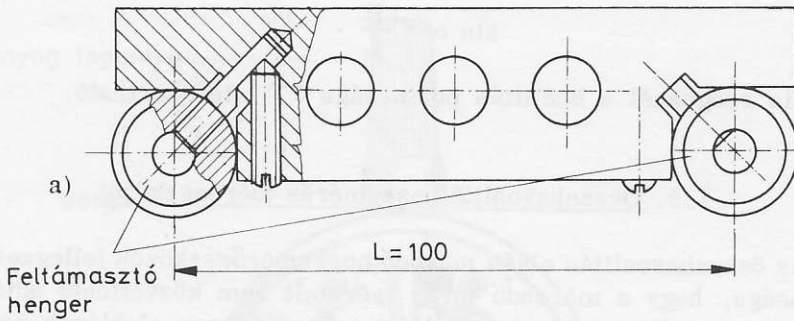
A 20a ábrán egyszerű vízszintmérő látható, aminek mérőfelülete sík vagy prizmatikus, érzékenysége $10' \dots 80'$ között változik. A 20b ábra ellenőrző vízszintmérőt mutat. Érzékenysége $3' \dots 30'$ közötti. Mint látható itt a hossztengetyre mérőlegesen is egy kis légbuborék helyezkedik el. Így a műszert mindkét irányban vízszintesre lehet állítani, de a rövid tengely irányában a pontosság kisebb, mint a hossztengety irányában.

Pontosabb mérésekre alkalmas a mikrométeres vízszintmérő (21a ábra). A mikrométerrel a - bal oldali csap körül elbillenő - vízszintmérőt beállítjuk úgy, hogy a libella buborék közepén helyezkedjék el, majd a mikrométeren leolvassuk az 1 m-re vonatkozó hibát. A keretes szögmérő vízszintmérővel (21b ábra) úgy mérünk, hogy az alul



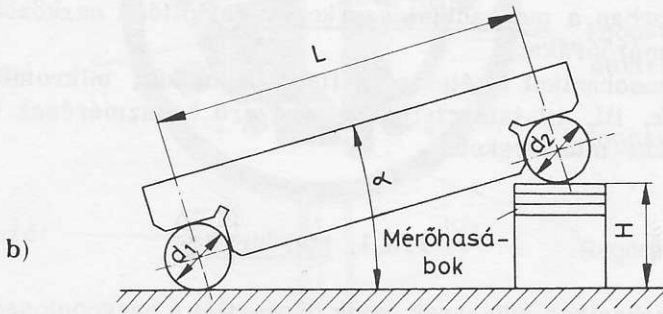
21. ábra

Mikrométeres (a) és keretes (b) vízszintmérő



a)

Feltétel $d_1 = d_2$



b)

22. ábra

A szinuszvonalzó

látható forgatógombbal addig forgatjuk a tárcsát, míg a libella buborék középen helyezkedik el. Ekkor a szöveget $\pm 5'$ pontossággal tudjuk leolvasni a nóniusz segítségével a szögskáláról.

A szinuszvonalzó finoman megmunkált mérőfelületű vonalzó, amelynek mindkét végére azonos átmérőjű mérőhengert erősítettek úgy, hogy a két mérőhenger tengelyét összekötő egyenes párhuzamos legyen a szinuszvonalzó mérőfelületével.

A szinuszvonalzó rajza és a mérés elve a 22a és a 22b ábrán látható. Az ábrán jelölt L távolság a vonalzó bármely felfekvésekor állandó, amit a feltámasztó hengerek átmérőjének azonossága biztosít. Rendszerint $L = 100$ mm. Méréskor a H magasságot mérőhasábokkal kell a mérendő szögnek megfelelően beállítani. A mérendő szöveget a mérés eredményéből számítással lehet meghatározni, tehát közvetett mérési eljárás az ábra jelöléseivel:

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

Kis szögeknél a beállítás pontossága 1'' alatt tartható.

1.5. Összehasonlító hossz mérés mérőeszközei

Az összehasonlítás elvén működő hossz mérőeszközök jellegzetes tulajdonsága, hogy a mérendő tárgy méreteit nem közvetlenül adják meg, hanem a vizsgált méretnek az előírt mérettől vagy alakjának az előírt mintadarabtól való eltérését határozzák meg. Az összehasonlító mérési módszerrel működő hossz mérőeszközök közül e fejezetben beül elsősorban a mechanikai szerkezeti felépítésű eszközöket, mint

- a mérőórákat,
- a mechanikai áttételezésű finomtapintókat, mikrométereket tárgyaljuk, ill. itt ismertetjük a korszerű hossz mérések közül a pneumatikus műszereket.

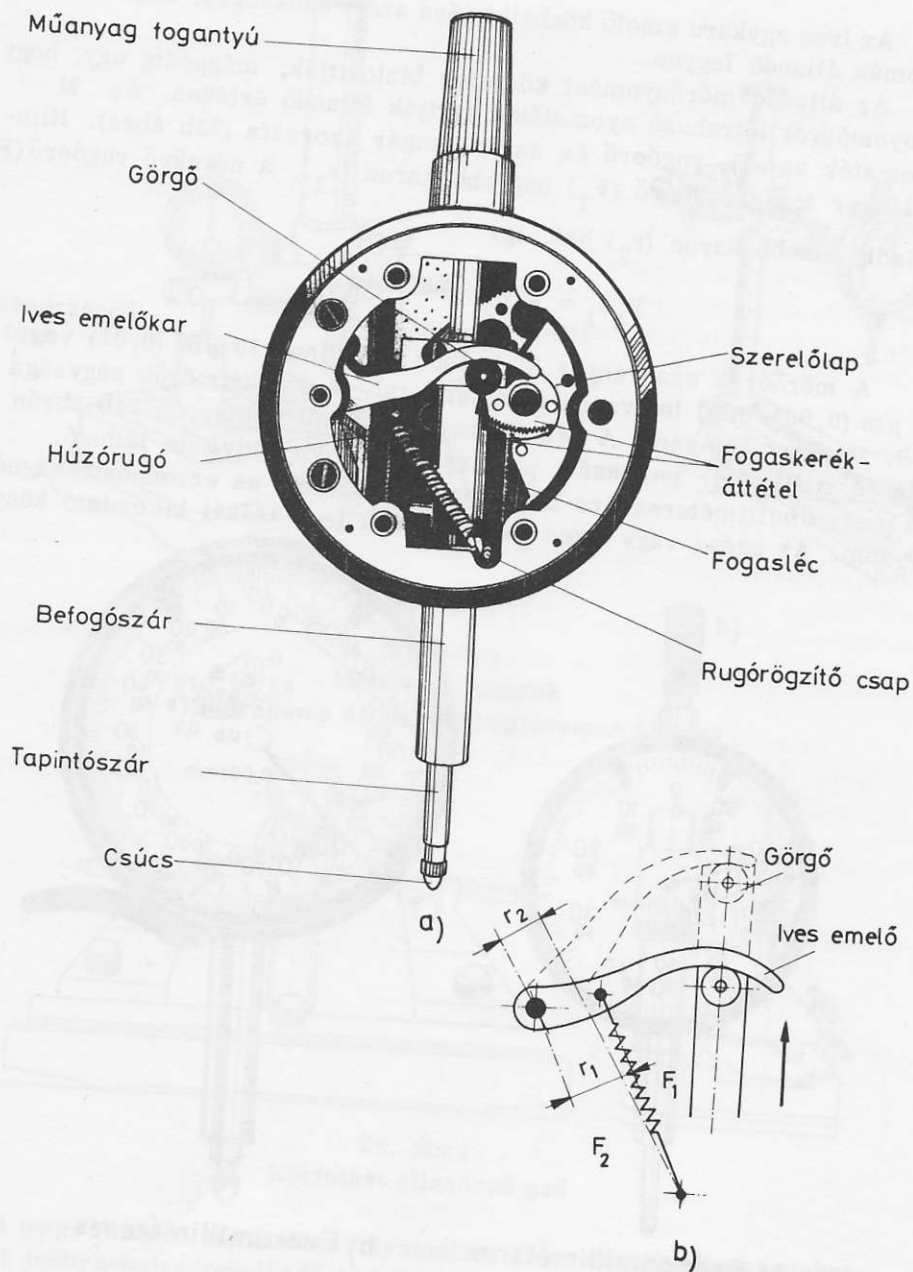
1.5.1. Mérőórák

A mechanikus műszerek egyik csoportját a nagy pontosságú hossz mérésekre alkalmas mérőórák alkotják. E műszerekkel, ill. használatukkal, korábbi tanulmányainkban már foglalkoztunk. Ezt kiegészítjük a műszerek szerkezeti felépítésének, működési elvének bemutatásával.

Mérőóráknak azokat a hossz mérő műszereket nevezük, amelyekben egy tapintószár elmozdulását a fogasléchez kapcsolódó fogaskerék rendszer (ritkábban csigaáttételes rendszer) közvetíti a mutatóra.

A 23. ábrán egy mérőóra áttételi szerkezete látható. Megfigyelhetjük a tapintószárra szerelt fogasléc, valamint a hozzá kapcsolódó fogaskerék-áttételezés elrendezését. A tapintószár, ill. a fogasléc elfordulás ellen biztosított, hengeres csuszó egyenesben-vezetéssel készül. A fogaskerék-áttételezést szerelőlapokba ágyazzák, amelyeknek a fogasléc-hez való játékmentes kapcsolódását spirálrugó biztosítja (az ábrán a nagy fogaskerék mögött helyezkedik el).

A megfelelő mérőerőt (mérőnyomást) a beépített huzórugó az ives egykaru emelőn át közvetíti a tapintószárra. Az ives emelőkar (az ábrán látható módon) a surlódás csökkentése céljából egy görgőre támaszkodik.



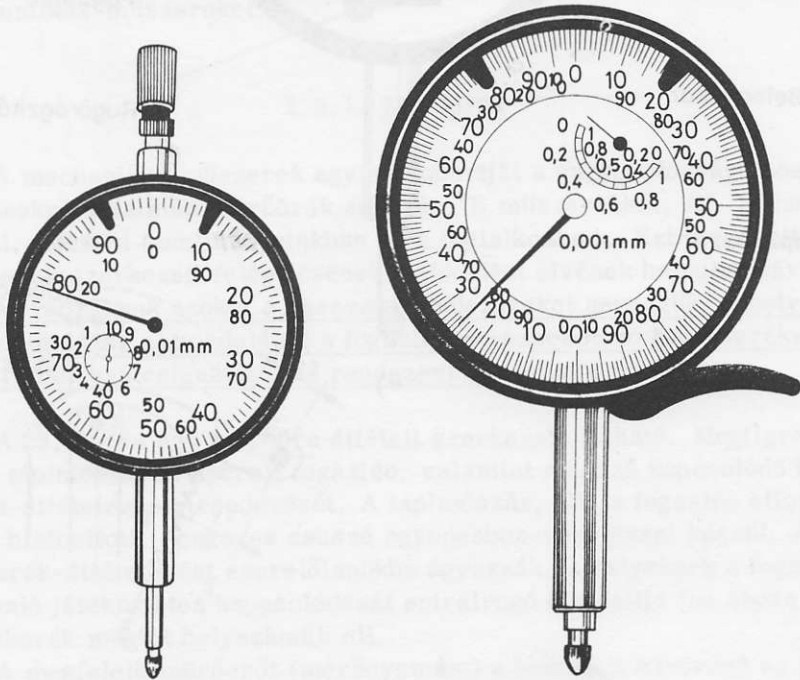
23. ábra
 0,01 mm osztású mérőóra szerkezete

Az ives egykaru emelő közbeiktatása azért szükséges, hogy a mérőnyomás állandó legyen.

Az állandó mérőnyomást közvetve biztosítják, mégpedig úgy, hogy a nyomóerőt létrehozó nyomatékot tartják állandó értéken. Az M nyomaték az F rugóerő és az r sugár szorzata (23b ábra). Kiindulásakor a kis rugóerő (F_1) nagyobb karon (r_1), a növekvő rugóerő (F_2) mindig kisebb karon (r_2) hat, így

$$F_1 r_1 = F_2 r_2 = \text{állandó.}$$

A mérőórák szabványos kivitelben készülnek $10 \mu\text{m}$ (0,01) vagy $1 \mu\text{m}$ (0,001 mm) leolvasási pontossággal. A skálaátmérők nagysága 36, 58 vagy 100 mm. A 24a ábrán század milliméter, a 24b ábrán ezred milliméter leolvasási pontosságú mérőóra kivitele látható. A századmilliméteres óra méréshatára 10 mm, az ezredpontosságúé 1 mm. Az egész vagy tized milliméterek leolvasását kismutató köny-

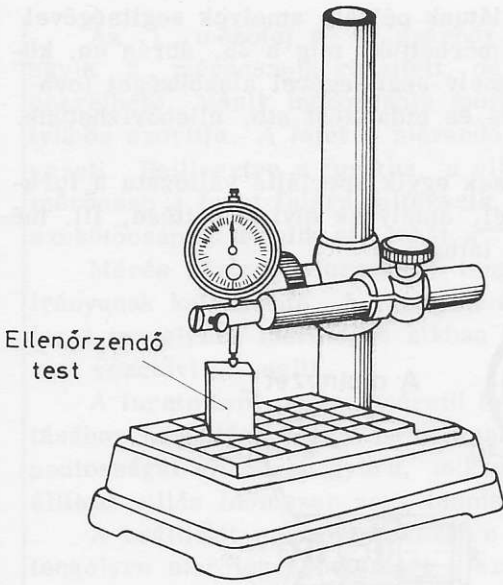


a) Századmilliméteres b) Ezredmilliméteres

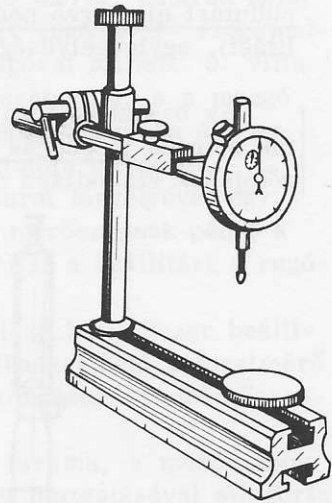
24. ábra

Mérőórák kivitele

a) 0,01 mm osztású; b) 0,001 mm osztású

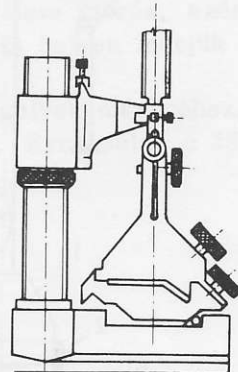
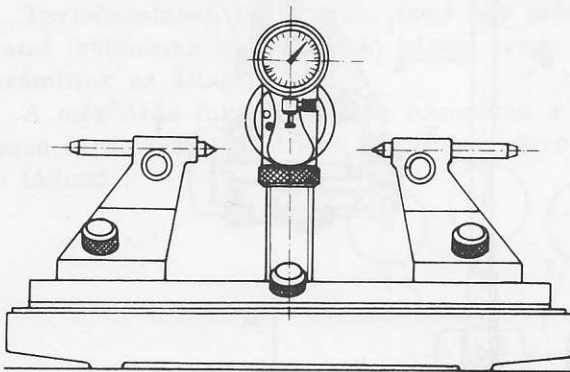


a)



b)

25. ábra
Mérőóraállványok
a) mérőlapos állvány; b) egyetemes állvány



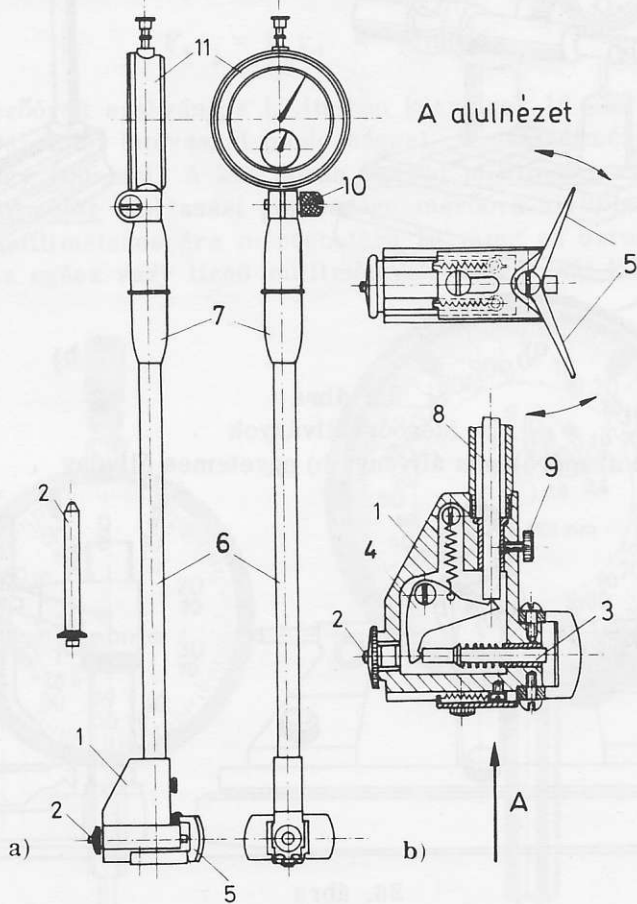
26. ábra
Körfutást ellenőrző pad

nyiti meg. A skála számozása folyamatos, de az ezredpontosságúakon lehet jobbra-balra emelkedő is.

A mérőórák önmagukban nem mérőeszközök csak valamilyen állványba, készülékbe fogva válnak összehasonlító mérőeszközzé!

A 25. ábrán mérőóraállványokra látunk példát, amelyek segítségével a legkülönbözőbb hosszméreteket mérhetjük, míg a 26. ábrán un. körülfutást ellenőrző pad látható, amely segítségével alakhűséget (ovalitást), egytengelyűséget, radiális- és oldalütést stb. ellenőrizhetünk.

Az összehasonlító hosszmerések egyik speciális változata a furatok mérése mérőórás furatmérővel, amelynek elvi felépítése, ill. mérőfejének kialakítása a 27. ábrán látható.



a) 27. ábra b)

Mérőórás furatmérő

1 mérőfej; 2 cserélhető, rögzített mérőcsap; 3 mozgó mérőcsap; 4 át-tételi kar; 5 rugózott vezetévilla; 6 szár; 7 fogantyú a száron; 8 köz-lőrud; 9 rögzítőcsavar; 10 mérőóra rögzítőcsavar, 11 mérőóra

Az 1 mérőfej a 6 szárhoz csavarmenettel kapcsolódik. A fej egyik 2 mérőcsapja rögzített, de a furatmérő mérési határán belül cserélhető. Másik mérőcsapja mozgó (3), s egy rugó a 4 szögemeltükhöz szorítja. A fejet a mérendő furatban rugóval terhelt 5 villa vezeti. Beillesztve a furatba, a villa két ága szétnyílik, s a mozgó mérőcsap a furat falára felfekszik. A szögemeltü mozgása az összekötőcsapra tevődik át, tehát a 11 óra mutatója elmozdul.

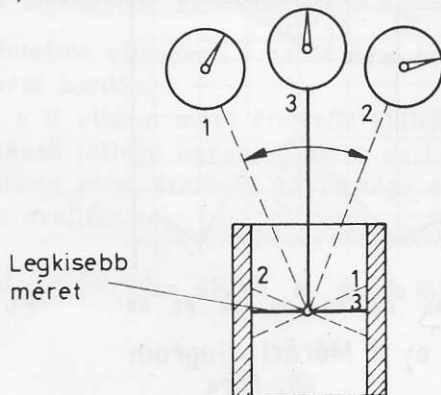
Mérés közben a furatmérő tengelyének a furat tengelyével egy irányúnak kell lennie. A rögzített és a mozgó mérőcsapnak pedig a furat tengelyére merőleges síkban kell állnia. Ezt a beállítást a rugózott vezetévilla segíti.

A furatmérőt pontos méretű furatban az előző két műszer beállításához hasonlóan kell 0-ra állítani. Ehhez felhasználható a furatmérő pontosságát ellenőrző gyűrű, mikrométer, mérőhasábkészletből összeállított villás idomszer vagy idomszergyűrű.

A beállított műszert bevezetve a mérendő furatba, a mérőcsapok tengelyre merőleges helyzetét a szár ingaszerű mozgásával ellenőrizhetjük (28. ábra). Ekkor az óra mutatója a mért értéktől a nagyobb furatméret irányában kileng (1; 2 állás). A mérőcsapok akkor merőlegesek a tengelyre (3 állás), ha a mutató a szár mozgatása közben pásztázott értékek közül a legkisebb méreten áll. Ekkor leolvassuk a mért értéket.

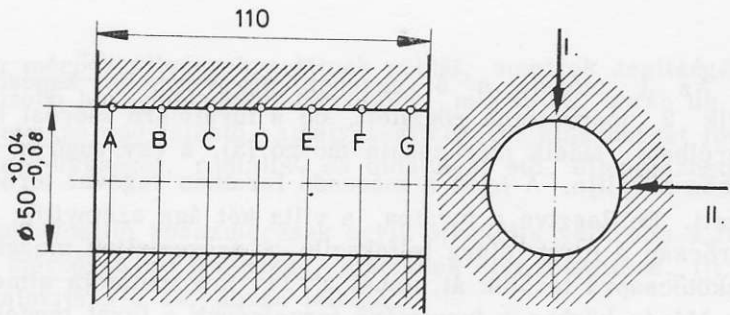
Természetesen itt is igaz, hogy egy mérés nem mérés, ezért a furatot (különösen ha hosszabb) három (vagy több) helyen mérjük és kiszámítjuk az átlagot.

A mérőórás furatellenőrzés hasonlóan a tengelyek méréséhez, pl. hosszú furatoknál, alkalmas alakellenőrzésre is. Erre példa a 29. ábrán látható.

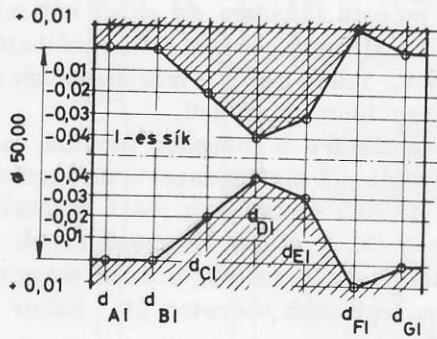


28. ábra

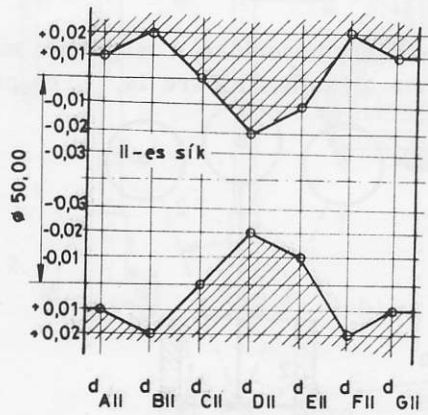
Furatmérő helyes mérése



a) Mérés irányok



b) I. Mérés diagram



c) II Mérés diagram

29. ábra

Példa furatmérésre

a) mérési irányok; b) I. síkban mért átmérőkülönbségek; c) II. síkban mért átmérőkülönbségek

Tételezzük fel, hogy a 29a ábrán látható $\varnothing 50^{+0,04}_{-0,08}$ átmérőjű, 110 mm hosszú furatot kell mérnünk és a méreten kívül az alakhibát is meg kell határoznunk. Ebből a célból az A...G síkokban, két egymásra merőleges (I. és II.) irányban mérünk.

A mért értékek:

| | |
|----------------------|-----------------------|
| $d_{AI} = 50,00$ mm; | $d_{AII} = 50,02$ mm; |
| $d_{BI} = 50,00$ mm; | $d_{BII} = 50,04$ mm; |
| $d_{CI} = 49,96$ mm; | $d_{CII} = 50,00$ mm; |
| $d_{DI} = 49,92$ mm; | $d_{DII} = 49,94$ mm; |
| $d_{EI} = 49,94$ mm; | $d_{EII} = 49,98$ mm; |
| $d_{FI} = 50,02$ mm; | $d_{FII} = 50,04$ mm; |
| $d_{GI} = 50,00$ mm; | $d_{GII} = 50,02$ mm. |

Az I és a II irányok végeredményben két - egymásra merőleges - mérési síkot határoznak meg. Az I síkban mért átmérőkülönbségeket - erősen torzítva - a 29b ábrán rajzoltuk fel. Mint látjuk, a furat a B szelvényig hengeres, a B és a D szelvény között kupos. Ugyancsak kupos - de változó kupossággal - a D, E az E, F és az F, G szelvények között. Ezek a részleges alakhibák, a teljes furat nyerges és ebben a síkban a legnagyobb alakhiba: $d_{FI} - d_{DI} = 50,02 - 49,92 = 0,1$ mm. Ha az alakhiba értelme ellenkező - tehát nem homorú, hanem domború -, akkor a furat hordós.

A 29c ábrán a II síkban mért átmérők különbségét rajzoltuk fel. A furat alakhibájának jellege ugyanaz, mint az I síkban. Az ugyanazon a szelvényekben mért átmérők különbsége az ovalitás. Így pl. a C szelvényben az ovalitás:

$$d_{cII} - d_{cI} = 50,00 - 49,96 = 0,04 \text{ mm.}$$

1.5.2. Mechanikai áttételezésű finomtapintók

A finomtapintók olyan nagy pontosságú hossz mérő műszerek, amelyekben a tapintószár elmozdulását rendszerint élágyszású emelőkaros áttételezés felnyitva közvetíti a skálára.

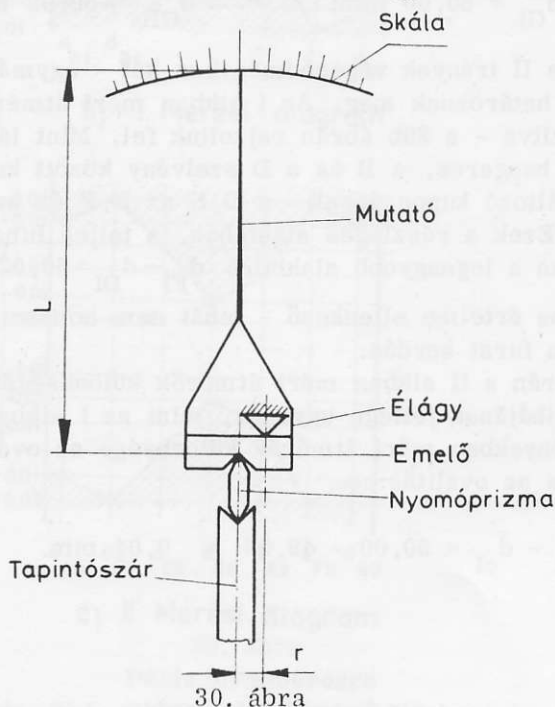
A mechanikai áttételezésű finomtapintók legismertebb típusai:

- a miniméter,
- a mikroteszt,
- a mikrokátor,
- az ortoteszt,
- a tapintóemeltyűs mikrométer.

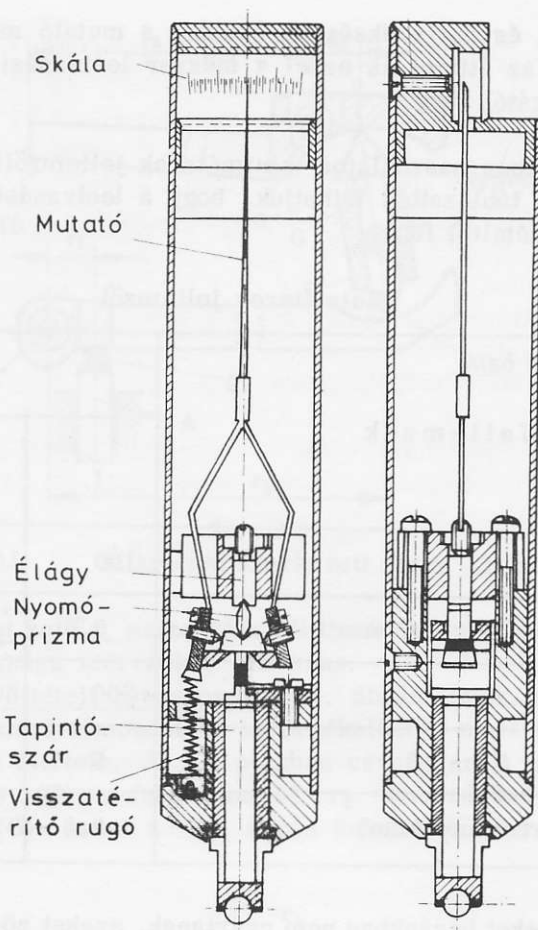
Az emelő elvén működő finomtapintók (egyes szakkönyvekben ún. emeltyűs áttételű mérőeszközök) közül legismertebb az egyfokozatú karáttételes miniméter.

Az egyenlőtlen kétkarú emelő elvén működik. Egyetlen - lényegében szögemelőnek tekinthető - emelőből áll, amelynek egyik karja maga a mutató. A műszer felépítésének elve a 30. ábrán látható.

Amint az ábrán megfigyelhetjük, az emelő egy élágyra, valamint a tapintószár és az emelő között szintén élágyszású ún. nyomópriz-



Miniméter szerkezeti elve



31. ábra
Miniméter kivitele

mára támaszkodik. Az emelőre felül a keretes mutatót rögzítik. A tapintószár mozgásával arányos mutatóelmozdulás felnagyítva a skálán olvasható le.

A miniméter áttételét \hat{a} a mutató hosszúságának L , valamint az emelőkar élágyszárai közötti távolság r határozza meg, azaz

$$\hat{a} = \frac{L}{r} \cdot$$

Szilárdsági és helyszükségleti okokból a mutató max 100 mm hosszú lehet, így az áttétel és ezzel a műszer leolvasási pontossága az étlágyak távolságától függ.

A gyakorlatban használatos miniméterek jellemzőit a 3. táblázat tartalmazza. A táblázatból láthatjuk, hogy a leolvasási pontosság lényegében az áttételtől függ.

