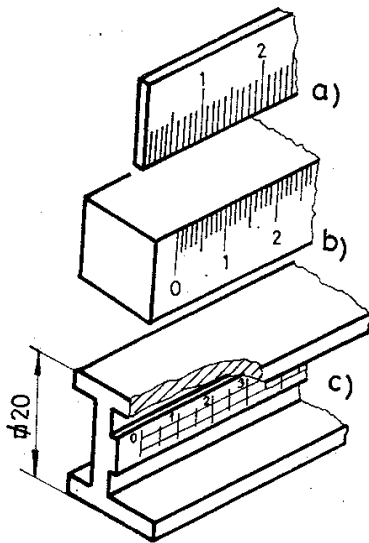


7.2 Mechanikai hossz mérő eszközök

7.2.1 Hosszmérők

A hossz mérők különböző pontossági fokozatban a mértékegység részeit hivatottak megtestesíteni. A munkadarabra fektetve a skála osztásai összehasonlíthatók a mérendő élekkel rátekintéssel.



A **műhelyi hossz mérő** (7.2.1 a. ábra) téglalap keresztmetszetű, acélból készült mérce. A pontossági osztálynak megfelelően előírt az osztásvonalak egymáshoz viszonyított pontossága, az osztásvonalak vastagsága, valamint a mérőfelületek síktól való megengedett eltérése. Vastagsága miatt a leolvasás parallaxishibát tartalmazhat, az Abbe elv nem érvényesül.

Az **ellenőrző hossz mérő** (7.2.1 b. ábra) általában az üzemi mérőhelyiségek eszköze, a műhelyi hossz mérő ellenőrzésére is alkalmazható.

Az **összehasonlító hossz mérőt** (7.2.1 c. ábra) mérőszobában használják ellenőrzésre. Keresztmetszete miatt nagyobb a merevsége, az osztásvonalak mechanikai sérüléstől védettek. A semleges szálát az osztásvonalakon áthaladó két párhuzamos jelző vonal jelöli ki.

7.2.1 ábra Hosszmérők

Az ellenőrző és összehasonlító hossz mérőket teljes hosszukban kell mérés közben megfelelő minőségű síklapra helyezni. Ennek hiányában a Bessel-féle alátámasztási pontokon görgőket lehet alkalmazni az alátámasztásra.

A hossz mérők közé tartoznak az egyszerű mérések eszközeként szolgáló 1 mm-es osztású acél mérőszalagok is, melyeket tájékoztató jellegű mérésre használnak.

7.2.2. Tolómércék

Felépítés

A tolómérce az egyik legismertebb egyszerű mechanikus, tolókával (szánnal) felszerelt üzemi hossz mérő eszköz, melyen nóniusz segítségével lehet a tolóka állását leolvasni. A tolómérce alkalmas csap vagy furat jellegű méret és mélység mérésére (7.2.2 ábra).