3. táblázat

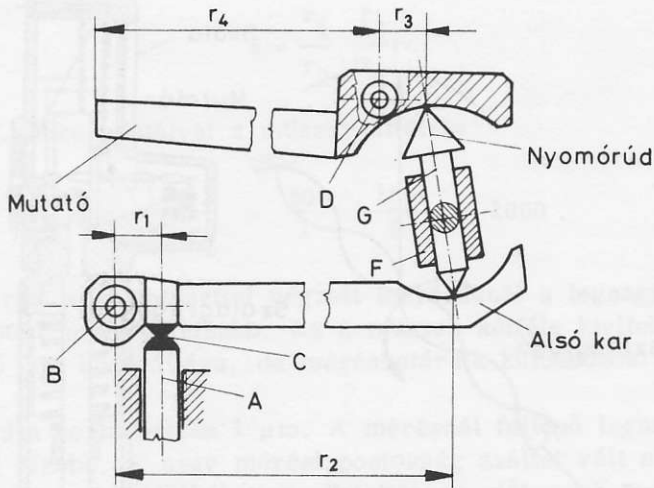
Miniméterek jellemzői

| Jellemzők | Típus | | |
|----------------------------|-------|-------|------|
| | I. | II. • | III. |
| Mutatóhossz (L, mm) | 100 | 100 | 100 |
| Étlágyak távolsága (r, mm) | 0,5 | 0,2 | 0,1 |
| Áttétel (á) | 200 | 500 | 1000 |
| Osztásérték (μ m) | 5 | 2 | 1 |
| Mérési tartomány (mm) | 0,3 | 0,12 | 0,06 |

Minimétereket hazánkban nem gyártanak, ezeket zömében a szocialista országokból, elsősorban az NDK-ból és a Szovjetunióból importáljuk. Szerkezeti felépítésük és a műszerházuk kivitele különböző lehet, erre a 31. ábrán látunk példát.

Az ábrán látható módon a miniméter szögletes műszerházzal készül. Az elől- és az oldalnézeti ábráin megfigyelhetjük a műszerelemek elrendezését.

A miniméteren kívül - mint már említettük - más emelőrendszerű finomtapintókat is gyártanak, amelyek abban térnek el egymástól, hogy nem kizárólag étlágyazásuk. Ezen műszertípusoknak csak az elvi felépítését és működését tárgyaljuk.



32. ábra
Mikrotest szerkezeti elve

A mikrotest kettős, esetenként állítható áttételezésű finomtapintó, ami nagy pontosságú mérésekre alkalmas.

A műszer áttételi rendszerét a 32. ábrán látjuk. Az A tapintócsucs nagyon kicsi elmozdulása is érzékelhető, mert a karos mozgásnak nagy az áttétele. A B pontban csapágyazott alsó kar tapintón támaszkodó éle (C) a forgásponttól r_1 távolságban van, a nyomórúd alsó éle (G) ezzel a r_2 karon érintkezik. Az alsó kar áttétele tehát

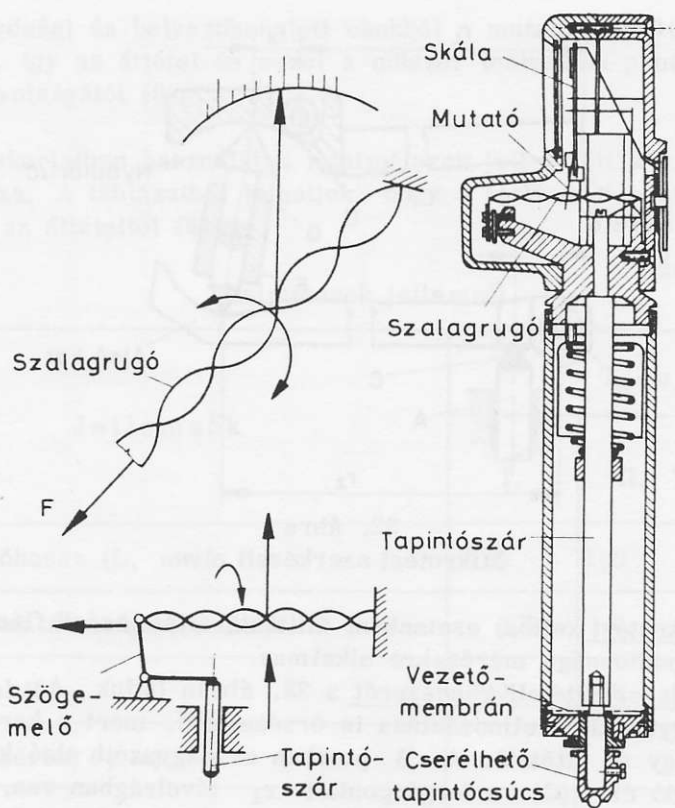
$$á = \frac{r_1}{r_2} .$$

A mutatóval egybeépített felső kar a D pont körül forog. A nyomórúd felső élének távolsága ettől r_3 , a mutató hossza pedig r_4 .

Ezzel a kettős emelőkaros mozgás eredő áttétele:

$$á = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{r_4}{r_3} .$$

Az áttétel valóban nagy, mert az r_1 és az r_3 karok kicsik, az r_2 és az r_4 karok pedig nagyok.



33. ábra
Mikrokátor szerkezeti elve

Az áttétel növelhető, mert a (G) nyomórúd F vezetékének jelölt értelmű elforgatásával r_3 csökken, r_2 pedig nő.

A mikrokátor olyan finomtapintó, amelynek mérőeleme egy, a közepétől jobbra, ill. balra megcsavart szalagrugó (33. ábra). Ha erre húzóerő hat, elfordítja a ráerősített mutatót. A tapintó elmozdulását szögemelő viszi át a mérőelemre.

Az ortoteszt mérőóráknál tökéletesebb - fogasíves szögemelővel ellátott - finomtapintó. Elvi felépítése a 34. ábrán látható.

Az ortoteszt áttétele a karok és a fogaskerekek viszonyának szorzatából adódik azaz:

$$á = \frac{r_1}{r_2} \frac{r_3}{r_4} .$$

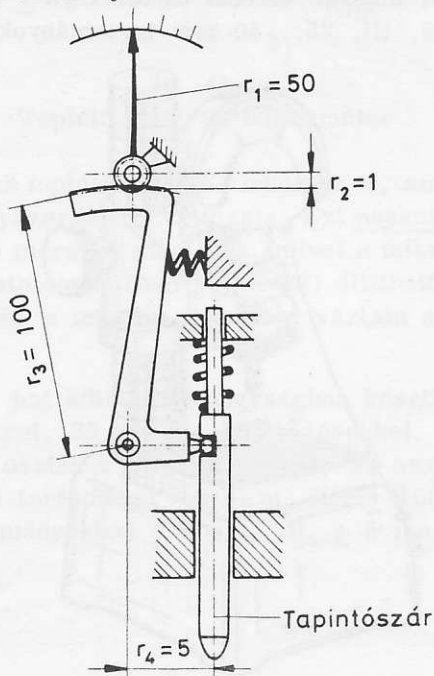
A 34. ábra adataival a műszer áttétele

$$á = \frac{r_1}{r_2} \frac{r_3}{r_4} = \frac{50}{1} \frac{100}{5} = 1000 .$$

Eszerint az ortoteszttel végzett méréseknél a legnagyobb műszer-hiba $\pm 0,0001$ mm-nél kisebb. Ez a műszer kétféle kivitelben készül, mindkettő 0 középállású, de méréshatáraik különbözők: $\pm 50 \mu\text{m}$, ill. $\pm 100 \mu\text{m}$.

A skála osztásértéke $1 \mu\text{m}$. A mérésnél fellépő legnagyobb hiba $1 \mu\text{m}$ -nél kisebb. E nagy mérési pontosság azáltal vált elérhetővé, hogy a műszer holtjátékát megszüntették az előfeszítő rugók beépítésével.

A finomtapintók - hasonlóan a mérőórákhoz - csak akkor válnak mérőműszerré, ha valamilyen készülékbe vagy állványba szerelik.



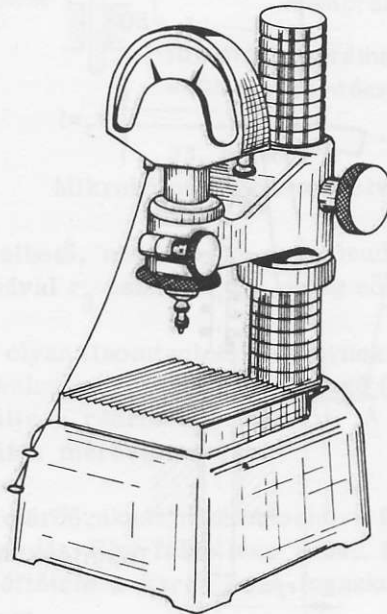
34. ábra
Osztóttest elvi felépítése

Erre példa a 35. ábra, amely egy finomtapintó-műszert állványba szerelve ábrázol. Egyben azt is láthatjuk, hogy a műszerház lehet félköríves kialakításu \pm értékű skálával ellátott.

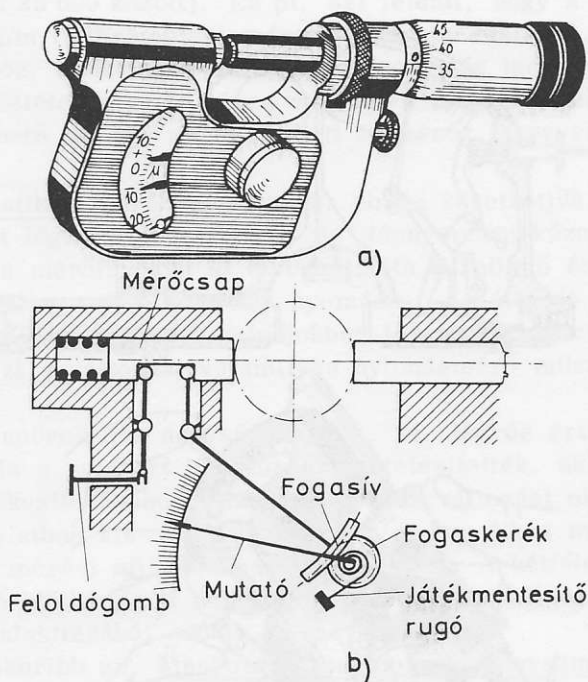
A tapintóemelyűs vagy lengőnyelves mikrométer kivitele a 36a ábrán, működési elve a 36b ábrán látható.

A mikrométer kengyelébe a merev mérőcsap helyett egy rugós, vezetett tapintócsapot szerelnek be, amelynek elmozdulása a mikrométer kengyelébe épített emelőkaros áttételi szerkezetre adódik át és ezáltal a skála előtt a mutató elfordul. Ezzel a mikrométerrel végezhetünk közvetlen hossz mérést, ekkor a mérési eredményt a mutató nulla állása mellett a mérődobon olvassuk le. Végezhetünk ezenkívül összehasonlító méréseket is, ha a mérőhasábbal a mutatót a nulla helyzetbe tolva, a mikrométerorsót a rögzítőgyűrűvel rögzítjük és a leolvasásokat a skálán végezzük. Ekkor a munkadarabok betétele, ill. kivétele a kengyelen elhelyezett feloldógomb nyomvatartása alatt történik.

A lengőnyelves mikrométerek 0...25 és 25...50 mm mérési tartományban mérnek. A mérőskála osztásértéke $10 \mu\text{m}$, a műszer osztásértéke $2 \mu\text{m}$. A műszer mérési tartománya $\pm 0,02 \text{ mm}$. A teljes műszerhiba 0...25, ill. 25...50 mm tartományokban $\pm 3 \mu\text{m}$, ill. $\pm 4 \mu\text{m}$.



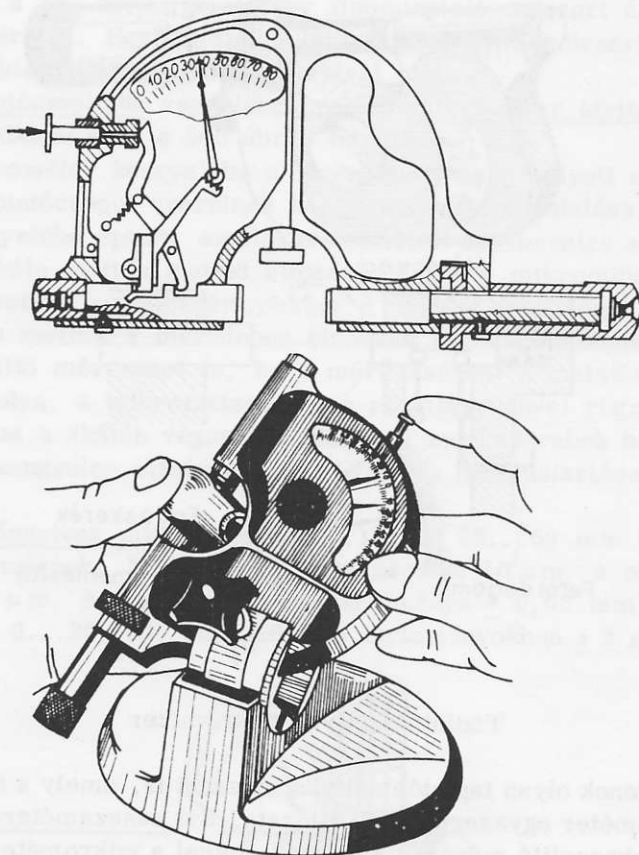
35. ábra
Állványba szerelt finomtapintó



36. ábra
Tapintóemelytűs mikrométer

Készítenek olyan tapintóemelytűs műszert is, amely a tapintóemelytűs mikrométer egyszerűsített változata. Ezt passzaméternek nevezik. Csak összehasonlító mérésre alkalmas, mivel a mikrométerdobnak nincs osztása, így csak etalonnal (mérőhasábbal) állítható be. A passzaméterrel való mérés és a műszer működési vázlatja a 37. ábrán látható.

A passzaméter hat különböző nagyságban készül, 150 mm maximális mérési határral, 25 mm-es lépcsőzésekkel. A 0-100 mm, ill. 100-150 mm-ig az osztás $2 \mu\text{m}$, ill. $5 \mu\text{m}$, az osztáskör 0,9 mm, ill. 1,1 mm. A mérési tartományt $\pm 80 \mu\text{m}$, ill. $\pm 160 \mu\text{m}$. A hibája a teljes mérési tartományokban $\pm 2 \mu\text{m}$, ill. $\pm 5 \mu\text{m}$.



37. ábra
Passzaméter

1.6. Pneumatikus hosszmérőeszközök

A pneumatikus műszereket az utóbbi időben főleg a nagy pontosságú méretellenőrzéshez használják.

Mivel a mechanikus, az optikai vagy az egyéb műszerek a surlódások, kopások stb. miatt a megkövetelt mérési pontosságot nem mindig érik el, szükségessé vált olyan eljárás, minél az említett hibákat kiküszöbölik.

A pneumatikus tapintók egyrészénél nincsenek surlódó alkatrészek, a munkadarab felületére ható mérőnyomás gyakorlatilag nulla. Ezeken túlmenően igen nagy mérési áttételezés valósítható meg (általában

1 : 2500 és 1 : 25 000 között). Ez pl. azt jelenti, hogy a mérendő munkadarabon $1 \mu\text{m}$ (mikrométer) méretváltozás a skálán 2,5-25 mm elmozdulást okoz, ennek következtében a leolvasás igen gyors és pontos. A nagy áttétel következtében ezekkel a műszerekkel $0,01 \mu\text{mm}$ pontosság érhető el, így pl. a felületi érdesség is egyszerűen mérhető.

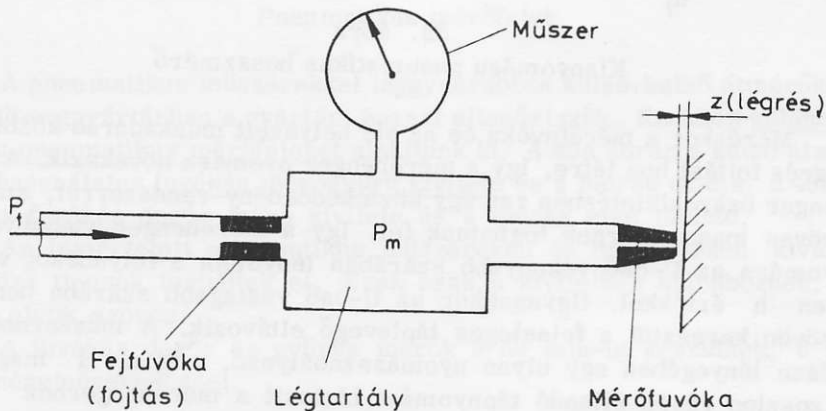
A pneumatikus mérés elvét a 38. ábrán követhetjük. Lényege, hogy egy zárt légtartályba állandó p_t tápnyomású közeget vezetünk, amelyből az a mérőfúvókán át távozik. Ha a beömlő és kiömlő levegő mennyisége egyenlő, a tartály nyomása (p_m) állandó. Amennyiben a mérőfúvóka kiömlőnyílását mindegyik lezárjuk, a tartály nyomása növekszik. Ezt a változást valamilyen nyomásmérő műszerrel mérhetjük.

A nyomásnövekedés nagysága az un. z légrés értékének változásától függ. Ha a műszert hosszúságra hitelesítették, akkor közvetlenül a légrés értékváltozásához tartozó hosszúságváltozást olvashatjuk le.

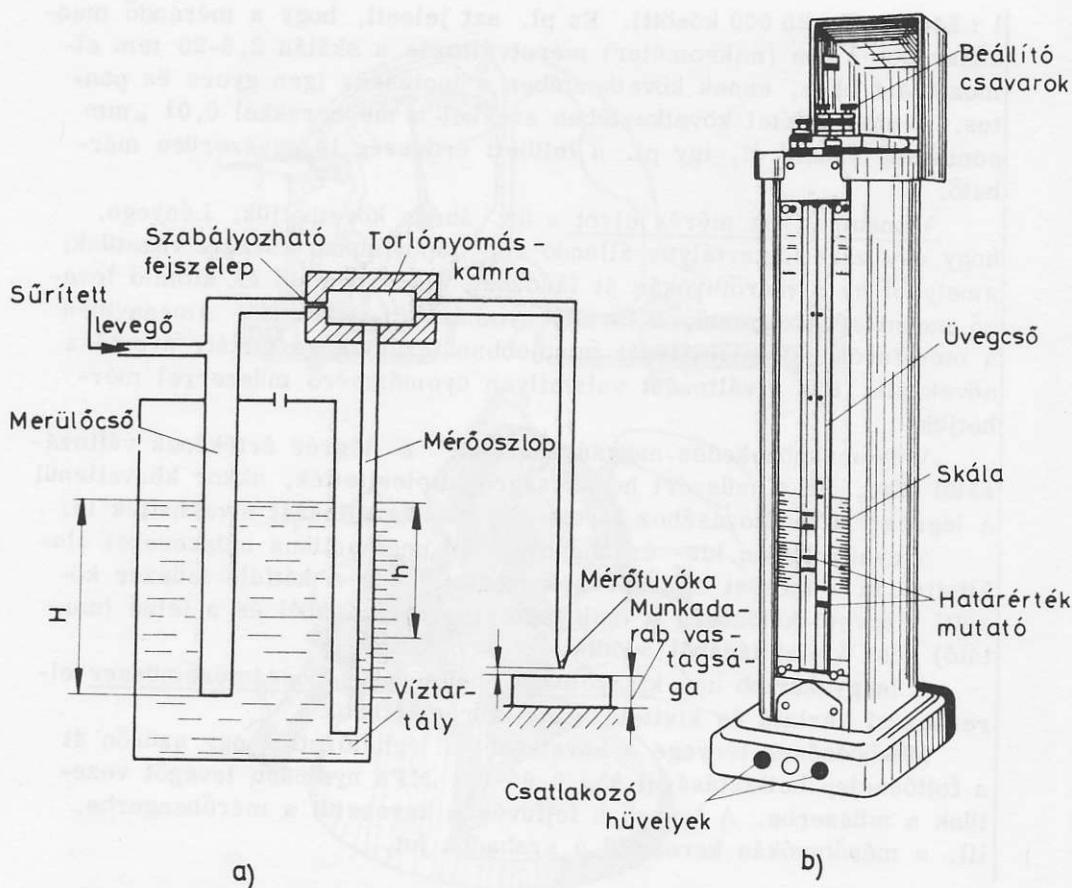
A gyakorlatban kis- és nagynyomású pneumatikus műszereket alakítottak ki a mérési eljárásoknak megfelelően. A kétféle műszer közötti alapvető különbség a táplevegő p_t nyomásából és a jelző (mutató) rész kialakításából adódik.

A leggyakoribb un. kisnyomású pneumatikus hosszsmérőműszer elrendezési vázlata és kivitele a 39. ábrán látható.

Működésének lényege a következő: a légkészletből egy szűrőn át a fojtószelep beiktatásával kb. 0,05-0,1 MPa nyomású levegőt vezetünk a műszerbe. A levegő a fejfúvókán keresztül a mérőhengerbe, ill. a mérőfúvókán keresztül a szabadba jut.



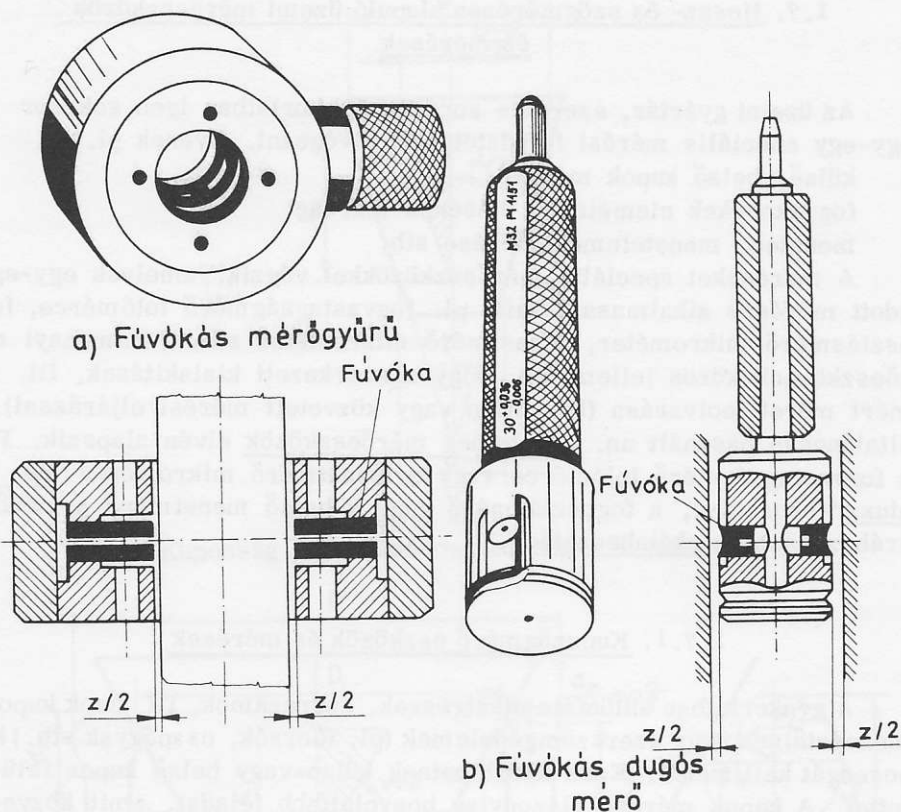
38. ábra
Pneumatikus mérés elve



39. ábra
Kisnyomású pneumatikus hossz mérő

Méréskor a mérőfuvóka és az elé helyezett munkadarab közötti z légrés fojtást hoz létre, így a mérőhenger nyomása növekszik. A mérőhenger összeköttetésben van egy közlekedőedény-rendszerrel, amit U-csöves manométernek foghatunk fel. Így a mérőhenger megnövekedett nyomása az U-cső vékonyabb szárában lenyomja a folyadékot valamilyen h értékkel. Ugyanekkor az U-cső vastagabb szárába benyúló csövön keresztül a felesleges táplevegő eltávozik. A műszernek ez a része lényegében egy olyan nyomásszabályozó, ami a H magasságú vízoszlop révén állandó tápnyomást biztosít a mérőhengerhez ($H = 500$ mm).

Az U-cső vékonyabb szárát a légréshez (z) tartozó mikrométer értékre kalibráljuk, így a méretet közvetlenül leolvashatjuk. Az U-cső rendszert színes desztillált vízzel töltjük fel.



40. ábra
Pneumatikus mérőfejek

A pneumatikus műszerekkel leggyakrabban külső-belső átmérőket, ill. tömeggyártásban a gyártási hosszt ellenőrizzük. Ezekhez különböző alakú pneumatikus mérőfejeket alakítunk ki. A 40a ábrán a külső átmérőhöz használatos fúvókás mérőgyűrű kivitele és a mérés módja, a 40b ábrán a fúvókás dugós mérő kivitele és a mérés elve látható.

Az ismertett pneumatikus műszereken és mérőfejekén kívül különböző típusok terjedtek el. Ezek csak a kivitelben különböznek, mérési elvük azonos.

A fúvókás dugós és gyűrűs mérők 5-50 mm-ig készülnek, 5 mm-es méretnövekedéssel.

1.7. Hossz- és szögmérésen alapuló üzemi mérőeszközök és mérések

Az üzemi gyártás, szerelés során a gyakorlatban igen sokszor egy-egy speciális mérési feladatot kell elvégezni. Ilyenek pl.:

- külső, belső kupok mérése;
- fogaskerekek elemeinek, ütésének mérése;
- menetek, menetelemek mérése stb.

A méréseket speciális mérőeszközökkel végzik, amelyek egy-egy adott mérésre alkalmasak, mint pl. fogvastagságmérő tolmérce, fogosztásmérő mikrométer, menetmérő mikrométer stb. Valamennyi mérőeszköznek közös jellemzője, hogy a szerkezeti kialakításuk, ill. a mért méret leolvasása (közvetlen vagy közvetett mérési eljárással) az általánosan használt ún. egyetemes mérőeszközök elvén alapszik. Pl. a fogvastagságmérő tolmérce vagy a menetmérő mikrométer "nő-niusz"-beosztású, a fogosztásmérő vagy a belső menetmérő a mérőórához hasonló skálabeosztású.

1.7.1. Kupszögmérő eszközök és mérések

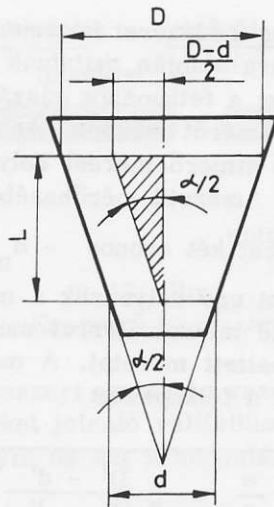
A gyakorlatban különféle alkatrészek, szerszámok, ill. azok kupos menesztűinek vagy szerszámgépelemek (pl. főorsók, csapágyak stb.) kúposságát kell mérni. Ezek készülhetnek külső vagy belső kupos felülettel. A kupok mérése viszonylag bonyolultabb feladat, amit közvetett méréssel és számítással vagy szabványos kupidomszerekkel végezhetünk el.

A kup meghatározásához vagy a kupszöget (α) és egy átmérőt, az alapátmérőt vagy két, egymástól meghatározott L távolságban elhelyezkedő átmérőt (D és d) kell megadni. A három méret összefügg. A 41. ábra alapján ezek az összefüggések a következők:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2L};$$

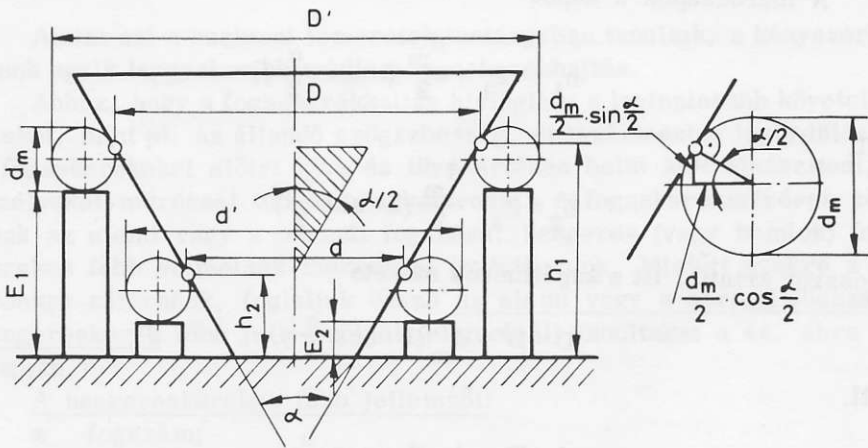
$$D = d + 2L \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

$$d = D - 2L \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$



41. ábra

Kuposság számításához szükséges fő méretek



42. ábra

Külső kup mérése mérőhasábokkal és mérőcsapokkal

A kúpos testeket a korábban már tárgyalt kétféle mérési módon ellenőrizhetjük:

- közvetett uton méréssel és számítással vagy
- összehasonlító méréssel idomszerekkel.

A közvetett kupmérések leggyakoribb módja:

- a külső kupok mérése mérőgyűrűkkel, ill.
- a belső kupok mérése mérőgolyókkal.

A kupok mérésének más módszerei is ismeretesek. Ezek közül külső kup mérésére a 42. ábra alapján mutatunk be példát.

A külső kup mérésekor a félkupszög kiszámításához meghatározott távolságon belül két átmérőt mérünk. Annál pontosabban mérünk, minél messzebb van a két átmérő mérési helye. A távolságokat két-két azonos $- E_1$ és E_2 - méretű mérőhasábokból állítjuk össze.

A méréshez segédeszközként két azonos $- d_m$ - átmérőjű mérőcsapot használunk. A csapokat úgy helyezzük a mérőhasábokra, hogy a kuppal érintkezzenek, majd mikrométerrel megmérjük a csapok külső éle (pontja) által megtestesített méretet. A mért méretek és a mérőhasábhosszak ismeretében a félkupszög:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D' - d'}{2 (E_1 - E_2)}$$

A mérőcsapok a kupot

$$h_1 = E_1 + \frac{d_m}{2} \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right),$$

ill.

$$h_2 = E_2 + \frac{d_m}{2} \left(1 + \sin \frac{\alpha}{2}\right)$$

hosszon érintik. Itt a kupátmérők mérete

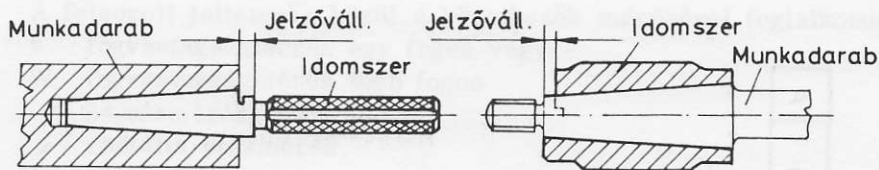
$$D = D' - d_m \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2}\right),$$

ill.

$$d = d' - d_m \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2}\right).$$

Az összehasonlító kupmérések eszközei a belső, ill. a külső kupok ellenőrzéséhez készült kupidomszerek, amelyek kialakítása a 43. ábrán látható. Ezeknél az m tűrésmezőt, ill. a határméreteket a tengelyirányban elmozduló idomszeren vállfelületek jelentik.

A kuposság ellenőrzéséhez az ellenőrizendő belső kupot vagy - külső kup vizsgálatánál - az ellenőrzéshez használt hüvelyes kupidomszert belső felületén egyenletes, vékony festékréteggel vonjuk be,



Belső kúp idomszer

Külső kúp idomszer

43. ábra
Kupmérő idomszerek

majd a kupot és az idomszert egymásba vezetjük. Jó a kup, ha az idomszerrel a határméreteket jelentő vállfelületek között az egész kuppaláston érintkezik, vagyis ha azt a kuppalást minden helyén befestékezte.

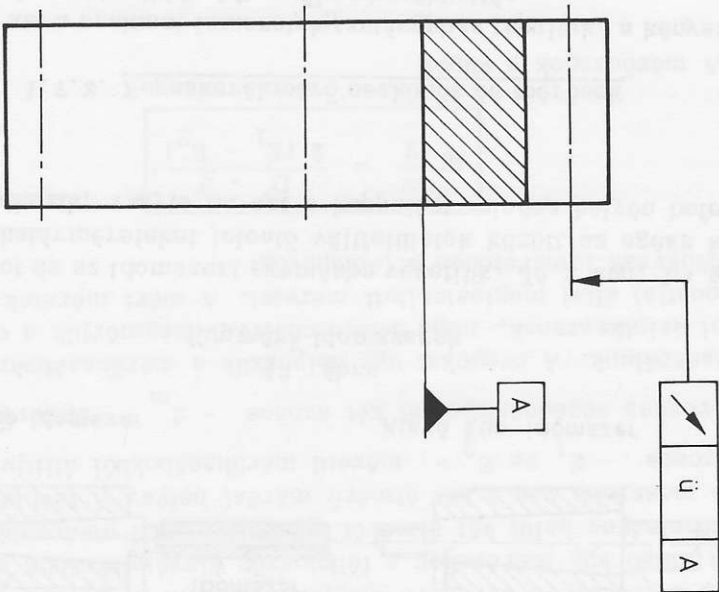
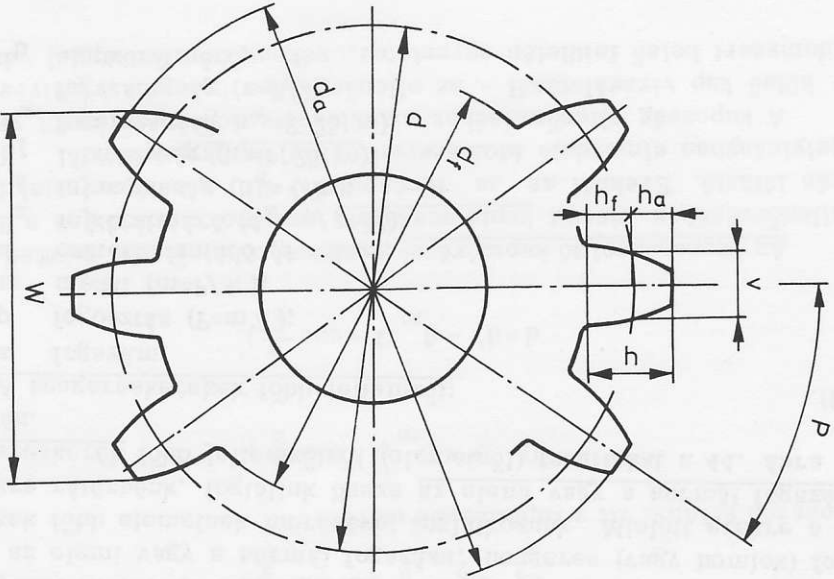
1.7.2. Fogaskerékmérő eszközök és mérések

Amint azt a szakmai ismeretek tantárgyban tanultuk, a kényszerhajtások egyik leggyakoribb módja a fogaskerék-hajtás.

Ahhoz, hogy a fogaskerék-hajtás kielégítse a legfontosabb követelményeket, mint pl. az állandó szögsebesség, csuszásmentes legördülés stb., a fogaskerekeket előírt hiba és tőrésértéken belül kell elkészíteni, amelyeket méréssel tudunk meghatározni. A fogaskerékmérések közül csak az elemi vagy a normál fogazású, hengeres (vagy homlok) fogaskerekek főbb elemeinek mérésével foglalkozunk. Mielőtt ezekre a mérésekre rátérnénk, foglaljuk össze az elemi vagy a normál fogazású hengereskerék főbb jellemzőiről (elemeiről) tanultakat a 44. ábra alapján.

A hengereskerékek főbb jellemzői:

- z fogszám;
- p fogosztás ($P=m \cdot \pi$);
- m modul ($m=P/\pi$);
- d osztókörátmérő ($d = m \cdot z$);
- d_a fejkörátmérő ($d_a=m/z+2$);
- h_a fejmagasság ($h_a=l \cdot m$);
- h_f láb mélység ($h_f=1,25 \cdot m$);
- h_w fogmagasság ($h_w=2,25 \cdot m$);
- v fogvastagság ($v=P/2$);
- d_b alapkörátmérő;



44. ábra
Elemi fogazású hengeres kerék főbb jellemzői

- A felsorolt jellemzők közül a következők mérésével foglalkozunk:
- v fogvastagságmérés egy fogon vagy
 - W fogvastagságmérés több fogon
 - P osztásmérés,
 - ↗ radiális ütésmérés.

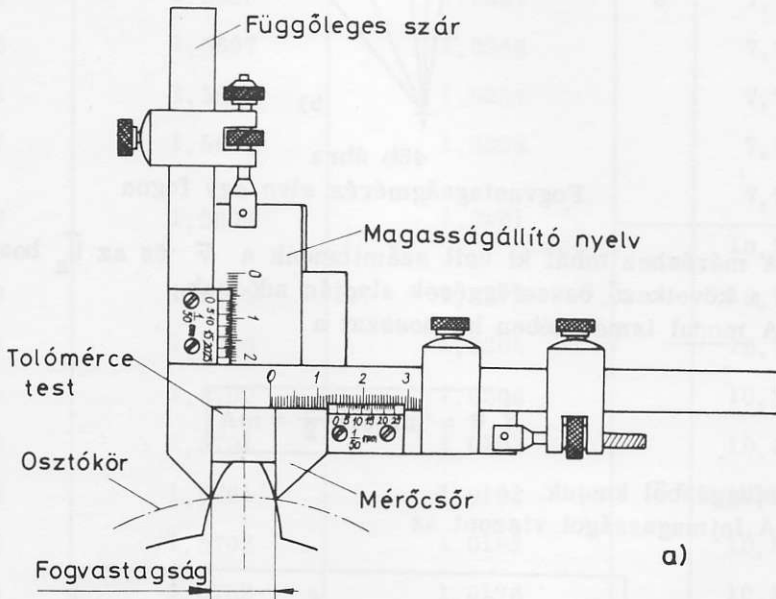
A fogvastagság mérésére két módszer használatos; mérhetünk fogvastagságot egy fogon és több fogon.

Fogvastagság mérése egy fogon. Fogvastagságot egy fog mérésekor mindig a fogaskerék osztóhengerén mérünk, ami elemi, egyenes hézagmentes fogazásnál az osztás fele (lásd a 44. ábrán), azaz:

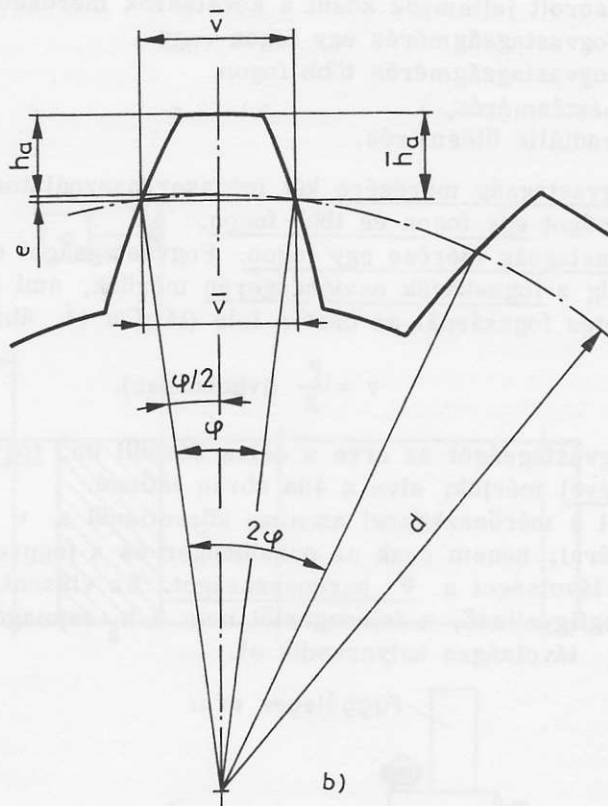
$$v = \frac{P}{2} \text{ (ívhosszban).}$$

A fogvastagságot az erre a célra készült ún. fogvastagságmérő tolmércével mérjük; elve a 45a ábrán látható.

Ezzel a mérőeszközzel azonban közvetlenül a v ívhosszat nem tudjuk mérni, hanem csak az osztóhenger és a fogprofil közötti leg-rövidebb távolságot a \bar{v} hurhosszuságot. Ez viszont, amint a 45b ábrán megfigyelhető, a fejhengertől nem a h_a fejmagasságban, hanem $h_a + e = f$ távolságra helyezkedik el.



45a ábra
Fogvastagságmérés elve egy fogon



45b ábra
Fogvastagságmérés elve egy fogon

A méréshez tehát ki kell számítanunk a \bar{v} és az \bar{h}_a hosszakat. Ezek a következő összefüggések alapján adódnak.
A modul ismeretében hurhosszat a

$$\bar{v} = mz \sin \frac{\varphi}{2} = mA$$

összefüggésből kapjuk.

A fejmagasságot viszont az

$$\bar{h}_a = m \frac{z}{2} \left(1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) + 1 = mB$$

összefüggésből számoljuk.

Az A és a B értékeit a 4. táblázatból választjuk, amely a v hurméret és az h_a fejmagasság kiszámításához szükséges adatokat tartalmazza $m = 1$ mm-es modulra vonatkoztatva.

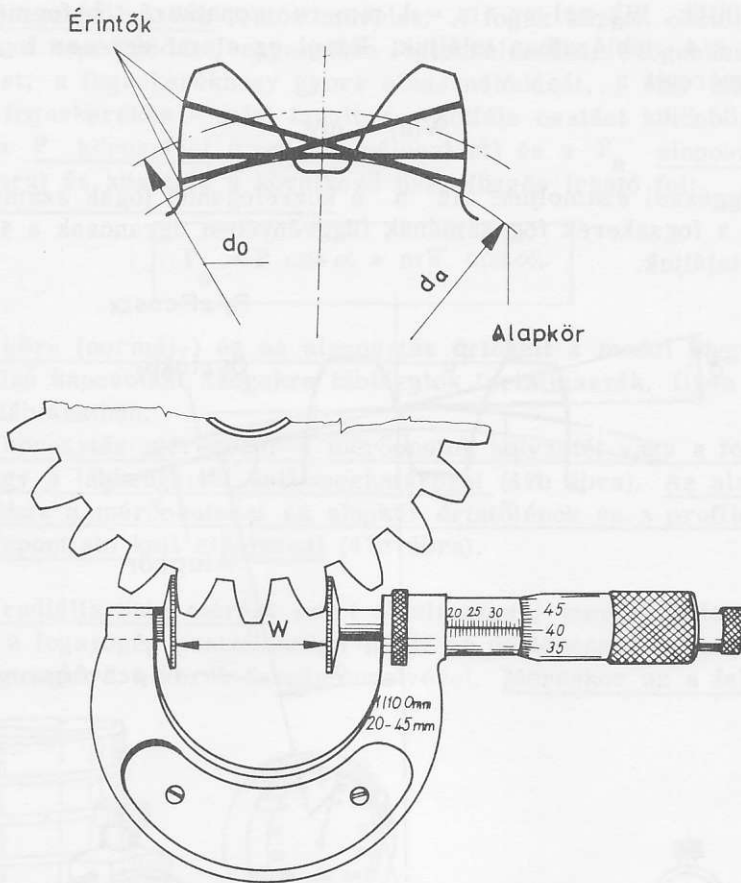
4. táblázat

A \bar{v} hurméret és \bar{h}_a fejmagasság kiszámításához szükséges adatok, többfogméret $m = 1$ mm-re, elemi fogazatnál, $\alpha = 20^\circ$ szerszámkapcsolószögre

| Fogszám (z) | $A = z \sin \frac{\varphi}{2}$ | $B = \frac{z}{2} (1 - \cos \frac{\varphi}{2}) + 1$ | n | W'_n |
|----------------|--------------------------------|--|---|----------|
| 20 | 1,5692 | 1,0308 | 3 | 7,66044 |
| 21 | 1,5693 | 1,0293 | | 7,67444 |
| 22 | 1,5694 | 1,0281 | | 7,68845 |
| 23 | 1,5695 | 1,0268 | | 7,70246 |
| 24 | 1,5696 | 1,0257 | | 7,71646 |
| 25 | 1,5697 | 1,0246 | | 7,73047 |
| 26 | 1,5697 | 1,0237 | | 7,74447 |
| 27 | 1,5698 | 1,0228 | | 7,75848 |
| 28 | 1,5699 | 1,0221 | | 7,77249 |
| | | | 4 | 10,72462 |
| 29 | 1,5700 | 1,0212 | | 10,73862 |
| 30 | 1,5700 | 1,0206 | | 10,75263 |
| 31 | 1,5700 | 1,0206 | | 10,76663 |
| 32 | 1,5701 | 1,0192 | | 10,78064 |
| 33 | 1,5701 | 1,0192 | | 10,79464 |
| 34 | 1,5702 | 1,0182 | | 10,80865 |
| 35 | 1,5702 | 1,0176 | | 10,82265 |
| 36 | 1,5703 | 1,0171 | | 10,83666 |

| Fogszám (z) | $A = z \sin \frac{\varphi}{2}$ | $B = \frac{z}{2} (1 - \cos \frac{\varphi}{2}) + 1$ | n | W'_n |
|----------------|--------------------------------|--|---|----------|
| 37 | 1,5703 | 1,0171 | 5 | 10,85067 |
| | | | | 13,80280 |
| 38 | 1,5703 | 1,0162 | | 13,81680 |
| 39 | 1,5703 | 1,0162 | | 13,83081 |
| 40 | 1,5703 | 1,0154 | | 13,84481 |
| 41 | 1,5703 | 1,0154 | | 13,85882 |
| 42 | 1,5704 | 1,0146 | | 13,87282 |
| 43 | 1,5704 | 1,0146 | | 13,88683 |
| 44 | 1,5704 | 1,0141 | | 13,90084 |
| 45 | 1,5704 | 1,0134 | | 13,91484 |
| | | | | 13,92885 |
| 46 | 1,5705 | 1,0134 | 6 | 16,88098 |
| 47 | 1,5705 | 1,0134 | | 16,89498 |
| 48 | 1,5706 | 1,0128 | | 16,90899 |
| 49 | 1,5706 | 1,0128 | | 16,92299 |
| 50 | 1,5707 | 1,0123 | | 16,93700 |

Fogvastagság mérése több fogon. A fogvastagságot legpontosabban a többfogméret elve alapján mérjük. A foggörbe alakja evolvens. Ezt úgy kapjuk, hogy egy körön (alapkörön) egy egyenest csuszásmentesen legördítünk. Ekkor a gördülő egyenes végpontja evolvenst ír le. Az evolvens képzéséből következik, hogy ha egy fogaskerék alapköréhez érintőket húzunk, az alapkör érintők az evolvens felületi normálisai is, így merőlegesek a metszéspontba húzott érintőre. A tétel megfordítható, 46a ábra vastag vonalai. Ez azt jelenti, hogy minden



46. ábra
Tárcsás mikrométer
a) többfogmért; b) a mérés módja

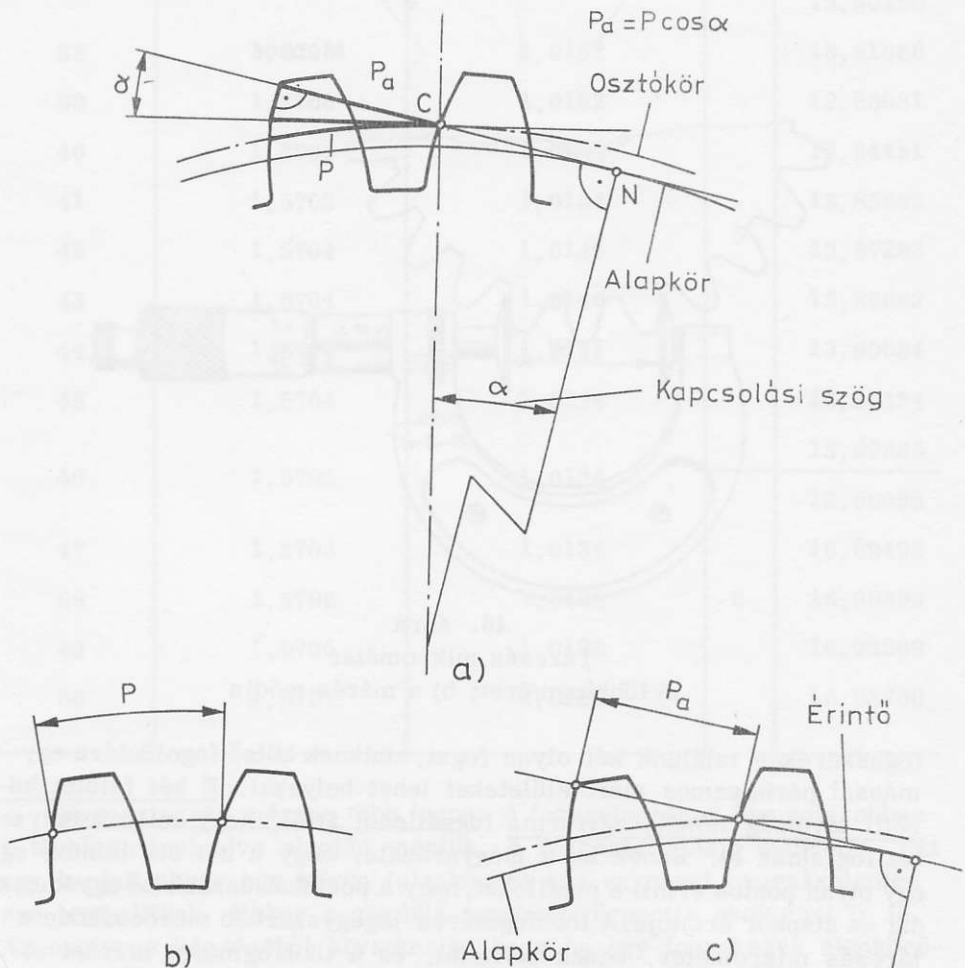
fogaskeréken találunk két olyan fogat, amiknek külső fogoldalára egymással párhuzamos mérőfelületeket lehet helyezni. E két felület közötti távolság mindig egyforma függetlenül attól, hogy milyen helyzetet foglalnak el. Ennek az a magyarázata, hogy a két sík mindig egy-egy olyan ponton érinti a profilokat, hogy a pontokat összekötő egyenes mindig az alapkör érintője. A többfogmérés legegyszerűbb mérőeszköze a tárcsás mikrométer, ennek kivitelét, és a többfogmért mérési elvét a 46b ábrán látjuk.

A két párhuzamos mérőfelület a tárcsás mikrométer két mérőtárcsája. A két párhuzamos mérőfelület közötti W távolság a többfogmért.

Jelöljük W'_n -nel az $m = 1$ mm-re vonatkozó többfogmértet. Értékét a 4. táblázatban találjuk. Ezzel az elemi egyenes fogazat többfogmértét a

$$W(n) \doteq mW'_n$$

összefüggéssel számoljuk. Az n a közrefogandó fogak számát jelenti. Ezt a fogaskerék fogszámának függvényében ugyancsak a 4. táblázatban találjuk.



47. ábra

Kör- és alaposztás mérési elve, mérőpontjai

- a) körosztás és alaposztás, b) mérőpontok körosztás mérésakor;
c) mérőpontok alaposztás mérésekor

Az osztás mérése fontos művelet. A fogak közötti osztáshibák rontják a kapcsolódást, egyenetlen fogterheléseket, szögsebesség-ingadozást, a fogaskerékhegy gyors elhasználódását... stb. okozzák.

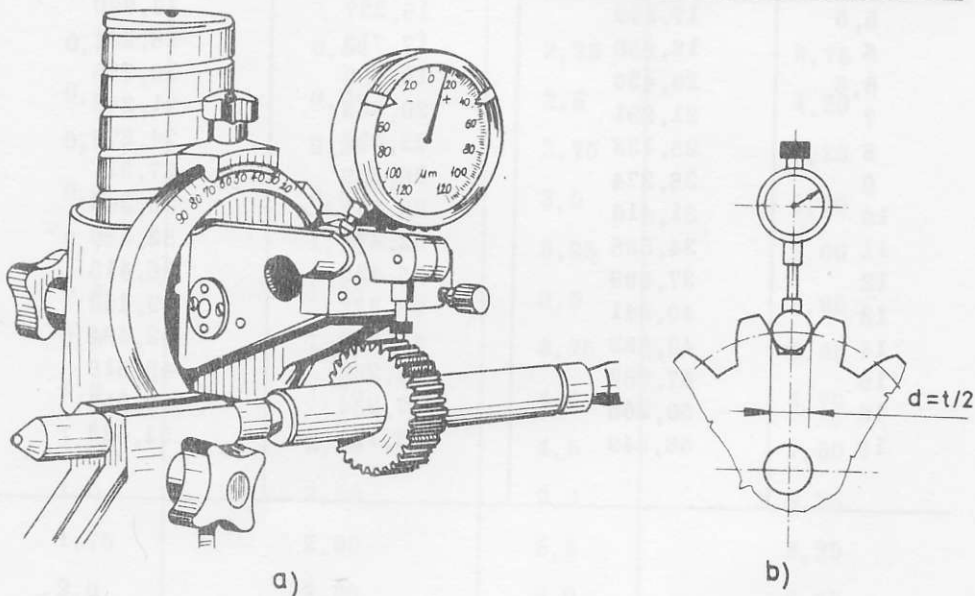
A fogaskeréken - mint tanultuk - kétféle osztást különböztetünk meg, a P körosztást (vagy normálosztást) és a P_a alaposztást (47a ábra) és közöttük a következő összefüggés írható fel:

$$P_a = P \cos \alpha = m \pi \cos \alpha.$$

A kör- (normál-) és az alaposztás értékeit a modul függvényében különböző kapcsolási szögekre táblázatok tartalmazzák. Ilyen látható az 5. táblázatban.

A körosztás mérésekor a mérőpontok helyzetét vagy a fejhengertől, vagy a lábhengertől kell meghatározni (47b ábra). Az alaposztás méréséhez a mérőpontokat az alapkör érintőjének és a profiloknak metszéspontjain kell elhelyezni (47c ábra).

A radiális ütés mérést azért alkalmazzuk, mert a felfogókészülék és a fogazógép pontatlansága miatt az osztóhenger sohasem teljesen egytengelyű a kerék forgástengelyével. Méréskor az a feladatunk,



48. ábra
Fogazat radiális ütésének mérése

A P normál- és a P_a alaposztás értékei

| m | P | P_a | |
|------|--------|---------------------|---------------------|
| | | $\alpha = 20^\circ$ | $\alpha = 15^\circ$ |
| 1,5 | 4,712 | 4,428 | 4,552 |
| 1,75 | 5,498 | 5,166 | 5,310 |
| 2,0 | 6,283 | 5,904 | 6,069 |
| 2,25 | 7,069 | 6,642 | 6,828 |
| 2,5 | 7,854 | 7,380 | 7,586 |
| 2,75 | 8,639 | 8,118 | 8,345 |
| 3 | 9,425 | 8,856 | 9,104 |
| 3,25 | 10,210 | 9,594 | 9,862 |
| 3,5 | 10,996 | 10,332 | 10,621 |
| 3,75 | 11,781 | 11,070 | 11,380 |
| 4 | 12,566 | 11,808 | 12,138 |
| 4,5 | 14,137 | 13,285 | 13,656 |
| 5 | 15,708 | 14,761 | 15,173 |
| 5,5 | 17,279 | 16,237 | 16,690 |
| 6 | 18,850 | 17,713 | 18,207 |
| 6,5 | 20,420 | 19,189 | 19,725 |
| 7 | 21,991 | 20,665 | 21,242 |
| 8 | 25,133 | 23,617 | 24,276 |
| 9 | 28,274 | 26,569 | 27,311 |
| 10 | 31,416 | 29,521 | 30,346 |
| 11 | 34,558 | 32,473 | 33,380 |
| 12 | 37,699 | 35,425 | 36,415 |
| 13 | 40,841 | 38,378 | 39,449 |
| 14 | 43,982 | 41,330 | 42,484 |
| 15 | 47,982 | 44,282 | 45,518 |
| 16 | 50,265 | 47,234 | 48,553 |
| 18 | 56,549 | 53,138 | 54,622 |

hogy ennek az egytengelyűségi hibának a kétszeresét - az osztóhenger ütését - megmérjük. Az osztóhenger palástja alakos, azt a fogak az osztásnak megfelelő távolságokon megszakítják. Méréskor az osztóhenger átmérőjét kell megkeresnünk.

A méréshez célszerűen a már korábban megismert ütőmérő padot használjuk. A mérés elve a 48. ábrán látható.

Ha a fogaskerék furatos, akkor - mindkét végén csucszott - tüskére huzzuk. A csucsfuratokat és a fogakat gondosan megtisztítjuk. A mérőórába a modulnak megfelelő mérőgolyós tapintót csavarunk (48b ábra). A golyó átmérője:

$$d = \frac{P}{2} ,$$

aminek értékei a modul függvényében a 6. táblázatban láthatók.

6. táblázat

Mérőgolyó-átmérők a fogazat radiális ütésének méréséhez

| Modul, mm | Mérőgolyó-átmérő, mm | Modul, mm | Mérőgolyó-átmérő, mm |
|--------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| 0,3 | 0,50 | 2,25 | 3,75 |
| 0,4 | 0,50 | 2,5 | 4,20 |
| 0,5 | 0,80 | 2,75 | 4,20 |
| 0,6 | 0,80 | 3,0 | 5,00 |
| 0,7 | 1,20 | 3,25 | 5,00 |
| 0,8 | 1,20 | 3,5 | 5,85 |
| 0,9 | 1,20 | 3,75 | 5,85 |
| 1,0 | 1,70 | 4,0 | 6,70 |
| 1,25 | 2,10 | 4,5 | 7,50 |
| 1,5 | 2,50 | 5,0 | 8,35 |
| 1,75 | 2,90 | 5,5 | 8,35 |
| 2,0 | 3,30 | 6,0 | 8,35 |

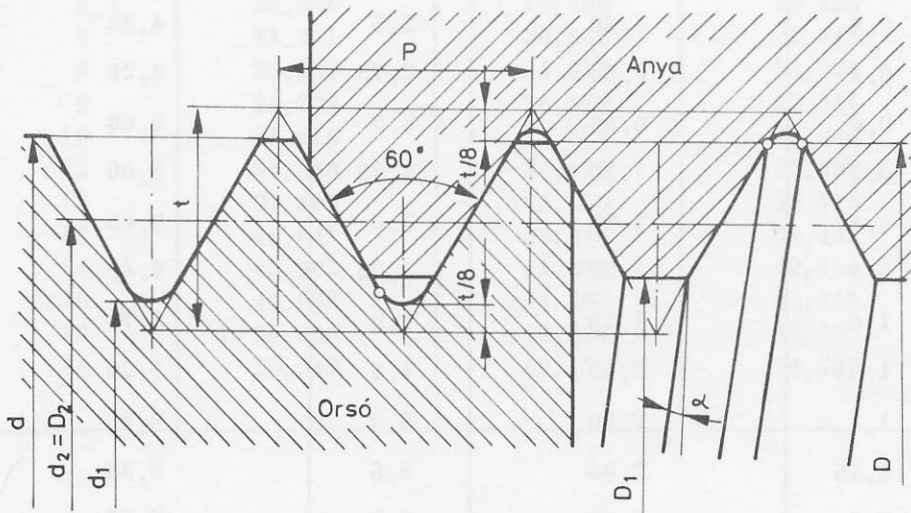
Méréskor a tapintót az egyik fogárokba helyezzük. A kereket addig mozgatjuk finoman, amíg a mérőóra a legkisebb értéket mutatja. Ekkor az óra számlapját nullára állítjuk. Ezután a műveletet fogárkonként megismételjük és az értékeket feljegyezzük. A legkisebb és a legnagyobb érték közötti különbség a fogazat radiális ütése. Hasonló elv alapján a fejhenger vagy a lábhenger ütését is mérhetjük.

1.7.3. Menetek mérése

Előző tanulmányainkból ismerjük, hogy a meneteket főbb méreteik szabványos értékei jellemzik, mint a

- d (D) külső átmérő;
- d_1 (D_1) magátmérő,
- d_2 (D_2) középátmérő ($d_2 = \frac{d_1 + d_1}{2}$);
- P menetemelkedés;
- α menetemelkedési szög;
- t elméleti menetmagasság,

amelyek a 49. ábrán láthatók. (A nagybetűk az anyamenetre vonatkoznak.)



49. ábra
Metrikus menetek főbb jellemzői

A menetek szabványos méreteit és azok tűrésértékeit különböző táblázatok tartalmazzák, amelyeket a gyártás vagy a felhasználás során mérnünk kell.

A méréseket elvégezhetjük különböző e-célra kialakított mérő-eszközökkel vagy összehasonlító idomszerekkel. (Ez utóbbi - mint tanultuk - nem mérés!)

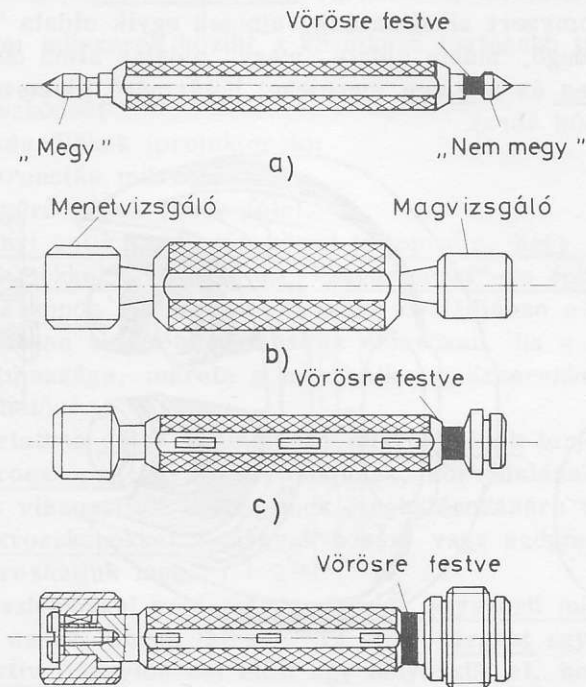
A menetek főbb méretei közül rendszerint a különböző átmérőket kell mérni, mivel ezek alapján eldönthető, hogy más méreteik kialakítása is megfelelő-e.