Külső méret mérés



Belső méret mérés



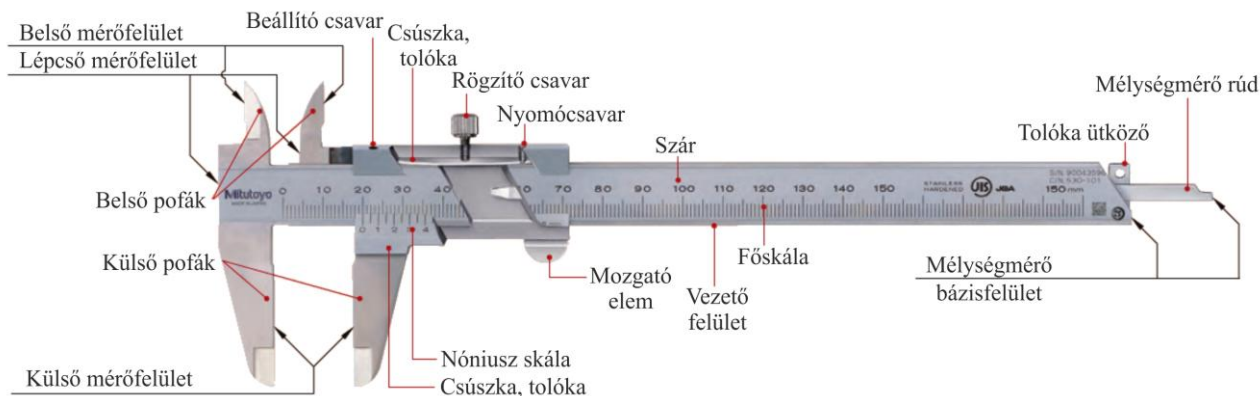
Lépcső méret mérés



Mélység mérés

7.2.2 ábra A tolómérce különféle alkalmazási területei []

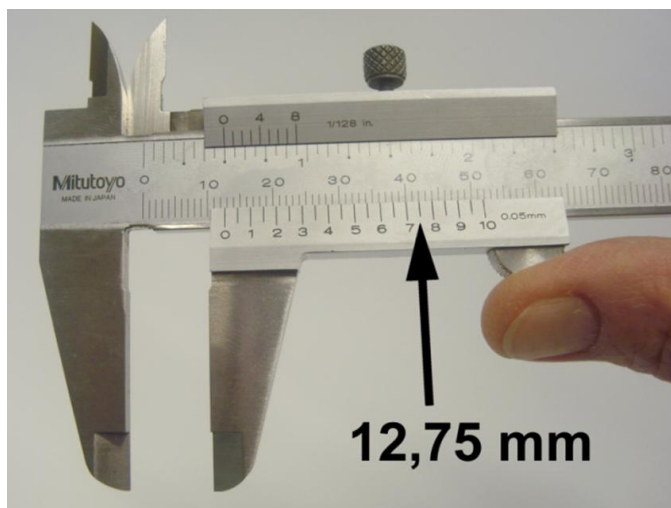
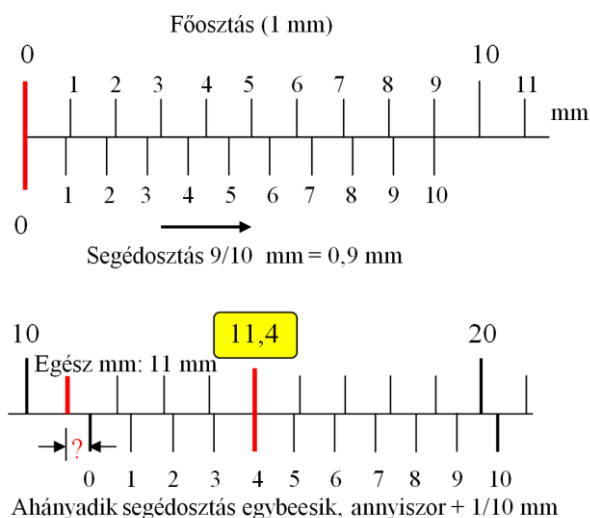
A 7.2.3 ábrán láthatók az egyszerű műhelyi tolómérce fő részei. A főosztásos (1 mm-es) skálát tartalmazó szár vezeti a tolókát, melynek játék nélküli csúszását a száron egy lemezzrugó biztosítja. A száron a tolóka bármely helyzetben csavarral rögzíthető. Egy darabból készül a mérőléc (szár) és az álló mérőfelület, valamint a tolóka és a mozgó mérőfelület. A mélységmérő rész együtt mozog a tolókával a szárban kialakított horonyban. A mérőfelületek tapintják a mérendő tárgyat.



7.2.3 ábra A tolómérce részei []

A mért érték leolvasása

A tolókán található a segédosztás, az ún. nóniusz. A tolómérce összezárt állapotában a száron elhelyezett 1 mm-es főosztás 0 vonala és a tolókán lévő nóniusz skála 0 vonala egybe kell essen. A munkadarab mérésekor a mért érték egész milliméterre leolvasható a száron a segédosztás 0 vonala előtt, az ezt meghaladó tizedes értékeket pedig a segédskálán találjuk ott, ahol a főosztás valamelyik vonala a segédosztás vonalával egybeesik. Az egész mm-hez a segédskálán leolvasott értéket kell hozzáadni. A leggyakrabban alkalmazott nóniusz 1/10 mm (9 mm-es távolság 10 egyenlő részre osztva, 7.2.4 ábra), vagy 1/20 mm (19 mm-es távolság 20 egyenlő részre osztva) osztású.