A külső vagy orsómeneteknél mérhetjük

- a külső átmérőt,
- a magátmérőt és
- a középátmérőt.

A külső átmérő mérése. A menet külső átmérőjének tűrése általában néhány tized mm, tehát tolmércével megfelelő pontossággal mérhető. Kivételes esetekben, ha a tűréshatár szűkebb, akkor az orsómenet külső átmérőjét mikrométerrel mérjük.

A közép- és a magátmérő mérése. A közép- és a magátmérőt egyszerűen mechanikai mérőeszközökkel mérjük, ezen mérési módok



50. ábra
Menetes furat idomszerei

közül a mikrométeres és a mérőcsapos méréssel ismerkedünk meg a mérési gyakorlatoknál.

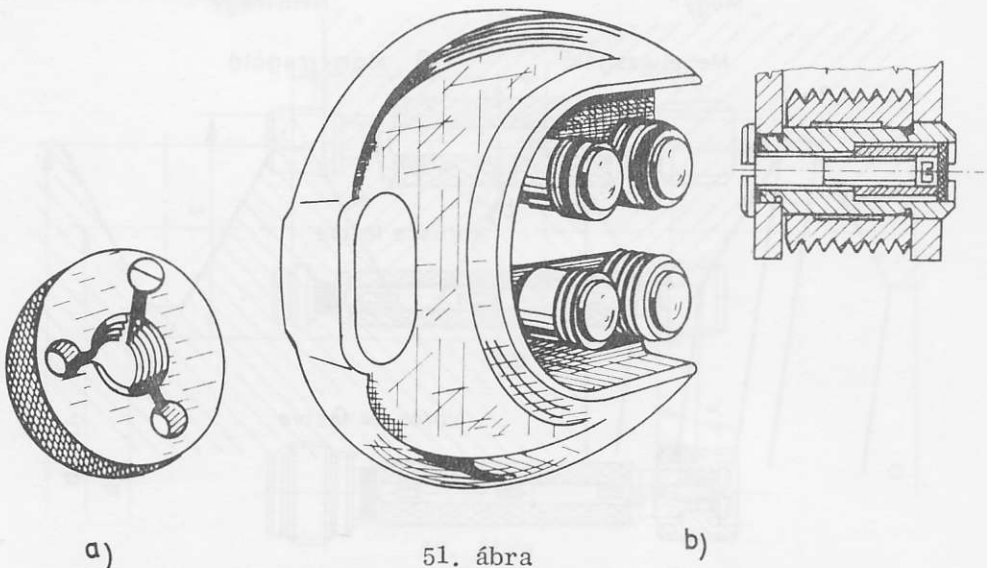
A belső vagy anyameneteknél ugyanazokat a jellemzőket kell mérni, mint a külső meneteknél.

A magátmérő tolómérővel vagy bármilyen furatmérő eszközzel mérhető.

Külső átmérőt anyamenetnél nem mérünk, csak középátmérőt, amellyel szintén a mérési gyakorlatoknál ismerkedünk meg.

Tömeggyártásban a meneteket különféle menetidomszerekkel ellenőrizzük. A menetidomszerek elsősorban a tömeggyártás gyors ellenőrző eszközei. Készülhetnek külső és belső menetekhez. Ezek közül átfogó jelleggel a menetes furatok és a menetes orsók leggyakoribb ellenőrző idomszereit ismertetjük. A menetes furatok gyakoribb idomszerei az 50. ábrán láthatók.

A menetes furat gyártásának első művelete a maglyukfurat elkészítése. Ennek idomszeres ellenőrzésére dugós idomszert alkalmazunk. Kis átmérőkre - 1-3 mm-ig - a mérőcsapokat a fogantyúval egy darabból készítik (50a ábra). Durva menetek mérésére általában kétoldalas idomszert alkalmaznak, aminek egyik oldala "megy" oldalas menetes dugó, másik oldala "megy" oldalas sima dugó (50b ábra). A közepes és a finom meneteket határmérő idomszerrerrel ellenőrzik (50c és 50d ábra).



51. ábra
Menetes orsó idomszerek
a) gyűrűs; b) görgős

A menetes orsókat kisebb átmérőknél menetgyűrűkkel, nagyobb és pontosabb átmérőknél görgős idomszerrel ellenőrzik (51. ábra). Ez utóbbi külső része a "megy" a belső "nem megy" oldal.

1.8. Optikai műszerek

A skálaosztásos vagy nóniuszos műszerek leolvasási pontosságának határt szab az emberi szem felbontó képessége és ehhez kapcsolódóan a beosztások sűrűsége. A mérés technika fejlődése ezért olyan optikai műszerek kialakítását követelte meg, amikkel nagy pontosság, gyors és biztos leolvasás érhető el.

Optikai műszereknek azokat a műszertípusokat nevezük, amelyekkel a hosszúságot, szöveget vagy alakhüségét az optikai törvényszerűségek alapján érzékelik, ill. mérik.

Az optikai műszerek lényegében olyan mechanikai jellegű műszerek, amelyek az optikai elemeken (tükrök, prizmák, lencsék) kívül mechanikus elemekből épülnek fel. Ezért e műszertípusokat, hazánkban még kevésbé elterjedt kifejezéssel optimechanikai műszereknek is nevezük.

Az optikai műszerek között a következő fontosabb típusokkal foglalkozunk:

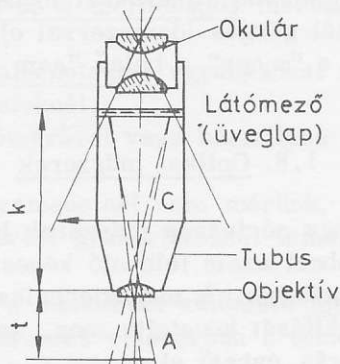
- mikroszkópok;
- vetítőkészülékek (projektorok);
- interferenciás műszerek;
- hossz mérő gépek (Abbe-féle).

Valamennyi optikai műszer közös jellemzője, hogy mérési elve az optikai elemekkel irányított ún. "sugármenet"-re épül fel.

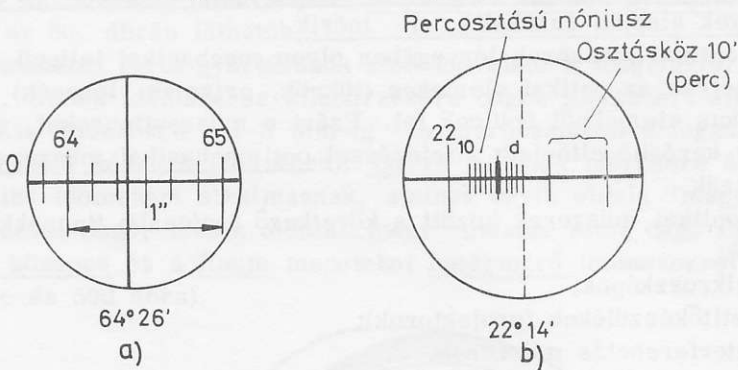
A mikroszkópok az optikai műszerek családjában a legelterjedtebbek. Különösen akkor használhatjuk előnyösen, ha a mérendő tárgy alakja, rugalmassága, mérete a mechanikus műszerekkel való mérést nem teszi lehetővé.

A gyakorlatban célzó és leolvasó mikroszkópok terjedtek el. A célzó mikroszkópok egy tárgy alakjának, körvonalának, ill. egy adott ponthoz viszonyított helyzetének meghatározására alkalmasak. Leolvasó mikroszkópokkal a tárgyak hossz- vagy szögméreteit számszerűen határozhatjuk meg.

A mikroszkópokkal való mérés elve az egyszerű mikroszkóp sugármenetén, az 52. ábrán látható. Az (A) tárgyat egy kis gyújtótávolságú objektív (tárgylencse) előtt úgy helyezzük el, hogy távolsága (t) az objektívtől nagyobb, mint az egyszeres, de kisebb, mint a



52. ábra
Egyszerű mikroszkóp sugármenete



53. ábra
Mikroszkóp látómezők

kétszeres gyújtótávolság. Ekkor az objektív a tárgy fordított, de valós képét (B) vetíti a látómezőben elhelyezett üveglapra. A látómezőben keletkezett képet az okulárral (szemlencse) nagyítjuk fel, ami vég-eredményben látszólagos nagyított képet (C) ad.

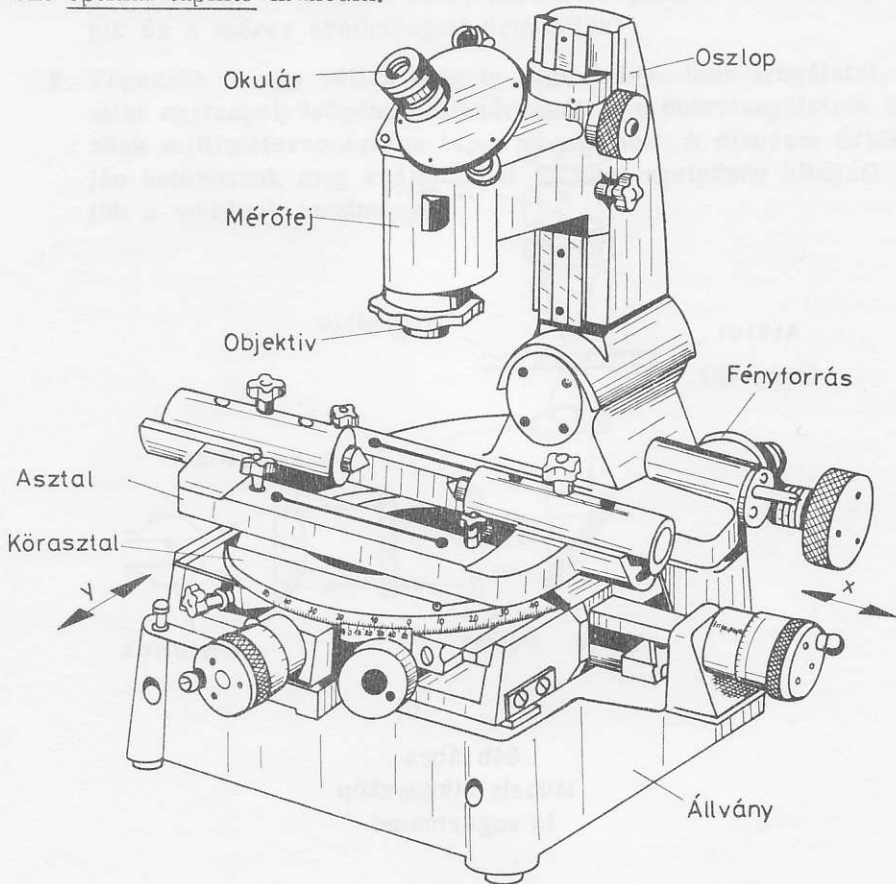
A felhasználásnak megfelelően a látómezőben elhelyezett üveglapra osztásvonalakat vagy jeleket karcolnak, amivel a tárgy méretét, alakját becsléssel, vagy számszerűen meghatározhatjuk.

A nagy pontosságú mérésekhez a leolvasó mikroszkópok terjedtek el; leolvasásuk szerint lehetnek:

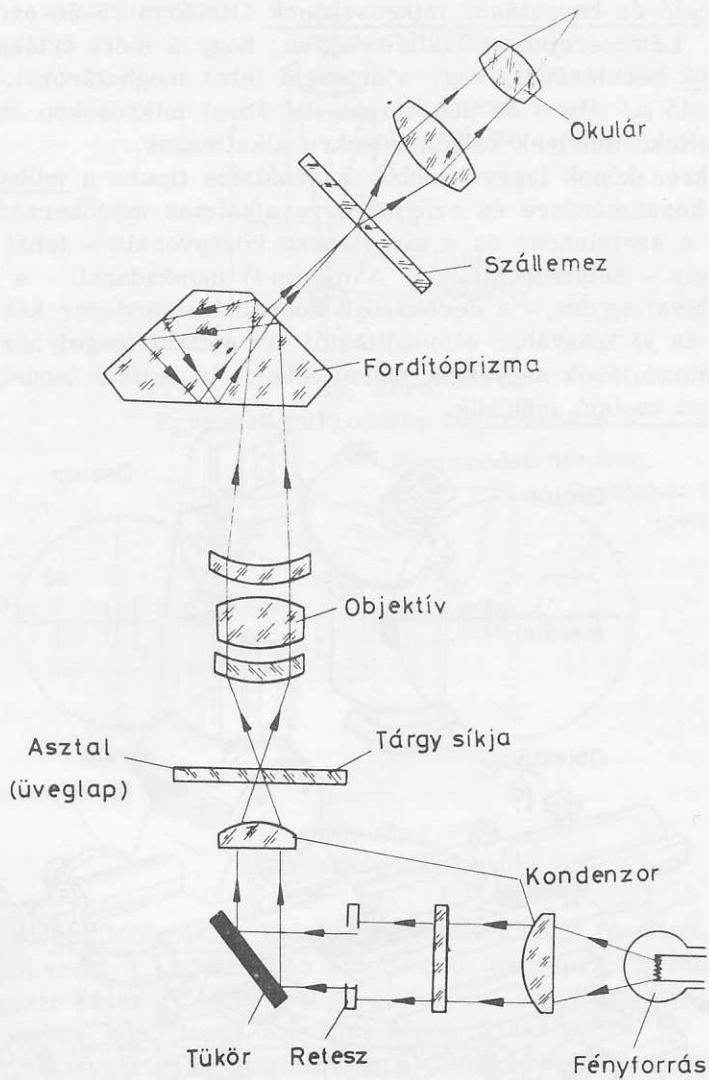
- becselő,
- beosztásos,
- mozgószálas és
- spirál mikroszkópok.

A becslő és beosztásos mikroszkópok általában 25-50-szeres nagyításuak. Látómezejük kialakítása olyan, hogy a mért értékeket az osztásközök becslésével, vagy nóniusszal lehet meghatározni. Az 53. ábrán becslő (a/ ábra) és beosztásos (b/ ábra) mikroszkóp látómezejét ábrázoltuk, amelyek szögmérésekre alkalmasak.

A mikroszkópok leggyakrabban használatos típusa a műhelymikroszkóp; hossz mérésre és szögmérésre alkalmas mérőberendezés. Méréskor a szemlencse és a tárgylencse középvonala - tehát az optikai tengely - helyzete állandó. A mérendő munkadarab - a mikroszkóp asztalával együtt - a derékszögű koordináta-rendszer két tengelyének (x és y) irányában elmozdítható. Az optikai tengelyhez viszonyított elmozdulások nagyságát mérni lehet. Az optikai tengely tehát mint optikai tapintó működik.



54a ábra
Műhelymikroszkóp
a) kivitel



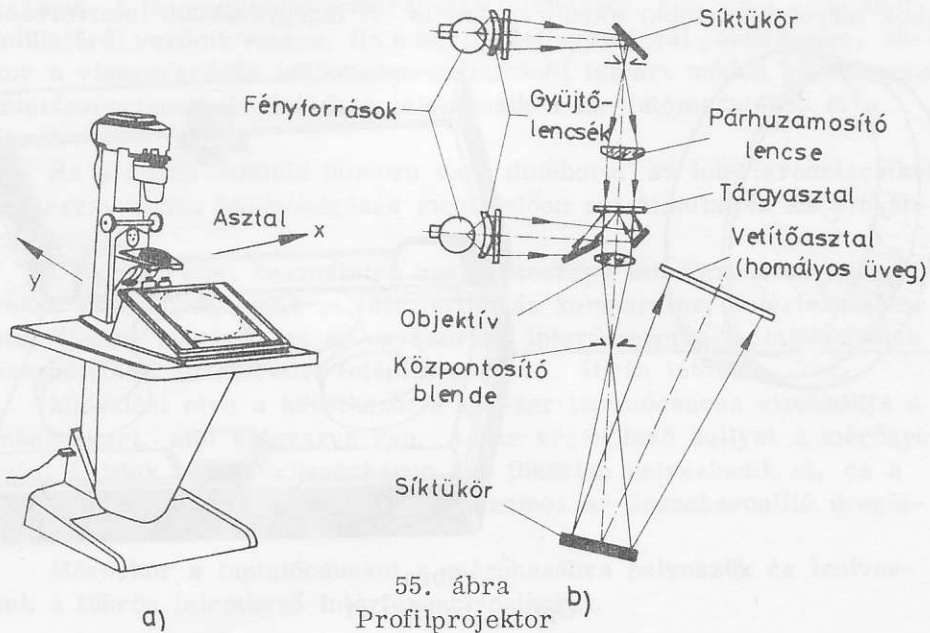
b)

54b ábra
Műhelymikroszkóp
b) sugármenet

Kialakítása az 54a, míg sugármenete az 54b ábrán látható.

Az állványon helyezkedik el a szánszerkezet, ami egymásra mérőlegesen irányban elmozdítható és mikrométercsavarokkal állítható. Erre a körbe forgatható körasztal van rögzítve. A körasztalra illeszkedik a szintén rögzíthető tárgyasztal, amelybe párhuzamosan csiszolt felületű, kb. 5 mm vastag üveglapot szerelnek a munkadarabok elhelyezésére. Az állvány hordja a függőleges síkban kb. $\pm 12^\circ$ -ra elbillenthető oszlopot is. Az oszlopon függőlegesen állítható - és a kívánt helyzetben rögzíthető - a mérőfej. Ez tartalmazza az okulárt és az objektívet, tehát az optikai tengelyt. Az okulár és az objektív cserélhető. Minden okulár nagyítása azonos (általában tízszeres). A különböző nagyítású objektívek (1; 1,5; 3 és 5-szörös) alkalmazásával a mikroszkóp nagyítása 10-50-szeres.

A mikroszkópot egy alul elhelyezett fényforrás világítja meg, ami- nek sugarait a kondenzorlencse párhuzamosítja és a rekeszen keresztül a tükörrre vetíti (54b ábra). A fényrekeszsel lehet a fényerőt változtatni. A tükör által eltérített párhuzamos sugarakat a kondenzor összegyűjti és az asztalon levő üveglapra vetíti. Az innen kilépő fény- sugarak az objektíven egy pentaprizmán és egy zöldszínű szállemezen keresztül az okulárba jutnak. A szemlencse a szállemezzel egy egy- séget alkot, ez a mikroszkóp okulárja. A szállemezen a mérésekhez szükséges különböző rajzolatokat készíthetnek.



Az előzőkben ismertetett megvilágítással az okulárban a munkadarab árnyképét észleljük. A műhelymikroszkóppal hosszmérést, szögmérést és profilmérést lehet végezni. Erre példák a mérési gyakorlatokban találhatók.

A vetítőkészülékek olyan optikai berendezéssel készülnek, amivel a tárgy képét ernyőn felfogjuk vagy a készülék asztalára felnagyítva kivetíthetjük.

Az optika olyan elrendezésű, hogy vetítéskor a tárgy valóságos, nagyított képe jelenik meg, amely jól szemlélhető, ellenőrizhető vagy mérhető.

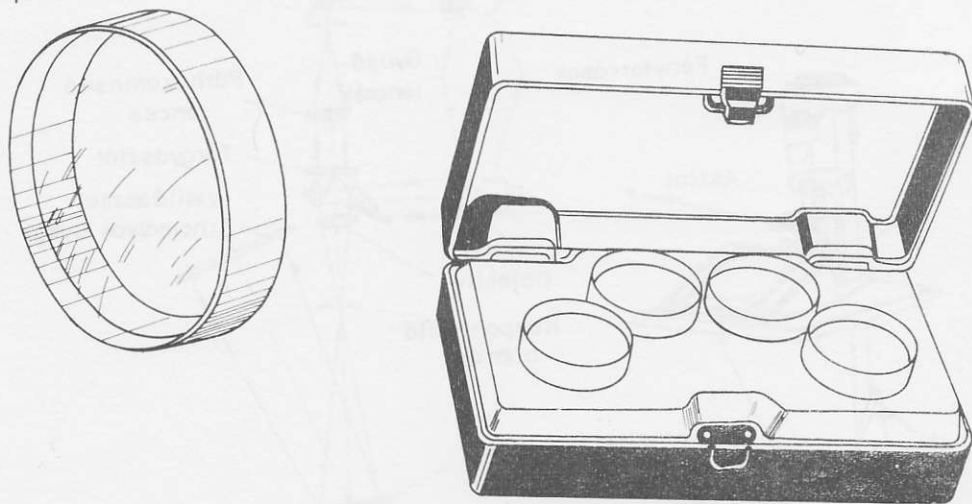
A vetítőkészülékek vagy projektorok kettős céllal: alakellenőrzésre vagy méretellenőrzésre készülnek.

Az 55. ábrán a Zeiss Művek "Projektor 320" típusu vetítőkészülék kivitele (a/ ábra) és a vetítő sugármenete (b/ ábra) látható. E projektor egyaránt alkalmas alak- és méretellenőrzésre.

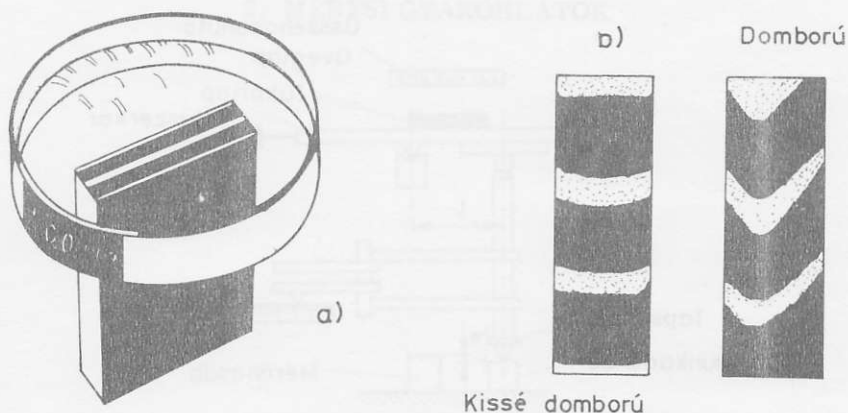
Az objektív cserélhető (un. revolverobjektív) így 25- vagy 50-szeres nagyítás érhető el.

A munkadarabot általában egyszerűen az asztalra helyezzük, de különböző tartozékok segítségével a munkadarabot csucsközök, ill. alakjának megfelelő helyzetben lehet mérni.

Az interferenciás műszereket főleg síkoptikai mérésekhez használjuk, de felhasználhatjuk különböző mérőműszerek (pl. mérőhasábok mérőfelületeinek) ellenőrzésére is. A legegyszerűbb interferencia



56. ábra
Optikai lapkészlet



57. ábra
Interferenciás mérés

mérő az optikai lap, amely lényegében egy 30–60 mm átmérőjű, 8–12 mm vastag síküvegtárcsa. Az optikai lapot a könnyebb kezelés céljából foglalatba rögzítik. Egyes mérési eljárásokhoz optikai lapokból álló készleteket állítanak elő (56. ábra).

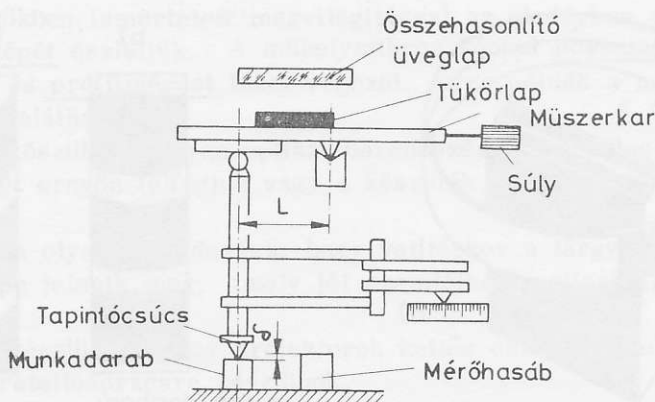
Az optikai lappal úgy mérünk, hogy a lapot a mérendő felületre (pl. mérőhasáb) helyezzük és a lapra egyszínű (monokromatikus) fényt bocsátunk. A fény egyrészt a mérőhasáb felületéről, másrészt a lap alsó felületéről verődik vissza. Ha a két felület egymással párhuzamos, akkor a visszaverődés különbsége a fizikából ismert módon párhuzamos interferenciacsikok alakjában jelentkezik a lap látómezejében (57a ábra).

Ha a hasáb felülete homorú vagy domború, az interferenciacsikok a visszaverődés különbségének megfelelően ezt kimutatják az 57b ábra szerint.

Laboratóriumi használatra nagy pontosságú interferenciás műszereket használnak, mint az interferenciás komparátor, interferométer stb. Üzemi mérésekhez az egyszerűbb interferenciás tapintókészülék használatos, aminek elvi felépítése az 58. ábrán látható.

Működési elve a következő: a műszer tapintócsucsa elmozdítja a műszerkart, ami élagyazva van. A kar végén levő sullyal a mérőnyomást állítjuk be. A műszerkaron egy tükörlap helyezkedik el, ez a mérőkarral elmozdul. A tükör párhuzamos az összehasonlító üveglemezzel.

Méréskor a tapintócsucot a mérőhasábra helyezzük és leolvassuk a tükrön jelentkező interferenciacsikokat.



58. ábra
Interferenciás tapintókészülék

Ezután a csucst át helyezzük a munkadarabra és ha annak mérete eltér a mérőhasábétól, akkor elmozdítja a tükrörlapot. Mivel most a tükrörlap az összehasonlító üveglemezhez képest más szöget zár be, megváltozik az interferenciacsíkok száma is. Az interferenciacsíkok számának különbsége és a műszer egyéb jellemzői megadják az eltérés (δ) nagyságát. Számítással:

$$\delta = \frac{L}{\alpha} (p-q) \frac{\lambda}{2},$$

ahol az L a tapintócsúcs és az élály tengelyének távolsága; α a tükrön levő két jel távolsága; p a mérőhasábon, q a munkadarabon leolvasott interferenciacsíkok száma; λ az alkalmazott fény hullámhossza.

A hosszmérőgépek szerkesztésének - és a vele való mérésnek - az alapja az Abbe-féle elv. Eszerint a mérési hibák minimálisra csökkenthetők, ha a mérce a mérendő tárgy egyenes vonalú folytatása és a mért érték a mérce közvetlenül leolvasható.

Megkülönböztetünk függőleges és vízszintes hosszmérőgépeket. Az Abbe-féle függőleges hosszmérőgépet a 2.10. mérésnél tárgyaljuk.

A mérés célja a mérték és a mérési eredmények gyakorlati, mérési feladatok megvalósítása érdekében az elvégzendő mérések meghatározása.

A mérés leírása

A mérési feladat (mely-mennyiség, mennyiségérték) általános elvű mérés, az a mérési pontosság 0,02 mm-el nagyobb lehet. Gyakorlatilag minden mérési feladat megvalósítható a mérési pontosság egy-egy mérési és 10. ábrán látható pontok.

Ez a mérés nem mérési - pontos a mérési pontosság, ezért a gyakorlatban legkevesebb három mérési pontosság a mérési pontosság. Ha az az 10. ábrán látható mérési pontosság pontosság az az egy-egy mérési és 10. ábrán látható pontosság.



10. ábra
Mérési pontosság meghatározása

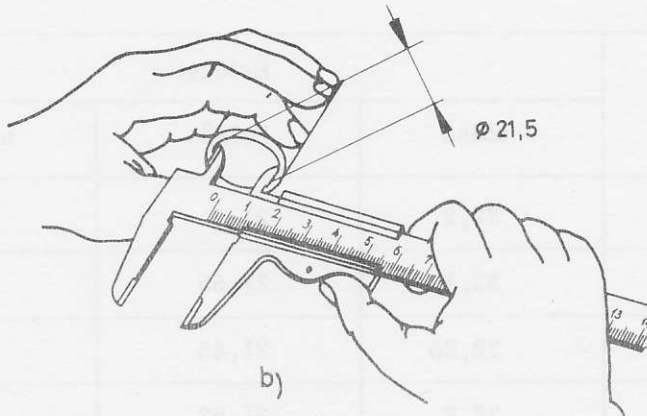
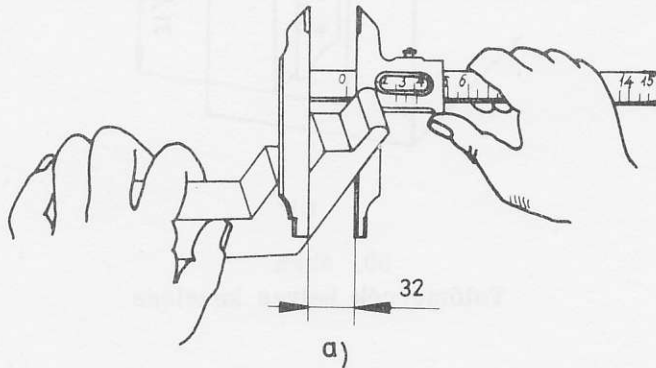
2.1. Mérés: Hosszmérés tolmércével és mikrométerrel

A mérés célja: a tolmércék és a mikrométerek kezelésének gyakorlása, mérési átlagértékek meghatározása különféle méretű sík és hengeres felületű alkatrészeken.

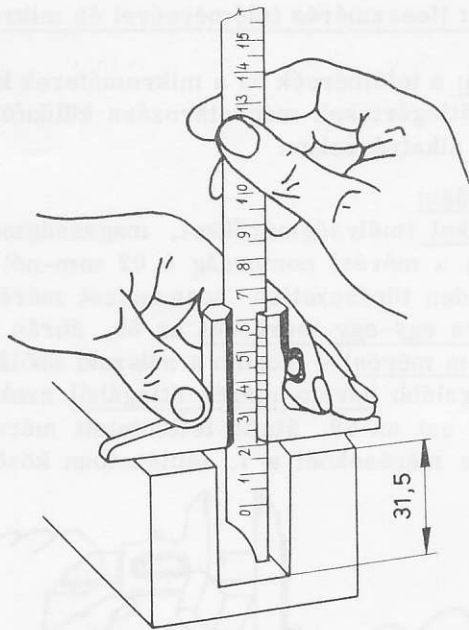
A mérés leírása:

A tolmércékkel (mélységmérővel, magasságmérővel) általában akkor mérünk, ha a mérési pontosság 0,02 mm-nél nagyobb lehet. Gyakorlatilag minden tűrésezetlen hosszmeret mérésére alkalmasak. Helyes kezelésükre egy-egy mérésnél az 59. ábrán található példák.

Egy mérés nem mérés! - mondja a műszaki szólás-mondás, ezért a gyakorlatban legalább három mérés átlagából szokásos a méretet meghatározni! Ha ezt az 59. ábrán feltüntetett méretekre vonatkoztatjuk és az egyes méréseknél a 7. táblázatban közölt méreteket kap-



59. ábra
Tolmércek helyes kezelése



c)

59. ábra
Tolómércék helyes kezelése

7. táblázat

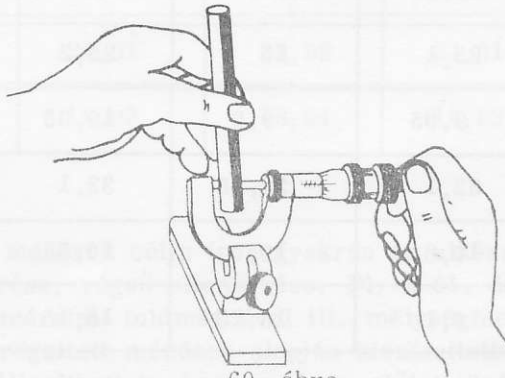
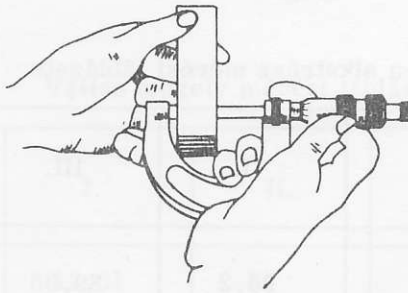
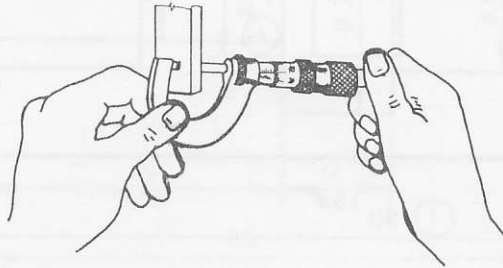
Mérések átlagolása

| Mérés | Értékei | | |
|--------|---------|-------|---------|
| | külső | belső | mélység |
| I. | 32,2 | 21,6 | 31,6 |
| II. | 32,15 | 21,55 | 31,65 |
| III. | 32,25 | 21,45 | 31,55 |
| Átlag: | 32,2 | 21,53 | 31,6 |

tuk, akkor azok átlaga az előírt tűrésezetlen méret követelményeinek megfelelő. A munkadarabok ezek alapján felhasználhatók.

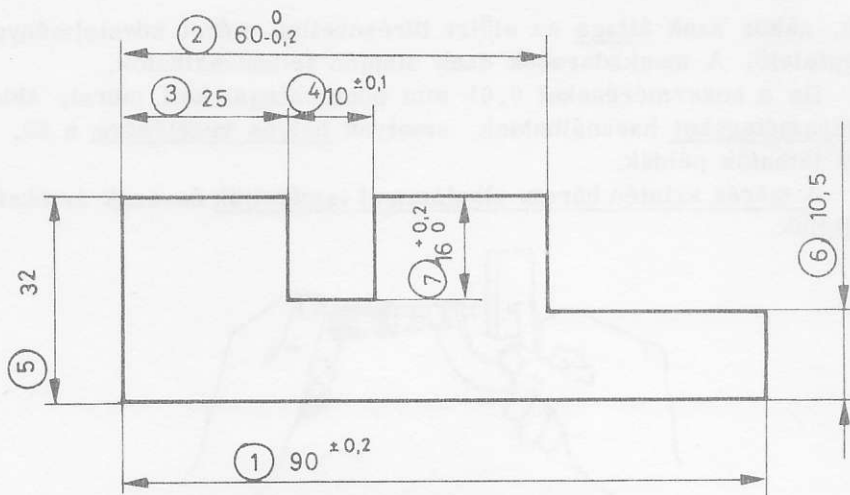
Ha a hosszmeréseket 0,01 mm pontossággal kell mérni, akkor mikrométereket használhatunk, amelyek helyes kezelésére a 60. ábrán láthatók példák.

A mérés szintén három alkalommal ismételjük és azok értékeit átlagoljuk.



60. ábra

Helyes mérés mikrométerrel

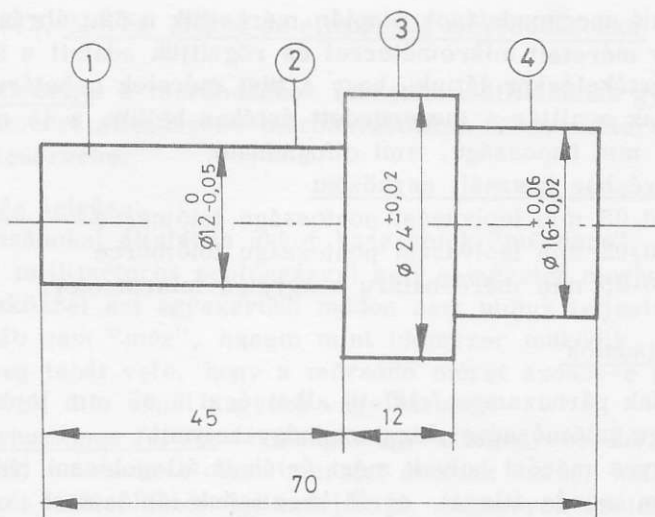


61. ábra
Siklapu alkatrész

8. táblázat

Siklapu alkatrész mérési táblázata

| Mérés helye | I. | II. | III. | Átlag |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 1. | 90,1 | 90,2 | 89,95 | 90,13 |
| 2. | 59,95 | 59,8 | 60 | 59,92 |
| 3. | 25,1 | 25 | 25,2 | 25,1 |
| 4. | 9,95 | 9,9 | 10,05 | 9,97 |
| 5. | 32,1 | 32,15 | 32,1 | 32,13 |
| 6. | 10,6 | 10,5 | 10,55 | 10,55 |
| 7. | 16,1 | 16,25 | 16,15 | 16,17 |



62. ábra
Vállas tengely

9. táblázat

Vállas tengely mérési táblázata

| Mérés helye | I. | II. | III. | Átlag |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 1. | 12,01 | 12 | 12,02 | 12,01 |
| 2. | 12,05 | 12,04 | 12,06 | 12,05 |
| 3. | 24,01 | 23,99 | 24,01 | 24 |
| 4. | 18,02 | 18,04 | 18,03 | 18,3 |

A műszaki mérések célja igen gyakran az elkészült alkatrészek méreteinek mérése, végső ellenőrzése. Pl. a 61. ábrán látható siklapu alkatrész méreteit tolmércével ill. mélységmérővel mérve a 8. táblázatban rögzített mérések alapján kiszámítottuk az átlagértékeket, majd megállapíthatjuk, hogy azok az előírt tűrésértékeken belüliek. Így az alkatrész a célra megfelelő.

Hasonló megfontolások alapján mérhetjük a 62. ábrán látható vál-
las tengely méreteit mikrométerrel és rögzítjük adatait a 9. táblázat-
ban. Az értékeléskor látjuk, hogy a türt méretek a határméreteken
belüliek, az ovalitás a megengedett értéken belüli; a 45 mm hosszú
csap 0,04 mm kupossága, ami elfogadható.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db 0,05 mm leolvasási pontosságú tolómérce
- 1 db 0,02 mm leolvasási pontosságú tolómérce
- 1 db 0-25 mm méréshatáru kengyeles mikrométer.

Mérési feladatok

1. Mérjük párhuzamos felületű alkatrészt 0,05 mm leolvasási pon-
tosságú tolómércével legalább négy helyen!
2. Az egyes mérési helyek mért értékeit átlagolással határozzuk meg
(három mérés átlaga), erről készítsünk táblázatot!
3. Mérjük 25-50 mm közötti külső átmérőt mikrométerrel! A mé-
rés eredményeit rögzítsük táblázatba! Számítsuk ki az átlagérté-
ket!
4. Mérjük 0-25 közötti belső átmérőt furatmikrométerrel! A mé-
rés eredményeit rögzítsük táblázatba! Számítsuk ki az átlagérté-
ket!

| Mérés helye | Mérés értéke | Átlag |
|-------------|--------------|-------|
| 1 | 0,05 | 0,05 |
| 2 | 0,05 | 0,05 |
| 3 | 0,05 | 0,05 |
| 4 | 0,05 | 0,05 |

2.2. Mérés: Mérés és ellenőrzés mérőhasábokkal

A mérés célja: a mérőhasábok méretösszeállításának gyakorlása, kül- és belméret ellenőrzése mérőhasábokkal. Mikrométerek pontosságának ellenőrzése.

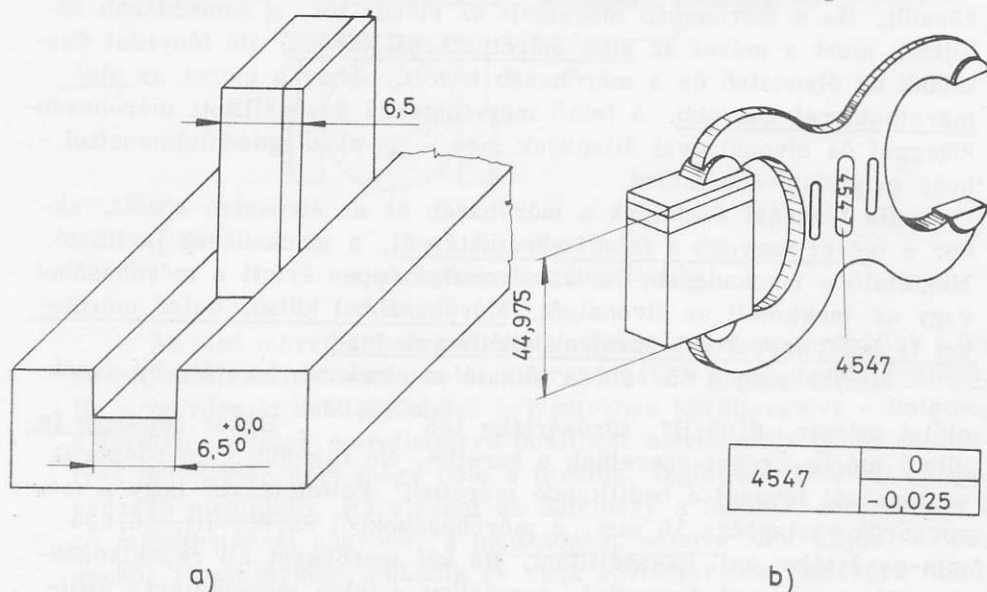
A mérés leírása:

Mérőhasábokat általában akkor használunk "mérésre", ha század vagy ezred milliméteres pontossággal kell a méretet meghatározni és más eszközzel ezt egyszerűbb módon nem tudjuk teljesíteni.

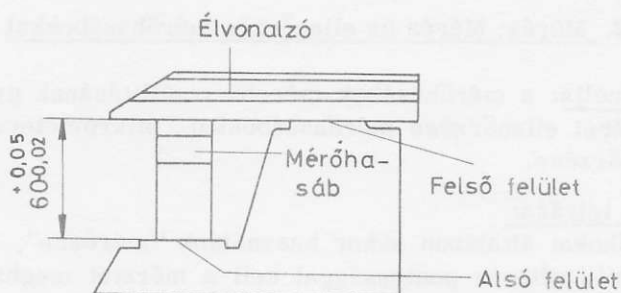
A mérőhasáb nem "mér", hanem mint idomszer működik. Azt állapíthatjuk meg tehát vele, hogy a mérendő méret azonos-e a mérőhasáb méretével, ill. annál nagyobb vagy kisebb.

Két párhuzamos felület távolságát úgy a legegyszerűbb mérni mérőhasábokkal, ha azokból olyan méretet állítunk össze, ami "huzósan" bemegy a két felület közé. Így mérjük pl. ékhornyok szélességét, villás idomszerek mérőfelületeinek távolságát, ezekre a 63. ábrán található példák. Az előzőekhez hasonló magasságmérésre (a mérőhasábok összeállításával) a 64. ábrán látható példa. A mérést, ahol a fe-

lületek távolságának mérete $60^{+0,05}_{-0,02}$ a következők szerint végezhető el:



63. ábra
Példák mérőhasábokkal való mérésre



64. ábra
Magasságmérés mérőhasábokkal

Először összeállítjuk a két értéket.

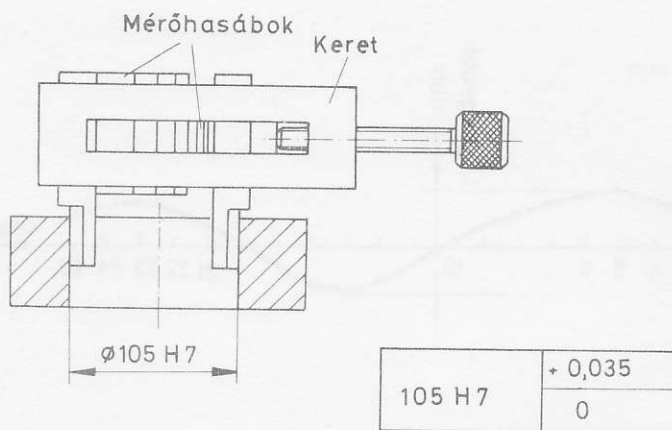
Az alsó határ: $59,98 = 50,00 + 8,00 + 1,98$.

A felső határ: $60,05 = 25,00 + 24,00 + 10,00 + 1,05$ (Ha csak egy készletünk van, a második értéket már csak négy mérőhasábból tudjuk összeállítani.)

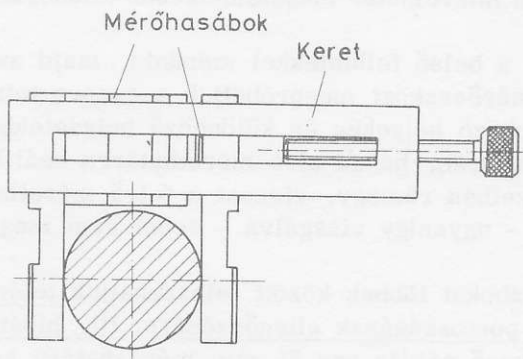
Helyezzük az alsó felületre az alsó mérethatárra (59,98-ra) összeállított mérőhasábköteget és a felső felületen fektessünk végig egy élvonalzót. Ha az élvonalzó éle éppen érinti a mérőhasáb felületét, akkor a munkadarab megfelel, a méret az alsó mérethatárra készült. Ha a mérőhasáb megemeli az élvonalzót, a munkadarab selejtes, mert a méret az alsó mérethatárnál kisebb. Ha fényrést észlelünk az élvonalzó és a mérőhasáb között, akkor a méret az alsó mérethatárnál nagyobb. A felső mérethatárra összeállított mérőhasábköteggel és élvonalzóval állapítjuk meg - az előző gondolatmenettel -, hogy megfelelő-e a méret.

Ha fényrést észlelünk a mérőhasáb és az élvonalzó között, akkor a méret nagyobb a felső mérethatárnál, a munkadarab javítható. Megfelelő a munkadarab, ha az élvonalzó éppen érinti a mérőhasábot vagy az megemeli az élvonalzót. Mérőhasábbal külső, belső méreteket is lehet mérni a tartozékok alkalmazásával.

Mérjük meg a 65. ábrán látható munkadarab furatát, ha annak előírt mérete $\varnothing 105 \text{ H7}$, tűrésértéke $105^{\circ} +0,035$. Ekkor domboru felületű mérőcsőröket szerelünk a keretbe. Ne feledjük a mérőcsőrök vastagságát levonni a beállítandó méretből! Feltételezve, hogy a mérőcsőrök vastagsága 10 mm, a mérőhasábokból 85,00, ill. 85,035 mm-es értéket kell összeállítani. Ha két mérőkeret áll rendelkezésre, akkor az egyiket az alsó, a másikat a felső mérethatárra állítjuk be. Ha nem, akkor először az alsó, majd a felső mérethatár értékét állítjuk össze.



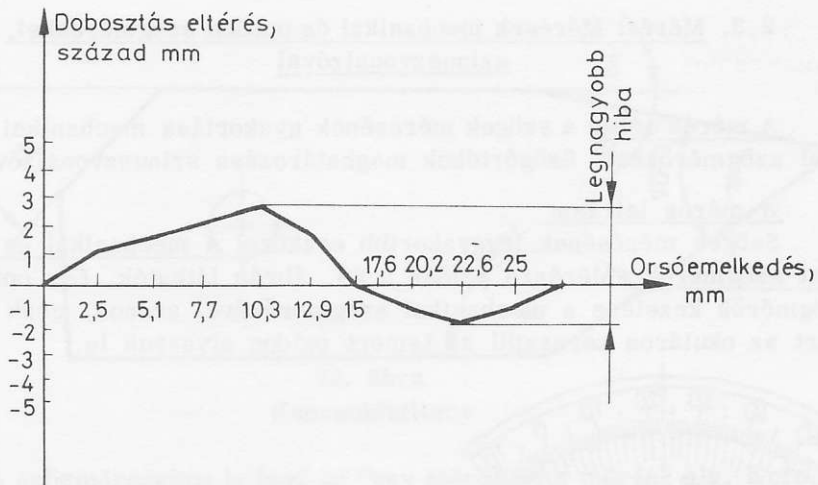
65. ábra
Furatmérés mérőhasábokkal



66. ábra
Csapmérés mérőhasábokkal

Az alsó mérethatárra beállított mérőcsőröket megpróbáljuk a furatba helyezni. Ha nem megy bele, a furat kicsi, a munkadarab javítható. Ha a mérőeszközt - különböző helyzetekben körülfordítva - belemegy a furatba, a felső mérethatárra beállított mérőeszköz pedig semmilyen helyzetben nem megy bele a furatba, legfeljebb belekap, a munkadarab megfelelő. Ha viszont ez belemegy a furatba, akkor az a felső mérethatárnál nagyobb, a munkadarab selejt. Mint látjuk, a mérőeszköz idomszerként működik és csak rövid furatok mérésére alkalmas.

Hasonlóképpen mérünk külső méretet, pl. csapot (66. ábra). Beállítjuk a mérőeszközt az alsó, ill. a felső mérethatárnak megfe-



68. ábra

Diagram mikrométer dobosztás ellenőrzéséhez

A méréshez használt eszközök:

- 1 db mérőhasábkészlet;
- 1 db 0-25 mm méréshatáru kengyeles mikrométer;
- 1 db mérőhasábrögzítő keret.

Mérési feladatok

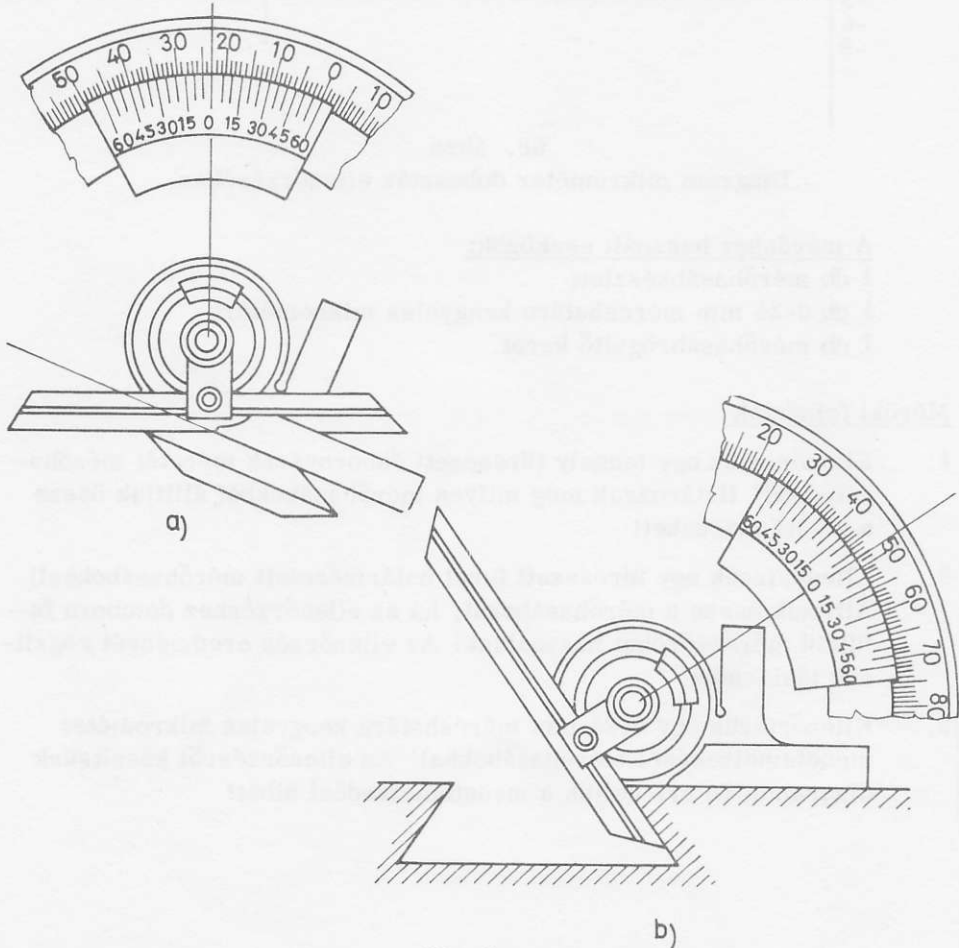
1. Ellenőrizzük egy tengely tőrésezett ékhornyának méretét mérőhasábokkal! Határozzuk meg milyen mérőhasábokból állítjuk össze a kívánt értékeket!
2. Ellenőrizzük egy tőrésezett furat határméreteit mérőhasábokkal! Állítsuk össze a mérőhasábokat, ha az ellenőrzéshez domboru felületű mérőcsőröket használunk! Az ellenőrzés eredményét rögzítsük táblázatba!
3. Ellenőrizzük egy 0,25 mm méréshatáru kengyeles mikrométer menetemelkedését mérőhasábokkal! Az ellenőrzésről készítsünk diagramot és értékeljük a menetemelkedési hibát!

2.3. Mérés: Mérések mechanikai és optikai szögmérőkkel, szinuszvonalzóval

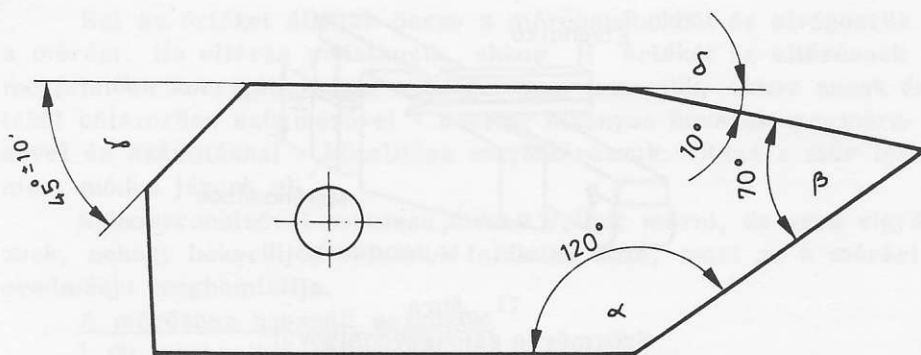
A mérés célja: a szögek mérésének gyakorlása mechanikai és optikai szögmérőkkel. Szögértékek meghatározása szinuszvonalzóval.

A mérés leírása:

Szögek mérésének leggyakoribb eszközei a mechanikai és az optikai szögmérők. Mérésre példák a 69. ábrán láthatók. (Az optikai szögmérők kezelése a mechanikai szögmérőkével azonos, csak a méretet az okuláron keresztül az ismert módon olvassuk le.)



69. ábra
Mérés állítható mechanikai szögmérővel



70. ábra
Kapsolókilincs

A szögmérésekre is igaz az "egy mérés nem mérés" elv. Erre példa a 70. ábrán (kapsolókilincs), ill. a 10. táblázatban látható.

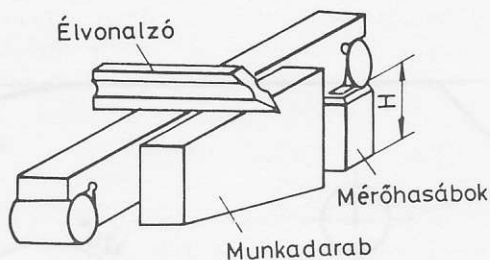
10. táblázat

Szögmérések mérési táblázata

| Mérés helye | I. | II. | III. | Átlag |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| α | 120° | 119° | 121° | 120° |
| β | $70^{\circ}15'$ | $70^{\circ}5'$ | $69^{\circ}50'$ | $70^{\circ}9'$ |
| γ | 45° | $44^{\circ}50'$ | $45^{\circ}10'$ | 45° |
| δ | $9^{\circ}50'$ | 10° | $10^{\circ}5'$ | $9^{\circ}55'$ |

A mechanikai vagy az optikai szögmérővel legfeljebb öt perc pontossággal tudunk szöget mérni. Sokkal pontosabban tudunk mérni a szinuszvonalzóval.

A mérés módja a 71. ábrán látható. A mérendő munkadarabot a mérőasztalon a szinuszvonalzó mellé állítjuk, majd annyi mérőhasábot rakunk a szinuszvonalzó alá, hogy a szinuszvonalzó és a mérőasztal felülete által bezárt szög egyezzen a munkadarab szögével. Ezt úgy állapítjuk meg, hogy az élvonalzót - a munkadarab két vé-



71. ábra
Szögmérés szinuszvonalzóval

gén - átfektetjük a szinuszvonalzón és a munkadarabon. Ha a két szög egyezik, nem jelenhet meg fénycsík az élvonalzó és a felületek között.

Tételezzük fel, hogy a szinuszvonalzó hossza $L = 100$ mm és a mérőhasábokból összerakott méret $H = 38,46$ mm.

A szög szinusza

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} = \frac{38,46}{100} = 0,3846.$$

Ebből a szög

$$\alpha = 22^{\circ}37'8''.$$

Mint látjuk, ez a mérés így hosszadalmas, bizonyos fokig találgatással állapítjuk meg a behelyezendő mérőhasábok értékét. A műszaki gyakorlatban a probléma kétféleképpen jelenik meg. Leggyakrabban ismerjük a szöget, ill. tudjuk - a rajz alapján -, hogy mekkorának kellene lennie. Ritkábban fordul elő, hogy ismeretlen szög értékét kell meghatározunk.

Ha ismerjük a szöget, akkor kiszámítjuk a szinuszvonalzó egyik vége alá behelyezendő mérőhasábok értékét. Tételezzük fel, hogy $L = 200$ mm-es szinuszvonalzóval meg kell mérnünk egy munkadarab szögét, aminek előírt értéke $\alpha = 6^{\circ}15'$.

ebből

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

$$H = L \sin \alpha = 200 \sin 6^{\circ}15',$$

$$H = 200 \cdot 0,10887 = 21,774 \text{ mm.}$$

Ezt az értéket állítjuk össze a mérőhasábokból és elvégezzük a mérést. Ha eltérés mutatkozik, akkor H értékét az eltérésnek megfelelően korrigáljuk. Ha a szöget nem ismerjük, akkor annak értékét célszerűen szögmérővel - esetleg bizonyos hosszak megméréseivel és számítással - közelítően meghatározzuk. Utána a már ismert módon járunk el.

Színuszvonalzóval pontosan tudunk szöget mérni, de arra vigyázunk, nehogy bekerüljön valami a felületek közé, mert az a mérési eredményt meghamisítja.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db mechanikai szögmérő;
- 1 db optikai szögmérő;
- 1 db színuszvonalzó;
- 1 db mérőhasábkészlet;
- 1 db élvonalzó;
- 1 db mérőasztal.

Mérési feladatok

1. Mérjük meg 90° -nál kisebb és $90-180^\circ$ között hajló felületű munkadarabot mechanikai és optikai szögmérővel! A végeredményt 3-3 mérés átlagolásával határozzuk meg! A mérés eredményeit táblázatban rögzítsük.
2. Határozzuk meg egy $60-90^\circ$ között hajló felületű munkadarab szögértékét színuszvonalzóval! Irjuk le a mérés menetét! Állítsuk össze a szükséges mérőhasábertékeket! Számítsuk ki a szögértékét! A mérés eredményét táblázatban rögzítsük.

Ellenőrző kérdések

1. Hogyan csoportosíthatjuk a hossz- és a szögmérőeszközöket kialakításuk és felhasználásuk szerint?
2. Mi a mérés és ellenőrzés közötti különbség, ezekhez milyen mérőeszközök alkalmasak?
3. Mit kell tudni a mérés alaphőmérsékletének betartásáról?
4. Milyen mérési módokat ismerünk, melyiket mikor alkalmazzuk?
5. Hasonlítsuk össze az állandó méretű és a változó méretet mérő hosszmérőeszközöket, soroljuk fel főbb típusait!
6. Mi jellemzi a mérőhasábokat, milyen mérésekre alkalmasak?
7. Mit nevezünk határmérő idomszereknek? Hasonlítsuk össze a villás és a dugós idomszer kialakítását!

8. Melyek a szabványos sablonok főbb típusai, milyen mérésekre alkalmasak?
9. Mit nevezünk különleges kivitelű tolómércéknek, soroljuk fel főbb típusait, alkalmazásuk területeit.
10. Milyen összefüggés alapján határozzuk meg a csavarmikrométerek leolvasási pontosságát?
11. Soroljunk fel példákat különböző kivitelű mikrométerekre és alkalmazásukra!
12. Mit nevezünk merev szögmértékeknek, hasonlitsuk össze a szögmérőhasábokkal!
13. Hogyan használhatjuk fel a szögmérőhasábokat?
14. Soroljuk fel a változó méretet mérő szögmérőeszközök főbb típusait, alkalmazásukat különböző szögmérésekhez!
15. Hasonlitsuk össze a mechanikai és az optikai szögmérő nóniuszának kialakítását és a leolvasásuk módját a 17. és a 19. ábrák alapján!
16. A 22. ábra alapján magyarázzuk meg a szinuszvonalzó felhasználását szögmérésre!
17. Melyek a mechanikai hosszmerések általános szabályai?
18. Miért szükséges valamely méretet legalább három mérés átlagából megállapítani?
19. Mi a célja a mérés eredménytáblázatainak és a diagramok készítésének?

2.4. Mérés: Mérések mérőórákkal. Mérőóra összehibadiagram- -felvétele

A mérés célja: az összehasonlító hosszmerések gyakorlása század, ill. ezred mm leolvasási pontosságú mérőórákkal. Mérőóra pontosságának ellenőrzése az összehibadiagram értékelése alapján.

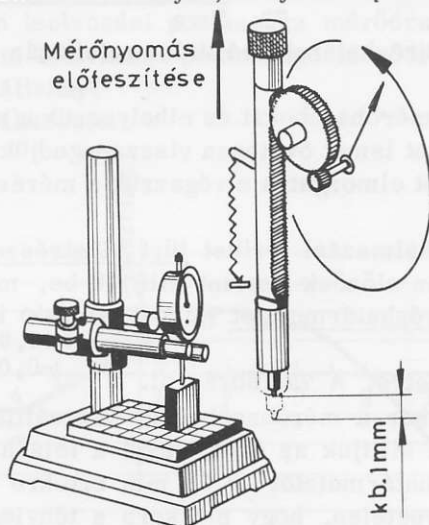
A mérés leírása:

Az összehasonlító hosszmérőeszközökkel való mérések és ellenőrzések gyakorlati ismerete a szakember számára nélkülözhetetlen.

Ezekkel század vagy ezred milliméter (esetleg még nagyobb) pontossággal mérhetünk a mérőeszköztől függően. Valamennyi műszer közös jellemzője, hogy közvetett mérésre alkalmas. Előbb a kívánt hosszmeretet mérőhasábokkal összeállítjuk, majd a mérőeszköz 0-ra állítása után végezzük el a mérést.

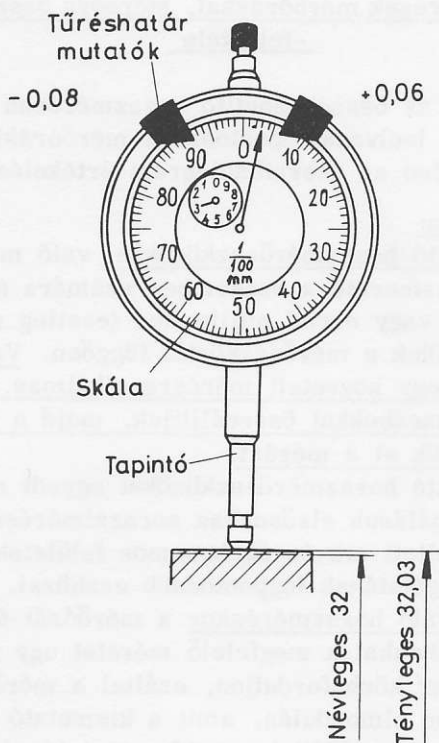
Az összehasonlító hosszmérőeszközöket egyedi méréseknél alkalmazzuk, de felhasználásuk elsősorban sorozatméréseknél gazdaságos. A hosszmerések mellett sík és párhuzamos felületek, egytengelyűség, körülfutás stb. vizsgálatának legpontosabb eszközei.

A mérőórával való hosszmeréskor a mérőórát állványba rögzítjük, majd mérőhasábokkal a megfelelő méretet úgy állítjuk be, hogy a mutató kb. egyszer körbeforduljon, ezáltal a mérőnyomást biztosítjuk. Ez kb. 1 mm elmozdulás, amit a kismutató jelez a mm-skálán. Ezután az órát 0-ra állítjuk, majd a tapintószárat óvatosan meg-



72. ábra

Hosszmerés elve mérőórával



73. ábra
Tűrészatárok beállítása mérőórán

emelve kivesszük a mérőhasábokat és elhelyezzük a mérendő alkatrészt. Ezután a tapintószárat ismét óvatosan visszaengedjük a mérendő felületre és a munkadarabot elmozgatva elvégezzük a mérést. Elve a 72. ábrán látható.

Igen gyakori alkalmazási terület türt alkatrészek sorozatmérése, ekkor a mérőórát az előzőek szerint állítjuk be, majd a 0-állító gyűrűre szerelt két tűrészatármutatót (piros színűek) beállítjuk az alsó $+0,06$ és a felső határméretre. A 73. ábrán pl. a $32^{-0,08}$ méretű alkatrészek sorozatmérésekor a mérőhasábokból összeállított 32 mm-es névleges mérettel 0-ra állítjuk az órát, majd a felsőhatármutatót $+0,06$ mm, az alsóhatármutatót $-0,08$ mm értékre állítva mérünk. A mérés során lényegtelen, hogy mekkora a tényleges méret (az ábrán pl. 32,03), csak azt figyeljük, hogy a munkadarab mérete az alsó és a felső határ közötti legyen.

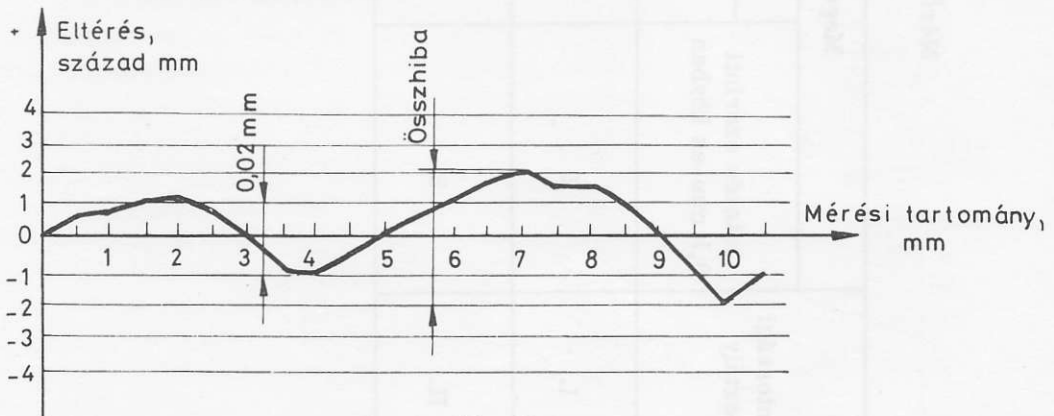
A mérőóráknak az áttételezésekből, vezetésekből stb. adódóan rendszeres hibái vannak. Ezekből adódóan az un. megengedett hibák alapján a mérőórákat pontossági osztályokba sorolják. Ez látható a 11. táblázatban.

A mérőórákat időnként ellenőriznünk kell, hogy megengedett hibáik az előírt értéken belül vannak-e. A mérőóra ellenőrzését a leolvasási pontosságuktól függően mérőhasábokkal végezzük. Ennek többféle módszere van. Például egy 0,01 mm pontosságú, II. osztálypontosságú mérőóra ellenőrzését egyszerű módon úgy végezzük el, hogy a mérőórát állványba rögzítjük, majd 0,1 mm-es lépcsőzéssel, mérőhasábokkal a mutató kitérését ellenőrizve az eltéréseket diagramba rögzítjük. A 74. ábrán egy ilyen diagram látható, amelyben az egyszerűség kedvéért az ellenőrzést 0,5 mm-es lépcsőzésekkel erősen nagyítva ábrázoltuk. Az ilyen görbét összhibadiagramnak nevezzük. Az ábrát értékelve látjuk, hogy az összhiba 0,04 mm, ami azonban csak a végkitérés közelében jelentkezik. Mivel 9 mm-es méréstartomány alatt az összhiba 0,02 mm, tehát a mérőóránk megfelel a 11. táblázatban a II. osztálypontosságú követelményeknek, így továbbra is felhasználható.

Az értékelésből valamint a teljes mérési tartományra megengedett hibából azt is látjuk, hogy a mérések során a skála tört részének becslése értelmetlen.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db 0,01 mm leolvasási pontosságú mérőóra;
- 1 db 0,001 mm leolvasási pontosságú mérőóra;
- 1 db mérőóraállvány;
- 1 db mérőhasábkészlet.



74. ábra
Mérőóra összhibadiagram

Mérőórák megengedett hibái (MSZ 15560)

| Pontossági osztály | Megengedett eltérés, μ m-ben | | | | Megismételt mérések közti eltérés, μ m-ben |
|--------------------|--------------------------------------|--|----|----|--|
| | tetszés szerinti 0,1 mm-es közben | 1 | 5 | 10 | |
| | | mm mérési tartomány teljes mérési közében | | | |
| I. | 5 | 6 | 12 | 15 | 2 |
| II. | 8 | 11 | 20 | 25 | 4 |

Mérési feladatok

1. Mérjünk 0,01 mm leolvasási pontosságú mérőórával türesezett síkfelületű kissorozatu (5-10 db) munkadarabokat. A mérőórát mérőhasábokkal állítsuk be a névleges méretre, majd nullázás után a csuszakákat az alsó és a felső határméretre! A mérés eredményeit rögzítsük táblázatba!
2. Végezzük el egy 0,01 mm leolvasási pontosságú mérőóra ellenőrzését, hibagörbéjének felvételét! Határozzuk meg az ellenőrzés lépéseit, valamennyi mérési ponton a mérőóra hibáját! Rajzoljuk meg a hibagörbét, értékeljük a mérés eredményét!

2.5. Mérés: Helyzetellenőrzések mérőórával

A mérés célja: a párhuzamosság, sugár- és tengelyirányu ütész vizsgálata. Egytengelyűség vizsgálata.

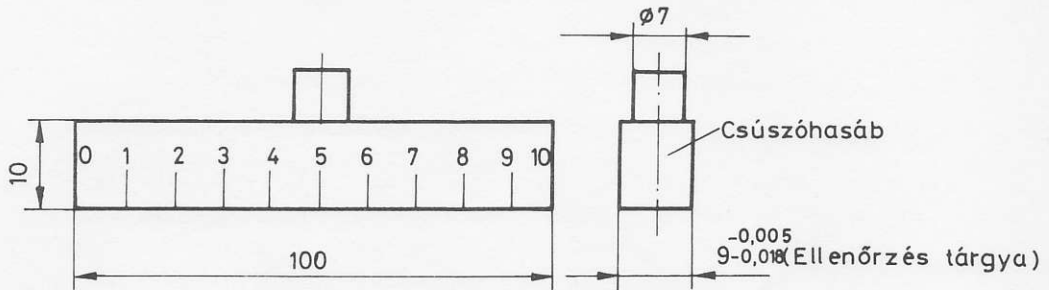
A mérés leírása:

A mérőórák (ill. finomtapintók) segítségével un. helyzetellenőrzéseket, mint

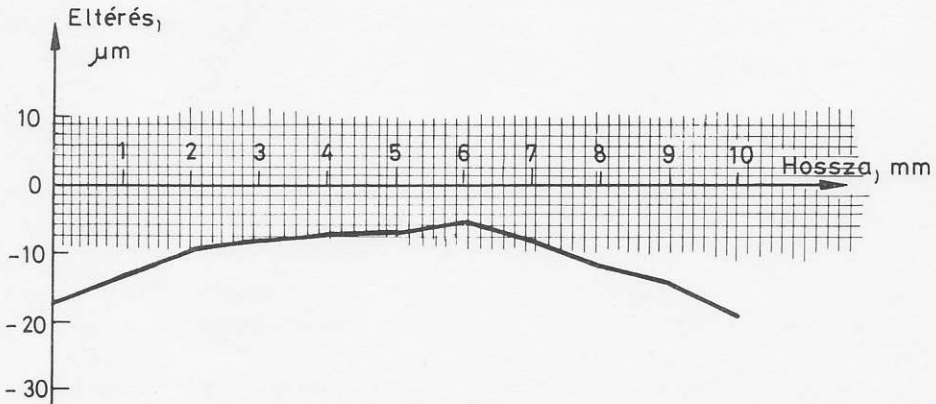
- síkszerűség,
- párhuzamosság,
- alakhűség,
- sugár- és tengelyirányu ütész,
- egytengelyűség stb.

végezhetünk.

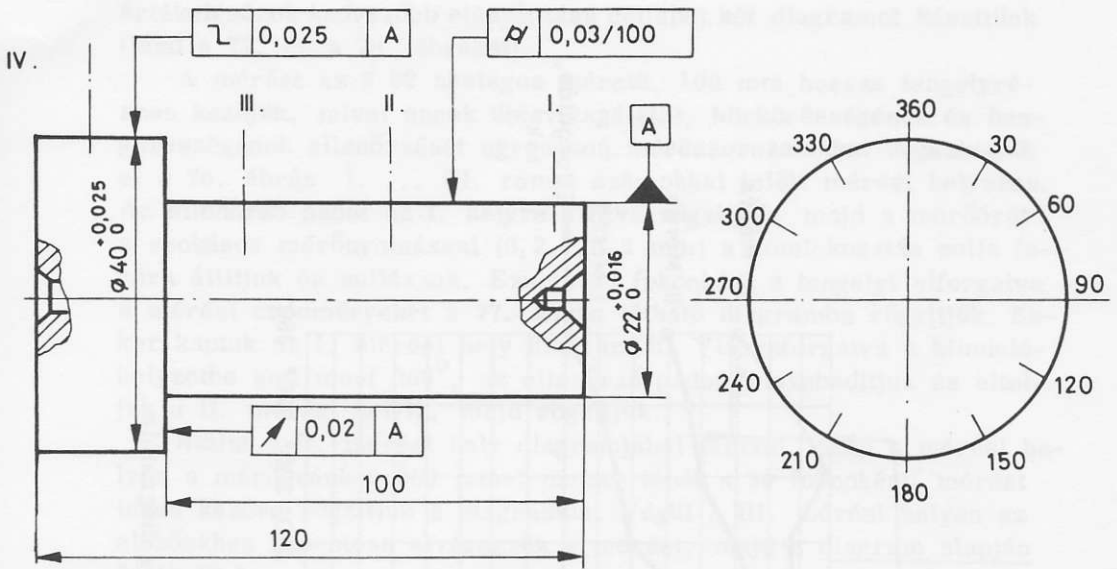
Párhuzamosság ellenőrzését végezzük el a 75a ábrán látható csúszóhasábban. Az ellenőrzéshez 0,001 mm leolvasási pontosságú mérő-



a) Rajza



75. ábra
Csúszóhasáb párhuzamosság mérése



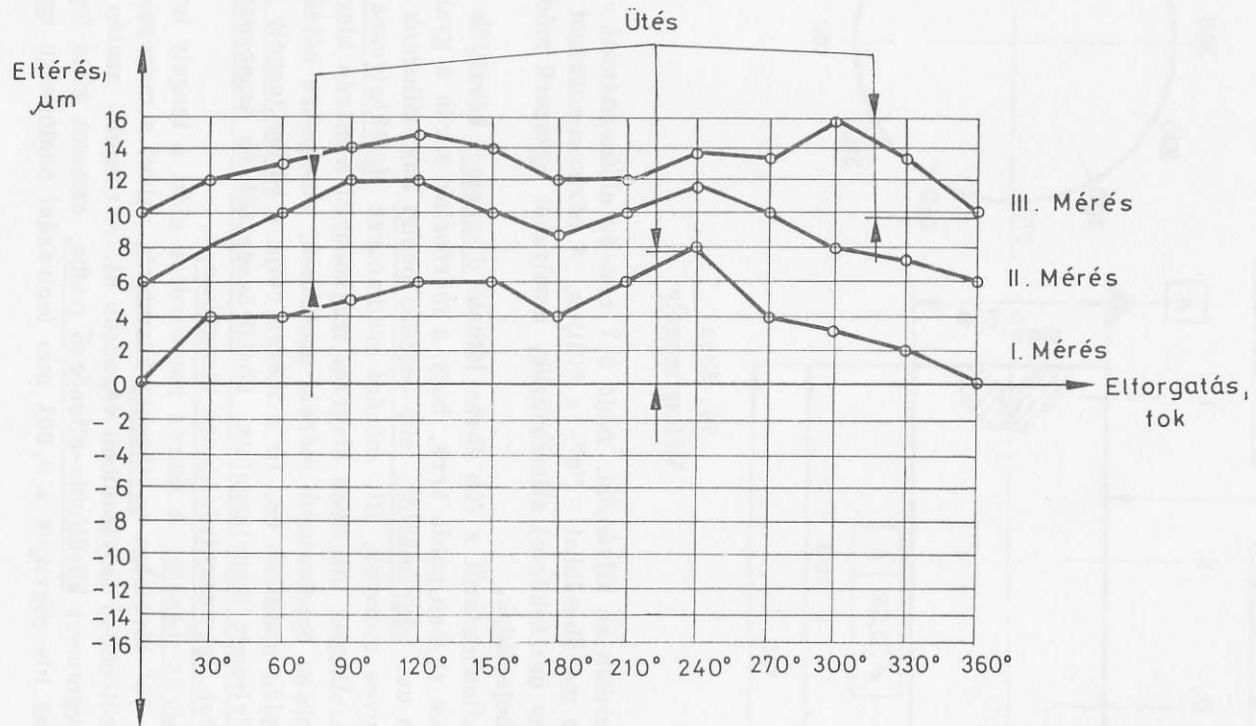
76. ábra
Vállas tengely

órát rögzítünk az állványba, majd 0,1 mm-es előfeszítéssel - egy 9 mm-es mérőhasábbal - "0"-ra állítjuk. A párhuzamosságot kb. 10 mm-es osztásközzel ellenőrizzük, amelyeket egyszerű módon cezurával bejelölünk.

Az ellenőrzésről a 75b ábrán látható diagramot készítjük el. A diagram egyben példa arra, hogy a méréseink során a gyakorlatban ilyen ún. négyzethálós, mm-osztású papírt használhatunk fel, mivel az egyes méretek, ill. mérési eredmények léptékhelyesen gyorsan ábrázolhatók. Az ilyen diagram megkönnyíti a mérés kiértékelését különösen összetettebb mérési esetekben, amelyekre példát a 76. ábra alapján mutatunk be. Itt a mérés célja a vállas tengely sugár- és tengelyirányú ütészvizsgálata, körkörösségének és hengerességének ellenőrzése, egytengelyűségének vizsgálata.

A mérés menete. A mérés megkezdése előtt a tengely homlokfelületén 30° távolságu osztásokat készítünk, mivel a méréseket a tengely különböző helyzetekben végezzük el. A tengelyt ezután a 26. ábrán megismert körülfutás-ellenőrző padba, csucsk közé fogjuk. Ugyancsak ide rögzítjük a 0,001 mm leolvasási pontosságú mérőórát is.

A mérés eredményeinek rögzítésére diagramot készítünk elő. A jelen példánkhoz a mérések jobb megértésének, ill. a diagram



77. ábra
 Ütés, hengeresség, körkörösség diagramja

értékelésének kedvezőbb elsajátítása céljából két diagramot készítünk (lásd a 77. és a 78. ábrákat).

A mérést az $\emptyset 22$ névleges méretű, 100 mm hosszú tengelyrészeken kezdjük, mivel ennek ütészivsgálatát, körkörösségének és hengerességének ellenőrzését ugyanazon méréssorozatokkal végezhetjük el a 76. ábrán I. ... III. római számokkal jelölt mérési helyeken. Az ellenőrző padot az I. helyre állítva rögzítjük, majd a mérőórát a szokásos mérőnyomással (0,2...0,3 mm) a homlokosztás nulla fokára állítjuk és nullázzuk. Ezután 30 fokként a tengelyt elforgatva a mérési eredményeket a 77. ábrán látható diagramba rögzítjük. Ekkor kaptuk az I. mérési hely diagramját. Visszaforgatva a kiindulási helyzetbe ami most 360° , az ellenőrző padot felszabadítjuk és eltoljuk a II. mérési helyig, majd rögzítjük.

Amint a II. mérési hely diagramjából látható, ezen a mérési helyen a mérőóránk 0,006 mm-t mutat, tehát a 30 fokkénti mérést innen kezdve rögzítjük a diagramba. Végül a III. mérési helyen az előzőekhez hasonlóan elvégezzük a mérést, majd a diagram alapján értékelünk.

A diagramból a következők olvashatók ki:

az ütés mindhárom helyen 0,01 mm alatti, legnagyobb az I. mérési helyen 0,008 mm;

a tengely az előírt hengerességi követelménynek megfelel, mivel kupossága a diagram alapján 0,03 mm alatti;

a diagramok jó közelítéssel egymásra illeszthetők (fedik egymást), ami azt jelenti, hogy a körkörösség a teljes hossz mentén azonos és előírt értéken belüli.

A mérés következő fázisaként ellenőrizzük $d_2 = 40$ átmérő egy-tengelyűségét, amelyhez átállítjuk az ellenőrző padot a IV. mérési helyre és az előzőekhez hasonlóan elvégezzük a mérést. A mérés eredményeit a 78. ábrán látható diagramba rögzítjük, amelybe berajzoltuk az előzőleg mért d_1 tengely legnagyobb ütésdiagramját.

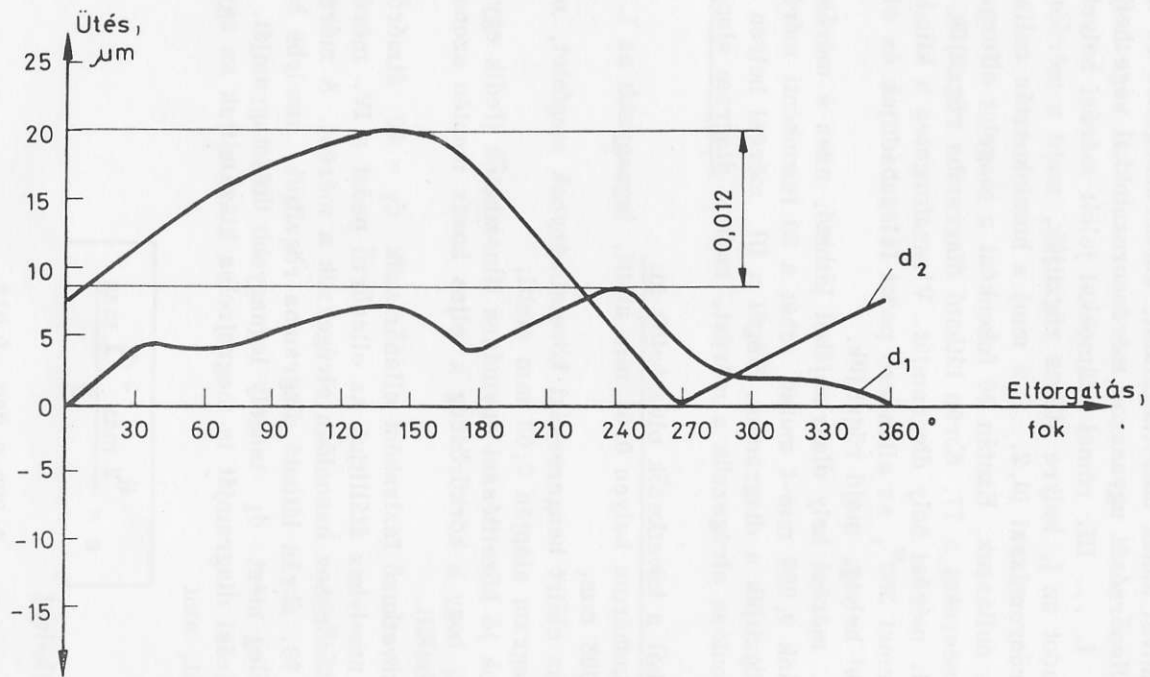
A d_2 mérési diagramját is megrajzolva kiszámítjuk az egytengelyűség hibáját, ami

$$e = \frac{d_2 \max - d_1 \max}{2}$$

a diagram értékeivel

$$e = \frac{0,020 - 0,008}{2} = \frac{0,012}{2} = 0,006 \text{ mm,}$$

tehát jóval a rajzon megengedett értéken belül van.



78. ábra
Egytengelyűség diagramja

A mérés befejező fázisaként az oldalütést ellenőrizzük. A mérőórát 90° -kal elforgatva az \emptyset 40-es méret külső széléhez állítjuk, majd nullázzuk. Ezután körülfordatva a tengelyt megmérjük az oldalütést.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db 0,01 mm leolvasási pontosságú mérőóra;
- 1 db mérőóraállvány;
- 1 db 0,001 mm leolvasási pontosságú mérőóra;
- 1 db körülfutásellenőrző pad.

Mérési feladatok

1. Mérjük meg mérőórával egy hosszú, türt méretű ék vagy retesz párhuzamosságát! Jelöljük ki a mérési pontokat, majd végezzünk 3-3 mérést! A mérési eredményeket rögzítsük táblázatba, átlagoljuk és a mérés eredményeit értékeljük!
2. Végezzük el egy vállas tengely sugárirányú ütészvizsgálatát, valamint egytengelyűségének ellenőrzését! Az ütészvizsgálatról készítsünk milliméterbeosztású lapon diagramot! A diagram értékei alapján határozzuk meg számítással az egytengelyűség hibáját! Értékeljük a mérések eredményét!

2.6. Mérés: Sorozatmérés mérőórával

A mérés célja: a tömeggyártásban készült alkatrészek méretszóródásának vizsgálata. Mintavétel alapján a méretszórás meghatározása, a szórásgörbe (Gauss-görbe) alapján.

A mérés leírása:

Sorozatmérésekre elsősorban tömeggyártásokban kerül sor, ahol a tűrésezett alkatrészek méretei alapján azt kell eldönteni, melyek a jók, a javíthatók, ill. a selejtek. Kisebb sorozatoknál a méréseket az alkatrész alakjától függően, bármilyen mutatós összehasonlító hosszmérő-eszközzel elvégezhetjük és a mérések alapján azokat osztályozhatjuk.

Például 300 db $\varnothing 8^{+0,02}$ méretű csapot kell ellenőriznünk sorozatméréssel, akkor a mérést a 37. ábrán megismert passzaméterrel viszonylag egyszerűen és gyorsan elvégezhetjük. A mérések alapján a csapokat 0,001 mm-es emelkedésű méretcsoportba osztályozzuk, majd diagramban értékeljük a gyártás pontosságát.

Tételezzük fel, hogy a mérések során az egyes csoportokban a 12. táblázatban látható eredményeket kaptuk. A táblázat értékelő sorában látható, hogy a csapok többsége a tűrészhatáron belül készült, egy része javítható, míg kisebb része végleges selejt. A táblázatból azt is látjuk, hogy a legtöbb csap mérete szerint a névleges méret körül sűrűsödik, míg a többi ettől az alsó, ill. a felső mérethatár felé és azontul is "szóródik".

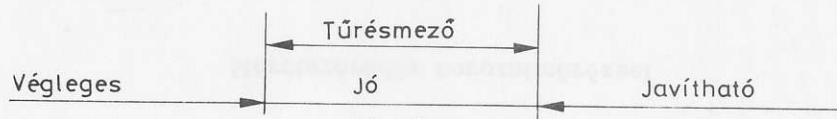
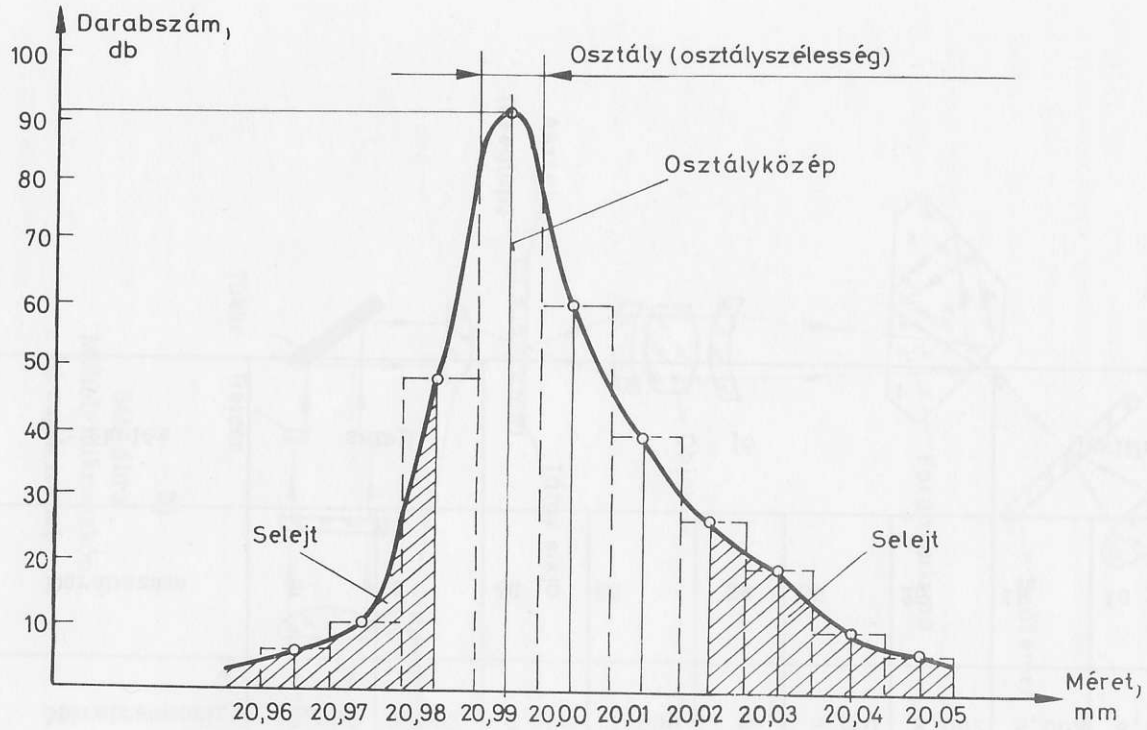
A műszaki gyakorlatban ezt a méretszóródást az un. matematikai statisztika módszereivel grafikusan szokás ábrázolni. Erre a következő példát mutatjuk be.

Palástköszörűgépről lekerült 320 db $\varnothing 20^{+0,02}$ méretű csapot megmérve a következőkben osztályoztuk 0,001 mm-es emelkedéssel:

| Csoport | Méret | Darab |
|---------|-------|-------|
| 1. | 19,96 | 6 |
| 2. | 19,97 | 10 |
| 3. | 19,98 | 48 |
| 4. | 19,99 | 92 |
| 5. | 20 | 60 |
| 6. | 20,01 | 40 |
| 7. | 20,02 | 26 |
| 8. | 20,03 | 20 |
| 9. | 20,04 | 10 |
| 10. | 20,05 | 8 |

Méretszóródás sorozatméréssel

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-----------|-------|-------|--|
| Méretcsoport | 7,996 | 7,997 | 7,998 | 7,999 | 8 | 8,001 | 8,002 | 8,003 | 8,004 | 8,005 | |
| Darabszám | 5 | 8 | 46 | 86 | 58 | 36 | 25 | 18 | 10 | 8 | |
| Értékelés | selejt | | jó | | | | | javitható | | | |



79. ábra
Elosztási (Gauss)-görbe

A grafikus értékeléshez elkészítjük a 79. ábrán látható koordináta-rendszert, aminek függőleges tengelyére a darabszámokat viszszük fel meghatározott léptékben. Egy-egy osztályba oly módon soroljuk a csapokat, hogy azokat az ún. "osztályközép" jellemezze. Az ábránkon például a 19,99 osztályközép jellemzi mindazon 92 db csapot, amelyek mérete 19,986... és ...19,995 közé esik.

A grafikont oly módon készítjük, hogy felvesszük az osztályszélességeket, majd megrajzoljuk az osztályközepét jellemző egyenest, erre felmérjük a darabszámot az adott léptékben. A kapott pontokat folytonos burkolóvonallal összekötve az ún. "sűrűség görbét" kapjuk, amit alakja miatt haranggörbének is neveznek.

A görbe azt is megmutatja, hány munkadarab és milyen mértékben tér el az előírt mérettől, ezért szórásgörbének is nevezik, mert tartalmazza a munkadarabok méretszórását. Az eloszlás, ill. a szóródás előbbi matematikai-statisztikai összefüggéseivel először Gauss foglalkozott, ezért ezt a görbét Gauss-görbének is nevezik.

A görbéből megállapíthatjuk, hány munkadarab van túrésen belül, mennyi a javítható (méret fölötti) és a végleges (méret alatti) selejt. Nagypontosságú illeszkedő alkatrészeknél (pl. gördülőcsapágy-gyártásnál) az illeszkedő alkatrészeket (pl. a gördülő testeket) a túrésen belül osztályozzák. A különböző osztályokba tartozó munkadarabokat általában szinjelzéssel különböztetik meg. A mi esetünkben a csap gyártási túrése 0,04 mm és - amint az ábrán látható - 0,01 mm-ként osztályoztuk.

A pneumatikus és a villamos sorozatmérő eszközök alkalmasak az osztályozásra is. A különböző osztályoknak megfelelően kialakított vezérlőberendezések a munkadarabokat a megfelelő rekeszbe juttatják.

A szóródási görbe nagysorozatú gyártás esetében a gyártás gazdaságosságának elemzésére is felhasználható. Ekkor a nagyszámú alkatrészből mintákat vesznek és ezek alapján elemzik a szórást.

A méréshez használt eszközök:

1 db mérőóra (0,01 vagy 0,001 mm pontosságu);

1 db mérőóraállvány;

1 db mérőhasábkészlet.

Mérési feladatok:

1. Mérjük meg egy túrésezett alkatrész sorozatból vett 40-50 db-os minta méreteit és a túrésmező alapján soroljuk osztályokba!
2. Az osztálybasorolás alapján rajzoljuk meg a szórásgörbét (elosztásgörbét) és elemezzük a mérés eredményét!

Ellenőrző kérdések

1. Mi jellemzi az összehasonlítás elvén működő hosszmérőeszközöket mérési tulajdonságaik és szerkezeti felépítésük szerint?
2. Soroljuk fel és csoportosítsuk az összehasonlító hossz mérés eszközeit!
3. Mire alkalmasak a mérőórák, milyen a működésük elve és a kivitelük?
4. Mi a mérési elve a mechanikai áttételezésen alapuló finomtapintóknak?
5. Mi a különbség a miniméter és a mikroteszt között?
6. Mire alkalmas a mikrokátor, mi a mérési elve?
7. Mire alkalmas az ortoteszt, mi határozza meg az áttételét?
8. A 36. és a 37. ábrák alapján magyarázzuk meg és hasonlitsuk össze a tapintóemeltyűs mikrométer és a passzaméter mérési elvét!
9. Készítsünk vázlatot a pneumatikus mérésről, magyarázzuk meg működésük elvét!
10. Mire alkalmasak a pneumatikus műszerek?
11. Milyen mérésekre alkalmasak az összehasonlító hossz mérőeszközök?
12. Hogyan mérünk türesezett hossz méretet mérőórával?
13. Hogyan ellenőrizzük a mérőórákat, mit nevezünk összhibadiagramnak?
14. Milyen helyzetellenőrzéseket végezhetünk mérőórával?
15. Hogyan mérünk párhuzamosságot mérőórával?
16. Hogyan mérünk ütést és egytengelyűséget mérőórával?
17. Mi a körülfutást ellenőrző pad rendeltetése, milyen méréseket tesz lehetővé?
18. Mi a mérési diagramok készítésének célja?
19. Hogyan számítjuk ki különböző átmérőjű tengelycsapok egytengelyűség-hibáját?
20. Hogyan ellenőrizzük különböző vállfelületek oldalütését?
21. Mikor alkalmazunk sorozatmérést?
22. Milyen célra és hogyan készítünk szóródási görbét?
23. Mi olvasható ki a szóródási görbéből nagysorozatu tömeggyártásban?
24. Hogyan mérhetünk méret- és alakhűséget furatmérő órával?

2.7. Mérés: Belső és külső kup mérése

A mérés célja: a belső és a külső kupos alkatrészek kupszögmérésének gyakorlása mérőgolyókkal és mérőgyűrűvel. Kupszögszámítások.

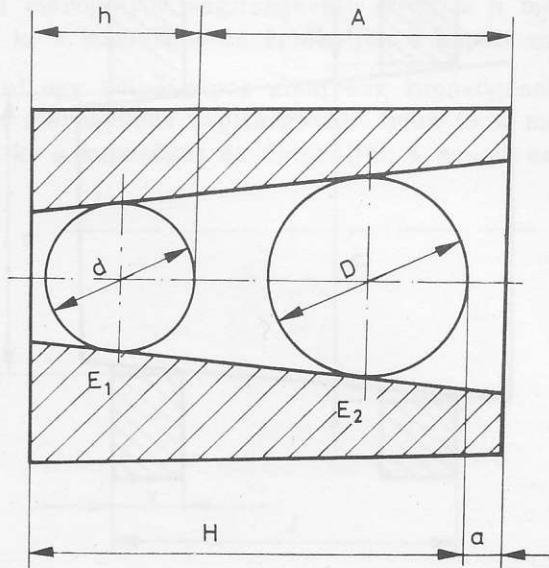
A mérés leírása:

A belső kupok mérését golyókkal és mélységmérő mikrométerrel végezzük a 80. ábra alapján. Előbb a kupos furatba egy kisebb d átmérőjű golyót helyezünk és lemérjük A távolságát a kup homlokfelületétől, majd egy nagyobb D átmérőjű golyót ehelyezve annak az a távolságát lemérve a félkupszöget a következő összefüggés alapján számítjuk:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2(A - a)},$$

Példa

$d = 10 \text{ mm}; \quad D = 15 \text{ mm}; \quad A = 40 \text{ mm}; \quad a = 10 \text{ mm}$



80. ábra
Belső kupszögmérés golyókkal

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{15 - 10}{2(40 - 10) - (15 - 10)} = \frac{5}{55} = 0,0909$$

$$\arcsin 0,0909 = 5^{\circ} 45'$$

A teljes kupszög ennek kétszerese, azaz $\alpha = 10^{\circ} 26'$.

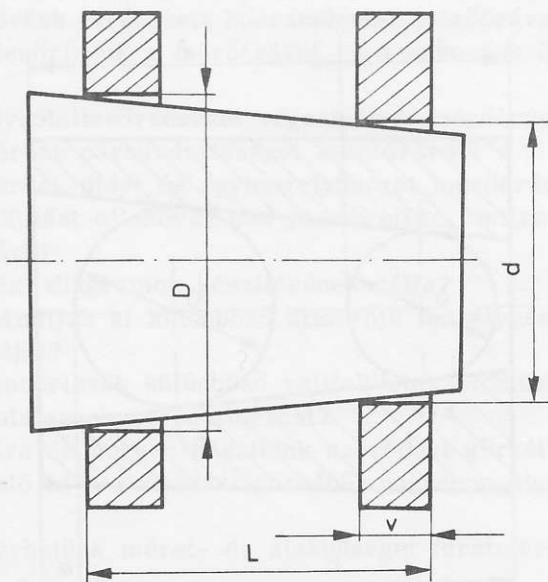
A külső kupok mérésének legegyszerűbb módja a mérőgyűrűvel való mérés (81. ábra). Lényege: ha két különböző, de ismert belső átmérőjű gyűrűt óvatosan ráhuzunk a kupra és lemérjük a kupon felfekvő élvonalaik távolságát, a kupszöget kiszámíthatjuk a korábban tárgyalt összefüggés alapján:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2(L - v)}$$

Példa

A 41. ábra alapján a következő méreteket rögzítettük:

$$D = 60 \text{ mm}; \quad d = 55 \text{ mm}; \quad L = 125 \text{ mm}; \quad v = 10 \text{ mm}.$$



81. ábra
Külső kupmérés gyűrűkkel

Igy

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D-d}{2(L-v)} = \frac{60-55}{2(125-10)} = \frac{5}{230} = 0,021;$$

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} 0,021 = 1^{\circ} 13'.$$

A teljes kupszög ennek kétszerese, azaz

$$\alpha = 2^{\circ} 26'.$$

A méréshez használt eszközök:

- 1 db mikrométer;
- 1 db tolómérce;
- 1 db mélységmérő mikrométer;
- 1 db mérőasztal;
- 2 db mérőgolyó;
- 2 db mérőhüvely.

Mérési feladatok

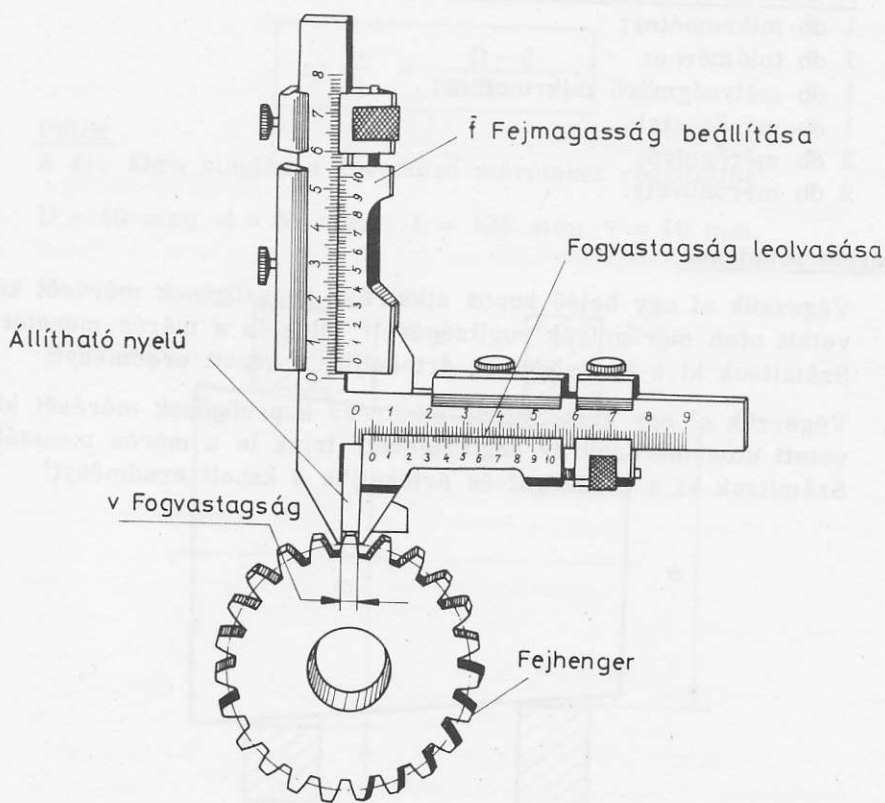
1. Végezzük el egy belső kupos alkatrész kupszögének mérését közvetett uton mérőgolyók segítségével! Irjuk le a mérés menetét! Számítsuk ki a kupszöget és értékeljük a kapott eredményt!
2. Végezzük el egy külső kupos alkatrész kupszögének mérését közvetett uton mérőgyűrűk segítségével! Irjuk le a mérés menetét! Számítsuk ki a kupszöget és értékeljük a kapott eredményt!

2.8. Mérés: Fogaskerék elemeinek mérése

A mérés célja: az egyenesfogu, hengeres fogaskerek geometriai jellemzőinek (fogvastagság, kör- és alaposztás) mérési gyakorlata.

A mérés leírása:

A fogvastagságot egy fogon fogvastagságmérő tolómércével mérjük a 82. ábra szerint. Ekkor a két, egymásra merőleges mérőszáru - fogtolómérce függőleges szárán az \bar{f} korrigált fejmagasságot állítjuk be, majd az így beállított tolómércét - a beállított mérőfelülettel - ráállítjuk a mérendő fogaskerék fejhengerére.



82. ábra
Fogvastagságmérő tolómérce beállítása

A vízszintes mérőszáron a tolókat úgy állítjuk, hogy mindkét mérőfelülete a fog profiljával érintkezzen. Ezután a vízszintes nóniuszon leolvassuk a fogvastagság értékét. (A fogtolómérő nóniusza 0,02 mm-es.)

Nagy gondossággal járjunk el méréskor, különben hibás mérési eredményt kapunk. Ennek elkerülésére a tolómérőt úgy helyezzük a kerékre, hogy függőleges szárának iránya egyezzen meg a kerék függőleges középvonalának irányával. Ebben a helyzetben bal kezünkkel enyhén szorítsuk a kerékre. Ezután jobb kezünkkel állítsuk be a vízszintes szár tolokáját. Ezt annak figyelembevételével végezzük, hogy ha ezt túl közel állítjuk, akkor a függőleges szár mérőfelülete elemelkedik a fejhengerről és a ténylegesnél kisebb vastagságot, ellenkező esetben a ténylegesnél nagyobb méretet mérünk. Jól állítottuk be a mérőeszközt, ha oldalról ránézve, mindhárom mérőfelület érintkezik a fog megfelelő felületével, tehát sehol nem észlelünk hézagot.

Példa

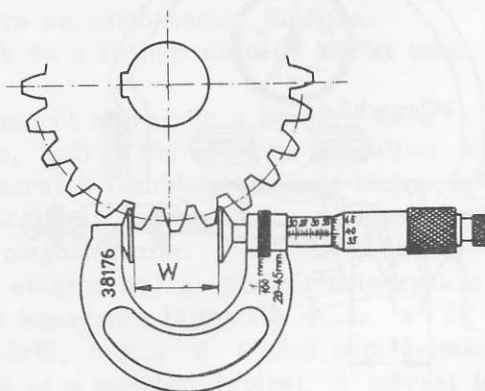
Számítsuk ki az $m = 8$ mm és $z = 40$ fogszámu egyenes fogu elemi kerék \bar{f} fejmagasságát és \bar{v} hurmértét! A 4. táblázatból $B = 1,0154$ és $A = 1,5703$. Tehát

$$\bar{f} = mB = 8 \cdot 1,0154 = 8,1232 \approx 8,12 \text{ mm.}$$

Ezt az értéket kell a fogtolómérce függőleges szárán beállítani. A hurmértet kiszámításakor figyelembe kell venni a foghézagot is. Tételezzük fel, hogy a hézag miatt a fogat $0,20$ - $0,30$ m-rel a névlegesnél vékonyabbra kell készíteni. Tehát

$$\bar{v} = mA = 8 \cdot 1,5703 = 12,5624 \approx 12,56^{+0,20}_{-0,30}$$

a mérendő hurmértet, amit a vízszintes nóniusznak mutatnia kell. Jól jegyezzük meg: a fogvastagság türését mindig a névleges értékhez adjuk meg.



83. ábra
Többfogmért mérése

Több fogméretet a tárcsás mikrométerrel úgy mérünk, hogy a fogszámától függően meghatározott számu fogat közrefogunk a mérőfelületekkel (lásd a 83. ábrán). A mérőeszközt bármilyen helyzetben tarthatjuk, csak az a fontos, hogy a mérőfelületek a fogoldalak működő részével (tehát pl. nem a foglábbal) érintkezzenek. A mérést a kerék fogszámától függően 3-6 helyen megismételjük, az értékeket feljegyezzük, majd összehasonlítjuk a megadott tűréssel.

A mérést itt is oly módon végezzük el, hogy egy-egy méretet háromszor mérünk, majd a 8. táblázathoz hasonlókat készítve az eredményeket átlagoljuk.

Példa

Mekkora a $z = 25$ fogszámu elemi, egyenes fogazatu kerék többfogmérete, ha $m = 6$ mm?

A 4. táblázatból $z = 25$ -nél $n = 3$, tehát a többfogméretet 3 fogon kell mérni.

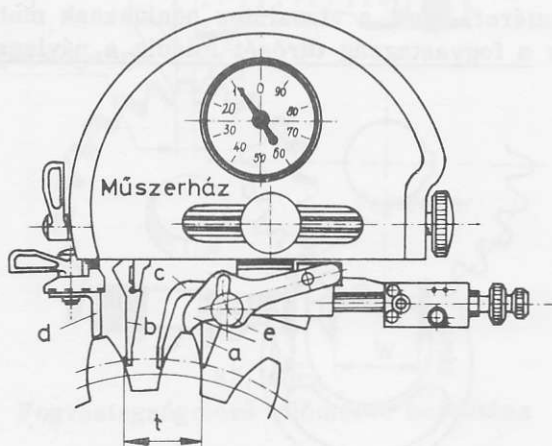
A táblázatból $m = 1$ mm-re

$$W'_n = 7,73047,$$

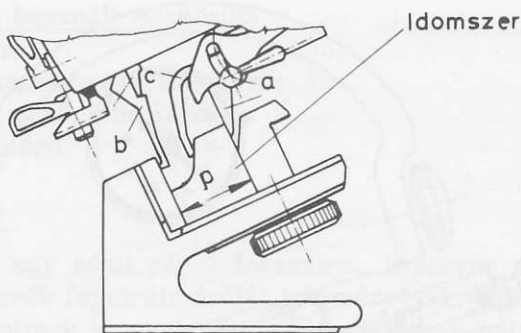
így

$$W(6) = mW'_n = 6 \cdot 7,73047 = 46,3828 \text{ mm}.$$

Ez a többfogméret névleges értéke, ami hézagmentes fogazásra vonatkozik. Tehát ezt a méretet a foghézag csökkenti, amelyet az egyfogméréshez hasonlóan kell meghatározni.



84. ábra
Osztásmérő műszer



85. ábra
Osztásmérő beállítása idomszerrel

Az osztásmérés vonatkozhat a körösztás, ill. az alaposztás mérésére. Az osztásméréseket a 84. ábrán látható osztásmérő műszerrel végezzük el, amit a műszerbe beépített 0,001 mm leolvasási pontoságú mérőóra, valamint az 5 db a...d jelű tapintó tesz lehetővé.

Ha körösztást akarunk mérni, akkor az osztásmérő készüléket beállító idomszerrel (85. ábra) lehet beállítani, az a és a b tapintók között.

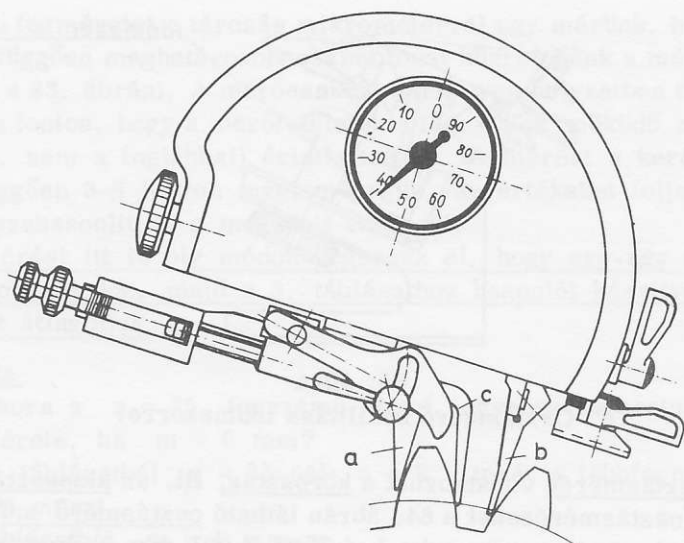
Mivel az a tapintó a jobb oldali menetes orsóval a b tapintó csucsától - bizonyos határok között - tetszőleges távolságra állítható, így az idomszerrel az a belső felülete és b hegye között állítjuk be a mérni kívánt P osztásértékét.

Ezután a d és az e ütközőket úgy kell beállítani (pl. mérőhátsákkal), hogy - ezeket a kerék fejhengerére helyezve - a b és a c tapintó hegye az osztóhengert tapintsa.

Az ütközők és a tapintó csucskok között tehát a fejmagasságot kell beállítani.

Az osztásmérőt helyezük a kerékre és a c támasztóütközőt úgy állítsuk be, hogy a fog oldalára szoruljon. Ezzel az a és a b tapintó is rászorul a fogoldalakra, ami biztos érintkezést és jó felfekvést biztosít. Ilyen beállítással a mérőeszköz helyzete a keréken egyértelműen meghatározott.

Méréskor először az e ütközőt helyezük a fejhengerre. Ezután a mérőeszközt könnyedén billentsük el az a és a c között elhelyezkedő fog körül, míg a d ütköző nem érintkezik a fejhengerrel. Végül olvassuk le a mutatott értéket. A mérést ismételjük meg foganként és az értékeket jegyezzük fel. A mért és számított érték közötti legnagyobb eltérés a körösztáshiba.



86. ábra
Alaposztás mérése

Az alaposztás mérését szintén az osztásmérővel végezzük a 86. ábra szerint.

Az alaposztás mérésekor a d és az e ütközőkre nincs szükségünk (l. a 84. ábrát). Ezért d-t kiszereljük, e-t pedig olyan helyzetbe állítjuk, hogy ne érintkezzék a fejhengerrel. Az a és a b tapintók szerepe ugyanaz, mint a körosztásmérésnél. A beállító idomszerrel a már ismertetett módon kell a műszert beállítani, természetesen alaposztás-beállító idomszert kell alkalmazni.

A beállító idomszer mérete változik a modul és a kapcsolószög függvényében. Beállítás után a műszert helyezzük a kerékre (86. ábra), majd a c ütközőt úgy állítsuk be, hogy az a tapintó belső felülete a profil érintse. Ezután a mérőeszközt billentsük el könnyedén az a és a c által befogott fog körül, míg a mutató a legkisebb értéket nem mutatja. Ezt az értéket feljegyezzük. Ily módon az a-val érintkező profil érintőjére merőlegesen, a két szomszédos, azonos irányú evolvens által kimetszett távolságot, az alaposztást mérjük. Egyszerűség miatt a gyakorlatban az alaposztásmérést használjuk.

Osztásmérésekhez gondosan tisztítsuk meg a fogakat. Szakszerűtlen sorjázás hibákat okoz. Gondosan gyakoroljuk a pontos méréshez szükséges műszerbillentést. Mérjünk legalább háromszor ugyanazon a két fagon! A mérés eredményeit itt is táblázatban átlagoljuk.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db tolómérő;
- 1 db fogvastagságmérő tolómérő;
- 1 db többfogmérő mikrométer;
- 1 db osztásmérő.

Mérési feladatok

1. Mérjük meg egy adott páros fogszámu, hengeres, egyenes fogazásu fogaskerék fejkörátmérőjét tolómércével (3 mérés átlagolásával), számítsuk ki modulját, majd elemezve határozza meg szabványos értékét!
2. Mérjük meg egy-egy fogon a fogvastagságot fogvastagságmérő tolómércével, a 4. táblázat adatainak felhasználásával! A mérés és a számítás eredményeit rögzítsük táblázatba és értékeljük!
3. Mérjük meg a többfogméretet a kerület három különböző helyén és számítsuk ki a többfogméretet a 4. táblázat segítségével! A mérés eredményeit rögzítsük táblázatba és értékeljük.
4. Mérjünk egy adott fogszámu és modulu fogaskeréken alaposztást! Mérjünk legalább háromszor ugyanazon a fogon! A mérés eredményeit rögzítsük táblázatba és értékeljük!

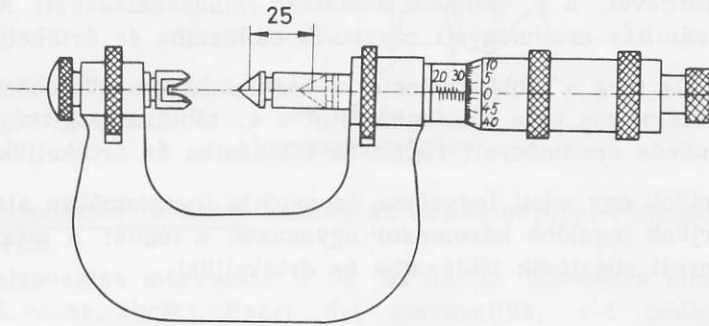
2.9. Mérés: Menetek mérése, ellenőrzése

A mérés célja: a menetek elemeinek mérése és ellenőrzése. A metetes orsó-, ill. anya minősítése.

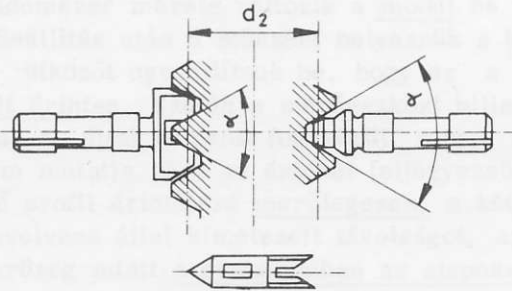
A mérés leírása:

Mérés menetmikrométerrel. A menetmikrométer felépítése egyezik az egyszerű mikrométerével. A különbség az, hogy kengyelébe és mikrométerorsójába olyan betétpárok helyezhetők, amik közép-, ill. magátmérő mérésére alkalmasak (87a ábra).

A középátmérő méréséhez alkalmas betétpárat egy kupos és egy hornyos betét (87b ábra) alkotja. A betétek mérőfelületeinek szöge (α) egyezik a mérendő menet szelvényyszögével. Figyeljük meg az ábrán,



a)

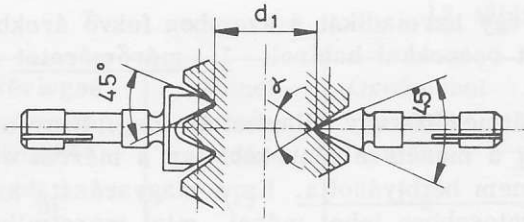


b)

87. ábra

Mikrométer

a) menetmérő mikrométer; b) középátmérő mérés betétekkel



c)

87c ábra

Mikrométer

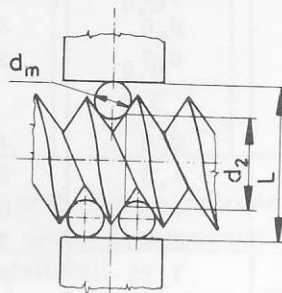
c) magátmérő mérés mérőbetétekkel

hogy a mérőfelületek annyira csonkítottak, hogy csak a középátmérő környékén érintik a menetszelvényt. Így a menet szelvénytől adódó mérési hiba csökkenthető. Még így is - nagyobb meneteknél - kb. $20 \mu\text{m}$ a mérési hiba. Ezért a menetek pontos mérésére nem alkalmas. Előnye, hogy gyorsan, egyszerűen lehet vele mérni, ezért üzemben szívesen használják.

A mikrométerhez tartozik egy beállítóetalon, amivel a mérési határ legkisebb mérete beállítható. Ez a céljuk a különböző menetes beállítóetalonoknak is.

Ugyanilyen betétpár készül a magátmérő méréséhez is. A különbség az, hogy a mérőfelületek szöge 45° -os (87c ábra), hogy feltétlenül a magot mérjék. A megfelelő betétpárok elhelyezése után megmérjük a kívánt méretet, amelyet a mikrométer noniuszról leolvasva összehasonlítunk a táblázati értékkel.

Mérés menetmérő csapokkal. A középátmérő mérésére gyakran alkalmazzuk a háromcsapos mérési módszert (88. ábra). Méréskor az egyik oldalon két mérőcsapot helyezünk a két szomszédos árokba, a



88. ábra

Három mérőcsapos mérés elve

másik oldalon egy harmadikat a szemben fekvő árokba. A menetárkokba helyezett csapokkal határolt L mérőméretet mikrométerrel mérjük.

A csapok átmérőjét úgy állapították meg, hogy azok a középmérőn érintsék a menetszelvényeket. Így a mérési eredményt a profil szöghibája nem befolyásolja. Ez a magyarázata annak, hogy mérőcsapokkal pontosabban lehet mérni, mint menetmikrométerrel. Emelkedésként különböző átmérőjű mérőcsapokkal kell mérni ahhoz, hogy azok a középmérőn érintsék a menetet. A különböző emelkedésekhez tartozó mérőcsapátmérőket szabványosították. Az értékek, valamint a hozzájuk tartozó mérőméretek a 13. táblázatban találhatóak.

13. táblázat

Különböző emelkedésekhez tartozó csapátmérők és mérőméretek

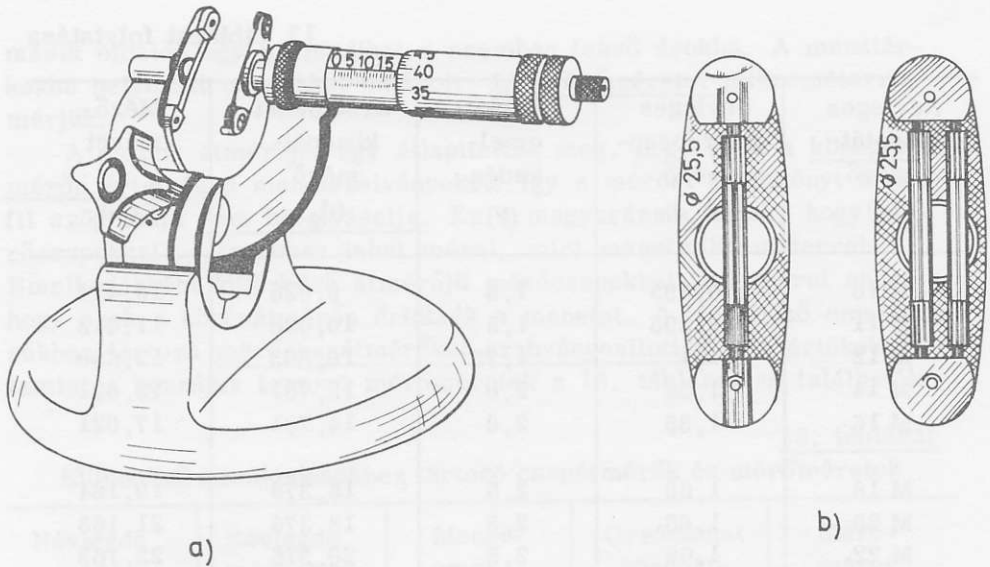
| Névleges menetátmérő (d) | Névleges mérőcsapátmérő (d_m) | Menetemelkedés (P) | Orsómenet középmérő (d_2) | Mérőméret (L) |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------|
| M 1 | 0,17 | 0,25 | 0,838 | 1,133 |
| M 1,2 | 0,17 | 0,25 | 0,138 | 1,332 |
| M 1,4 | 0,17 | 0,3 | 1,205 | 1,456 |
| M 1,7 | 0,22 | 0,35 | 1,473 | 1,831 |
| M 2 | 0,25 | 0,4 | 1,740 | 2,145 |
| M 2,3 | 0,25 | 0,4 | 2,040 | 2,444 |
| M 2,6 | 0,29 | 0,45 | 2,308 | 2,789 |
| M 3 | 0,29 | 0,5 | 2,675 | 3,113 |
| M 3,5 | 0,335 | 0,6 | 3,110 | 3,596 |
| M 4 | 0,455 | 0,7 | 3,545 | 4,305 |
| M 5 | 0,455 | 0,8 | 4,480 | 5,153 |
| M 6 | 0,62 | 1,0 | 5,350 | 6,346 |
| M 7 | 0,62 | 1,0 | 6,350 | 7,345 |
| M 8 | 0,725 | 1,25 | 7,188 | 8,282 |
| M 9 | 0,725 | 1,25 | 8,188 | 9,282 |

13. táblázat folytatása

| Névleges menetát-mérő (d) | Névleges mérőcsap- átmérő (d_m) | Menet- emel- kedés (P) | Orsómenet középát- mérő (d_2) | Mérő- méret (L) |
|------------------------------|---|---------------------------------|--|-----------------------|
| M 10 | 0,895 | 1,5 | 9,026 | 10,414 |
| M 11 | 0,895 | 1,5 | 10,026 | 11,413 |
| M 12 | 1,1 | 1,75 | 10,863 | 12,650 |
| M 14 | 1,35 | 2,0 | 12,701 | 15,021 |
| M 16 | 1,35 | 2,0 | 14,701 | 17,021 |
| M 18 | 1,65 | 2,5 | 16,376 | 19,164 |
| M 20 | 1,65 | 2,5 | 18,376 | 21,163 |
| M 22 | 1,65 | 2,5 | 20,376 | 23,163 |
| M 24 | 2,05 | 3,0 | 22,051 | 25,606 |
| M 27 | 2,05 | 3,0 | 25,051 | 28,605 |
| M 30 | 2,05 | 3,5 | 27,727 | 30,848 |
| M 33 | 2,05 | 3,5 | 30,727 | 33,848 |
| M 36 | 2,55 | 4,0 | 33,402 | 37,591 |
| M 39 | 2,55 | 4,0 | 36,402 | 40,590 |
| M 42 | 2,55 | 4,5 | 39,077 | 42 832 |
| M 45 | 2,55 | 4,5 | 42,077 | 45,832 |
| M 48 | 3,2 | 5,0 | 44,752 | 50,025 |
| M 52 | 3,2 | 5,0 | 48,752 | 54,024 |
| M 56 | 3,2 | 5,5 | 52,428 | 57,267 |
| M 60 | 3,2 | 5,5 | 56,428 | 61,267 |
| M 64 | 4,0 | 6,0 | 60,103 | 66,910 |
| M 68 | 4,0 | 6,0 | 64,103 | 70,910 |

Méréskor biztosítani kell, hogy a mérőcsapok helyzetét egyértel-
mően a menet határozza meg. A papucsos és a felfüggesztett mérő-
csapok biztosítják ezt a feltételt.

A papucsos mikrométer elrendezése a 89a ábrán látható. A pa-
pucs olyan keret, amelyben a csapok minden irányban el tudnak moz-



89. ábra
Papucsos mérőcsapokkal felszerelt mikrométer
a) mérési összeállítás; b) papucsos mérőcsappár

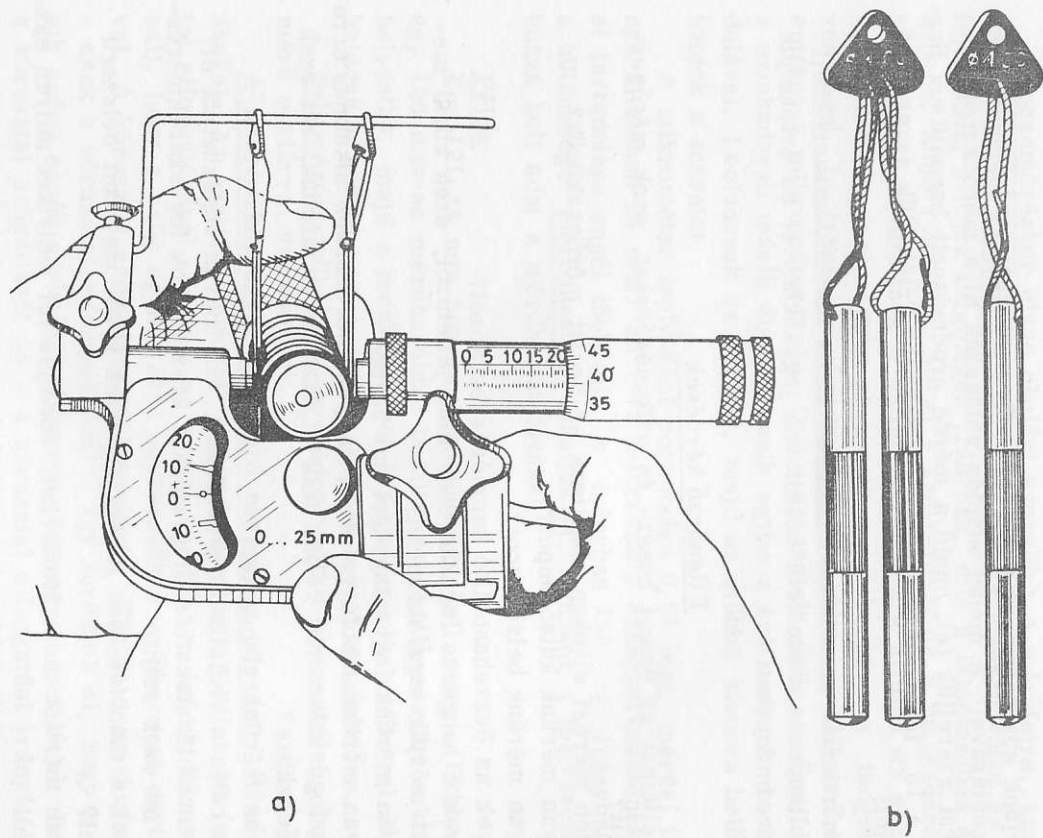
dulni. Az egyik papucsban egy, a másikba két mérőcsapot szerelünk (lásd a 89b ábrán), miáltal a papucsban levő mérőcsapok így érintkeznek a menet mérőfelületeivel.

A felfüggesztett mérőcsapokat a mikrométerre szerelt állványra függeszthetjük fel. A lengőnyelves mikrométerre felfüggesztett mérőcsapok és a mérés a 90. ábrán látható.

Mérőcsapokkal való méréskor vigyázni kell arra, hogy egyidejűleg mindhárom csap a menet középátmérővel érintkezzék. Sok méréssel lehet ezt begyakorolni. Akkor mérünk jól, ha több méréssel ugyanazt az eredményt kapjuk. A mikrométert célszerű mikrométer állványba szerelni, mivel így pontosan lehet mérni. Ekkor a bal kezünkbe tartjuk a munkadarabot, a jobbal pedig állítjuk a mikrométer mérőorsóját.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db tolómérce;
- 1 db 0-25 mm méréshatáru kengyeles mikrométer;
- 1 db 0-25 mm méréshatáru menetmikrométer készlet;
- 1 db menetfésű;
- 1 db 0-25 mm méréshatáru lengőnyelves mikrométer;
- 1 db 0-25 mm méréshatáru papucsos mikrométer.



90. ábra
Mérés felfüggesztett mérőcsapokkal
a) mérési összeállítás; b) mérőcsapok

Mérési feladatok

1. Mérjük külső menetátmérőket tolómércével! Egy-egy menetes orsó átmérőjét legalább négy helyen három-három mérés átlagolásával minősítsük!
2. Mérjük középátmérőt menetmikrométerrel! A mérést legalább öt szelvény mentén végezzük el! A kapott értékeket rögzítsük táblázatba, majd minősítsük a menetet!
3. Mérjük középátmérőt papucsos mikrométerrel, mérőcsapok felhasználásával! A menet alapján válasszuk ki a mérőcsapokat, azokat szereljük fel, majd a mérés eredményeit hasonlítsuk össze a 13. táblázatban közölt méretekkel. Értékeljük az eredményeket!
4. Ellenőrizzünk meneteket menetfésűvel és menetidomszerekkel! Az ellenőrzés menetéről készítsünk jegyzőkönyvet és értékeljük az eredményeket!

Ellenőrző kérdések

1. Mi jellemzi az üzemi hossz- és szögméréseket, azok mérőeszközzeit?
2. Milyen mérési elveken alapulnak az üzemi mérőeszközök?
3. Hogyan mérünk külső kupot?
4. Hogyan mérünk belső kupot?
5. Melyek az összehasonlító kupmérés eszközei?
6. Melyek a hengeres fogaskerekek főbb jellemzői, ezek közül melyiket mérjük leggyakrabban?
7. Hogyan mérünk fogvastagságot egy fogon?
8. Hogyan mérünk többfogmértetet, milyen mérőeszköz alkalmas erre?
9. Mi a fogosztásmérés célja, milyen osztásokat mérünk, mi ezek mérőeszköze?
10. Hogyan mérünk alaposztást?
11. Mi a célja a radiális ütőmérésnek, ezt hogyan végezhetjük el?
12. Milyen táblázatokat és diagramokat készíthetünk fogaskerékmérés-kor, mi ezek célja?
13. Melyek a menetek főbb jellemzői, ezek közül melyiket célszerű mérni?
14. Hogyan mérünk menetátmérőket, soroljuk fel melyiket milyen eszközzel!
15. Hogyan mérünk középátmérőt háromcsapos módszerrel? Hasonlítsuk össze az eljárásokat!
16. Mi a célja a menetek idomszeres ellenőrzésének, milyen idomszereket használhatunk?

2.10. Mérés: Hosszuság- és szögmérés, alakellenőrzés optikai műszerekkel

A mérés célja: a műhelymikroszkóp kezelésének gyakorlása, hossz-, szög- és menetmérés. Profilprojektorok kezelése, alakellenőrzés gyakorlása.

A mérés leírása:

Hosszméréskor olyan okulárt szerelünk a mérőfejre, amelynek látómezejében szálkereszt van. Felfogjuk a munkadarabot és a mérőfejet addig állítjuk függőleges irányban, míg a látómezőben éles képet kapunk, majd rögzítjük. Mivel a szálkereszt és a munkadarab árnyképe együtt jelenik meg a látómezőben, addig állítjuk az asztalt, míg az árnykép konturja egybe nem esik a szálkereszt x tengelyirányu vonalával. Leolvassuk és feljegyezzük az ehhez az álláshoz tartozó értéket a mikrométerorsón. Utána az asztalt addig mozgatjuk, míg a munkadarab másik éle nem esik egybe a szálkereszt x irányu oldalával. Leolvassuk az értéket, majd az előbbit kivonva belőle, megkapjuk a méretet.

A mikrométer leolvasási pontossága 0,01 mm, mérési tartománya általában 25 mm. Mivel a mikroszkóp szánszerkezetének mérési tartománya ennél több (pl. x irányban 150, y irányban 50 mm), a különbséget mérőhasábbal hidaljuk át. Ilyenkor a leolvasott értékhez hozzá kell adni a mérőhasáb értékét.

Példa

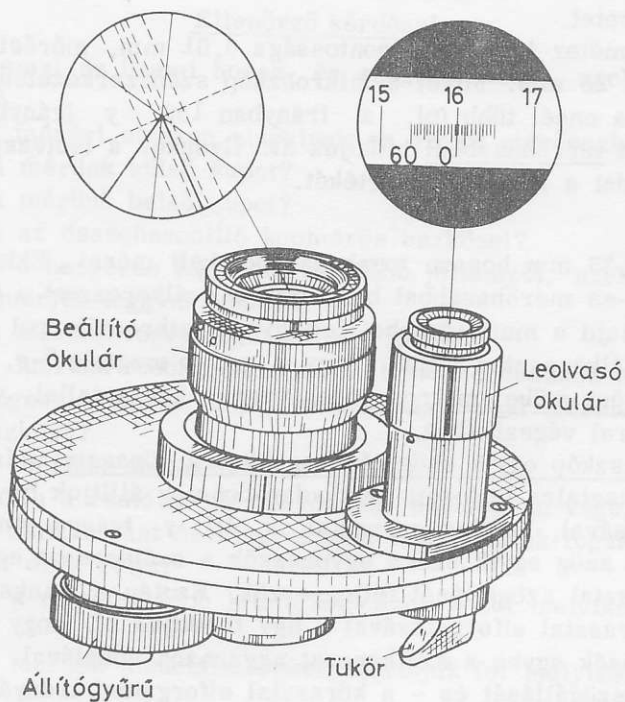
Egy 121,35 mm hosszú munkadarabot kell mérni. Ekkor előbb egy 100 mm-es mérőhasábbal beállítjuk a szálkeresztet a kiinduló helyzetbe, majd a munkadarabot felfogva a mikrométerrel 21,35 mm-t haladva a szálkeresztben látjuk, hogy a méret megfelelő-e.

Szögmérést műhelymikroszkópon vagy a körasztallal, vagy a szögmérő okulárral végezhetünk.

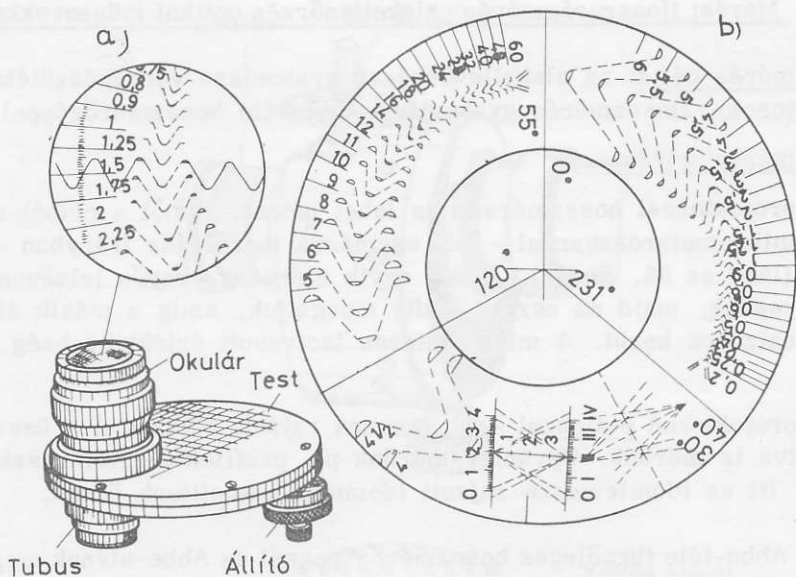
A mikroszkóp egyik szögmérő eszköze a körasztal (lásd az 54. ábrán). Az asztalra felfogott munkadarabot úgy állítjuk be (a körasztal elforgatásával, esetleg az asztal x ill. y irányu elmozdításával), hogy a szög egyik szára egybeessék a szálkereszt egyik vonalával. A körasztal szögállását feljegyezzük. Ezután a munkadarabot - csak a körasztal elforgatásával - úgy fordítjuk el, hogy a szög másik szára essék egybe a szálkereszt ugyanazon vonalával. Leolvassuk a körasztal szögállását és - a körasztal elforgatási irányától függően - ehhez hozzáadjuk vagy kivonjuk belőle a korábban feljegyzett értéket. A körasztal nóniusza 3'-es leolvasási pontosságot biztosít.

A mikroszkóp másik szögmérőeszköze a szögmérő okulár, melynek felépítése és szállemeze a 91. ábrán látható. A szállemez elforgatható. Miután az optikát élesre állítottuk, a forgatógyűrűvel addig forgatjuk a lemezt, amíg a beállító okulár látómezejében a szög egyik szára egybe nem esik a szátkereszt egyik oldalával. Az idomlemez külső kerületén szögosztás található. A leolvasó okuláron leolvassuk a szögállást és feljegyezzük. Ezután addig forgatjuk a lemezt, amíg a beállító okulár látómezejében a szög másik szára egybe nem esik a szátkereszt ugyanazon oldalával. Ezután a leolvasó okulárban leolvassuk a szöget és az előző érték figyelembevételével kiszámítjuk a mért szöget (az ábrán a szög $59^{\circ}34'$). A szöget $1'$ pontossággal lehet leolvasni. Az előzőekből megállapíthatjuk, hogy a műhelymikroszkóppal közvetlenül mérhetünk hosszúságot és szöget.

A műhelymikroszkópok alkalmasak különféle profilok ellenőrzésére is. Ennek leggyakoribb esete a menetprofilok és a menetemelkedések vizsgálata. Ekkor a mikroszkóp mérőfejére a 92a ábrán látható forgatható revolverokulárt rögzítjük, aminek szállemezén vannak a



91. ábra
Szögmérő okulár



92. ábra

Menetprofil-revolverokulár és látómezeje

megfelelő rajzolatok (92b ábra). A mérni kívánt értékre állva összehasonlítjuk a munkadarab és a szállemez rajzolatát. Ez lényegében fényrésbecslés.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db műhelymikroszkóp;
- 1 db profilprojektor;
- 1 db mérőhasábkészlet.

Mérési feladatok

1. Mérjük műhelymikroszkóppal türésezett hosszúságot! A hosszúság legyen nagyobb a mérési tartománynál! Irjuk le a mérés menetét! Állítsuk be a szálkeresztet mérőhasábokkal! A mérés eredményét rögzítsük és értékeljük!
2. Mérjük szögértéket a mikroszkóp körasztalának, majd a szögmérő okulárjának segítségével! A mérési eredményekről készítünk táblázatot és hasonlitsuk össze a kapott értékeket!
3. Ellenőrizzünk menetprofil és emelkedést a műhelymikroszkópra szerelhető revolverokulár segítségével! Értékeljük az ellenőrzés eredményeit!

2.11. Mérés: Hosszuságmérés, alakellenőrzés optikai műszerekkel

A mérés célja: az alakellenőrzések gyakorlása vetítőkészülékeken (projektorok). Hosszmérés gyakorlása Abbe-féle hossz mérőgéppel.

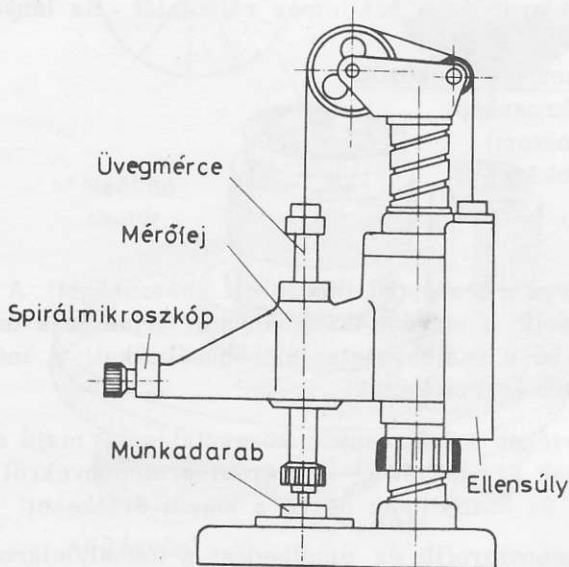
A mérés leírása:

A projektorral hossz méretet is lehet mérni. Ebből a célból az asztal mikrométercsavarral - két egymásra merőleges irányban - állítható (lásd az 55. ábrán). A kép egyik élére az ernyőn jelzővonalzót helyezünk, majd az asztalt addig mozgatjuk, amíg a másik él a jelzővonalzóhoz kerül. A mikrométeren leolvasott értékkülönbség a méret.

A projektoron etalonnal - pl. pauzra rajzolt alakzattal - összehasonlítva is mérünk. Ugyanígy mérünk pl. profilokat a mikroszkópon is. Itt az idomlemezre rajzolt idommal hasonlítunk össze.

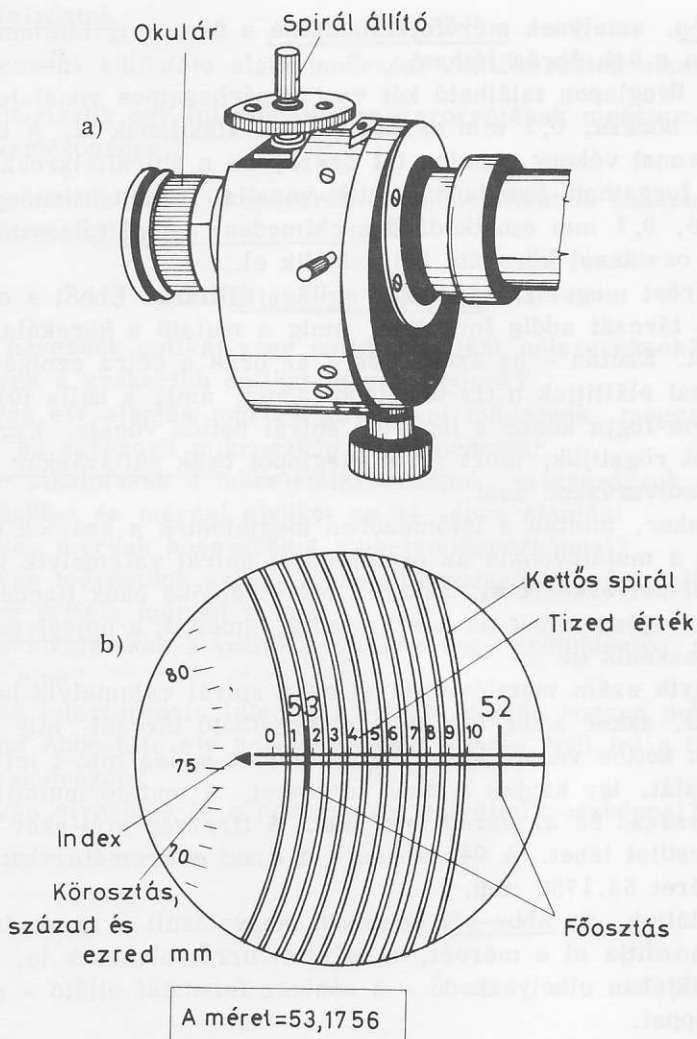
Az Abbe-féle függőleges hossz mérőgépeknél az Abbe-elvnek megfelelően egy üvegmérce a tapintón keresztül a munkadarabra támaszkodik. A munkadarab mérendő méretével egyenlő mértékben felemeli a mérőfejet. A tapintónyomást ellensúly segítségével állítani lehet.

A mérőfej a menetes vezetőoszlopon le-fel állítható és rögzíthető (93. ábra).



93. ábra

Abbe-féle függőleges hossz mérőgép elve



94. ábra
Spirálmikroszkóp
a) kivitel; b) látómező

Az üvegmércén 100 mm hosszú skála található, mm-es osztásokkal. A mérési tartományt az asztalra helyezett 100 mm-es mérőhasábokkal 200 mm-re lehet kiterjeszteni.

Az üvegmércét megvilágítjuk, így a szemlencsében megjelenik nagyított képe két vagy három számjeggyel. A nagyított kép síkjában egy fix és egy forgatható üveglap helyezkedik el, ez az un. spirál-

mikroszkóp, amelynek mérőfejkialakítása a 94a, míg látómezejének kialakítása a 94b ábrán látható.

A fix üveglapon található két vastag párhuzamos vonal jobb oldalán 1 mm hosszú, 0,1 mm osztású skálát alakítanak ki. A két párhuzamos vonal vékony vonalba fut össze, ez a spirálmikroszkóp mutatója. A forgatható üveglapon kettős vonallal rajzolt, tizenegy menetből álló, 0,1 mm emelkedésű archimedesi spirál található. Ezen belül 100 osztással körskála helyezkedik el.

A mérést megelőzi a műszer nullára állítása. Ebből a célból a forgatható tárcsát addig forgatjuk, amíg a mutató a körskála 00 jelére mutat. Ezután - ha szükséges - az erre a célra szolgáló forgatógombbal elállítjuk a fix üveglapot addig, amíg a nulla (0) tizedes vonalát nem fogja közre a legbelső spirál kettős vonala. Ezután a forgatógombot rögzítjük, mert a fix üveglapot csak nullázáskor szabad állítani, leolvasáskor nem.

Méréskor, miután a látómezőben megjelentek a számok és valamelyiknek a mutatóvonala az archimedesi spirál valamelyik kettős vonala között helyezkedik el, akkor a méret értéke csak tizedes helyiértékű. Az egész mm-t az a szám adja, amelyik a spirálvonalakon belül helyezkedik el.

Ha egyik szám mutatóvonala sincs a spirál valamelyik kettősvonala között, akkor addig forgatjuk a forgatható tárcsát, míg a spirál valamelyik kettős vonala közre nem fogja az egész mm-t jelző szám mutatóvonalát, így kapjuk a tized mm-eket. A mutató mutatja körskálán a század és az ezred mm-eket. A tizezred mm-eket a körskálán becsülni lehet. A 94b ábrán - a tized mikrométereket becsülve - a méret 53,1756 mm.

Mint látjuk, az Abbe-ely pontosan megvalósul: a munkadarab közvetlenül mozdítja el a mércét, a méretet erről olvassuk le, a nagyított kép síkjában elhelyezkedő - a nóniusz feladatát ellátó - spirálmikroszkóppal.

A hosszmérőgép optikai nagyítású tapintós mérőeszköz. Ugy kell vele mérni, mint a mérőórával. Közvetlen mérésre alkalmas, de - etalonnal - közvetett mérést is lehet vele végezni.

A méréshez használt eszközök:

- 1 db vetítőkészülék;
- 1 db Abbe-féle hosszmérőgép

Mérési feladatok

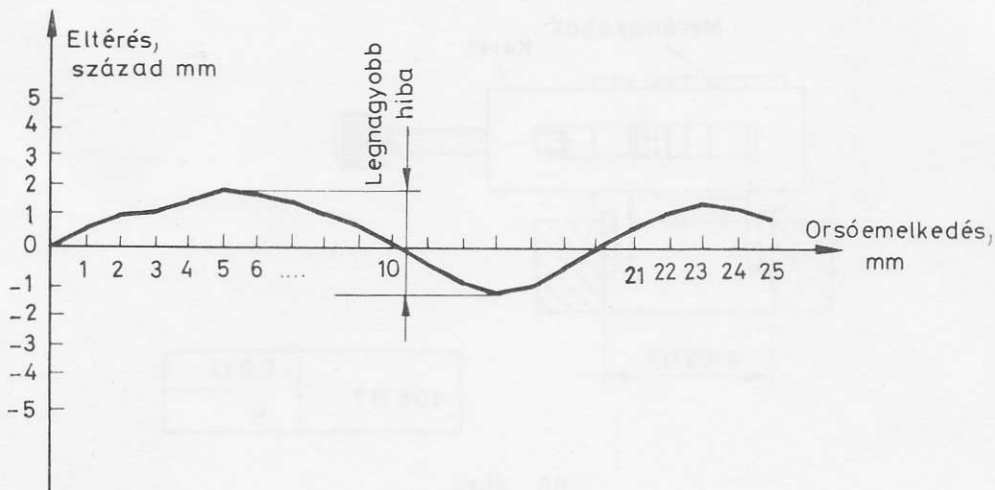
1. Végezzünk különféle alakellenőrzést vetítőkészülék alkalmazásával!
2. Ellenőrizzük egy mikrométer csavarorsójának menetemelkedését hosszmérőgéppel!
3. Ellenőrizzük adott idomszerek és munkadarabok hosszmeretét hosszmérőgéppel!

Ellenőrző kérdések

1. Mit nevezünk optikai vagy optomechanikai műszereknek?
2. Melyek a gyakoribb optikai műszertípusok?
3. Milyen elv alapján mérnek az optikai műszerek, magyarázzuk meg az egyszerű mikroszkóp sugármenetén!
4. Mire alkalmasak a műhelymikroszkópok, magyarázzuk meg felépítésüket és mérési elvüket az 54. ábra alapján!
5. Hogyan mérünk hosszúságot műhelymikroszkóppal?
6. Hogyan mérhetünk szöget műhelymikroszkóppal, hasonlitsuk össze a kétféle mérési módot!
7. Mire alkalmasak a vetítőkészülékek vagy projektorok, mi a mérési elve?
8. Mi az interferencia jelenség, ez elv alapján hogyan mérhetünk?
9. Mi az Abbe-féle elv hosszmerésnél, hogyan épül fel a függőleges hosszmérőgép?
10. Hogyan olvasható le a hosszmeret spirálmikroszkóppal?

37 177

Area: 6.50 Ft



67. ábra

Diagram mikrométer menetemelkedés ellenőrzéséhez

elő méretre (itt a belső felületekkel mérünk), majd az alsó mérethatárra beállított mérőeszközt megpróbáljuk a csapra tolni, annak hossza mentén különböző helyeken és különböző helyzetekbe elfordítva. Megfelel a munkadarab, ha az alsó mérethatárra beállított mérőeszköz minden helyzetben rámelegy, viszont a felső mérethatárra beállított mérőeszköz - ugyanígy vizsgálva - sehol sem megy rá.

A mérőhasábokat többek között felhasználjuk tolómércék, mikrométerek mérési pontosságának ellenőrzésére, ill. hibáinak meghatározására. A következő példán egy 25 mm mérőhatáru kengyeles mikrométer menetemelkedési hibájának és dobosztáshibájának ellenőrzését mutatjuk be.

A menetemelkedés ellenőrzéséhez a 67. ábrán látható diagramot készítjük elő, majd 0,5 mm-es lépcsőzéssel mérőhasábokkal ellenőrizzük a méretet. A menetemelkedési hiba a leolvasás és a hasábméret különbsége, amit a diagramba jelölünk be (az ábránkon az egyszerűség miatt csak az egész mm-eket jelöltük).

A mérődob osztáshibájának ellenőrzéséhez a 68. ábrán látható diagramot készítjük elő, majd a mérődob osztáshibáját 2,5; 5,1; 7,7; 10,3; 12,9; 15; 17,6; 20,2; 22,6 és 25 mm névleges méretű mérőhasábokkal ellenőrizzük és ezt a diagramba jelöljük.

A diagramok értékelése alapján megállapíthatjuk a jellemző hibákat, ami szerint a dobhüvelyt újra beállíthatjuk, ill. a hibákat a mérés során, mint korrekciókat figyelembe vesszük.