7.2.4 ábra Nóniusz skála (Vernier-skála) és a méret leolvasása

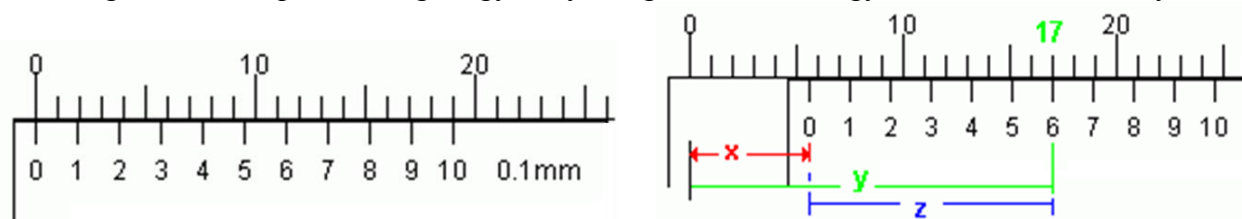
Ha 19 mm-t osztunk 20 részre, akkor a két skála között 1/20-ad mm-rel, vagyis 0,05 mm-rel nő az eltérés. Ennek nyújtott változatánál 39 mm osztást osztanak 20 részre. A tolómérce, mint mérőeszköz ettől nem lesz pontosabb, hiszen szerkezeti kialakítása miatt az Abbe-elvet nem teljesíti meg (elsődrendű hibát tartalmaz), azonban a leolvasás megbízhatósága javulhat (7.2.4 ábra, kép).

Megjegyzés:

Pedro Nunes Salaciense (1502–1578) portugál matematikus, kozmográfus, orvos, műszertervező. Tanult orvosi ismereteket, matematikát tanított, hajózási térképeket szerkesztett, helymeghatározásra alkalmas műszereket fejlesztett. Kidolgozott egy rendszert, mely nem azonos a ma alkalmazott segédskálával, azonban alkalmas volt mérőeszközök beosztásának pontosabb leolvasására. Az általa kidolgozott módszereket **Tycho Brahe** (1546-1601) dán csillagász alkalmazta pontos csillagászati megfigyelései során. A ma is használt segédbeosztás elvét Pierre Vernier dolgozta ki. **Pierre Vernier** (1580–1637) francia matematikus, mérnök 1631-ben leírt találmányában a hosszúság pontosabb mérésére javasolt eszközt, melyet Pedro Nunesről nevezett el (Nonius). A 18. század közepétől a mai napig Vernier nevéhez is kötődik az eszköz, pl. Vernier tolómérce. A nóniusz nevű eszköz lehetővé tette a hosszsmérő és szögmérő műszereknél a pontosabb leolvasást. Az elv alapja, hogy szemünk a kis távolságokat is jól meg tudja egymástól különböztetni, ha van viszonyítási lehetősége. Például a papírlapra tetszőleges helyen lerajzolt 9,5 mm és 10 mm hosszú vonalakat nem tudjuk egymástól megkülönböztetni, melyik a hosszabb, melyik a rövidebb. Amennyiben ezt a két

vonalszakaszt közös kezdőpontból indulva egymással párhuzamosan egymás alatt rajzoljuk meg, akkor a 0,5 mm különbség szembevető, azonnal észrevehető. (Egészséges szem a 0,02 mm különbséget is képes észlelni). []

A könnyebb leolvashatóság érdekében alkalmazzák a nyújtott nónius skálát, pl. a 7.2.5 ábrán a főosztás 19 mm-es távolságához a segédosztás 10 osztása tartozik, így a segédosztás két osztásvonala közötti távolság 1,9 mm. A nagyobb osztástávolság miatt könnyebben és biztonságosabban állapítható meg, hogy melyik segédosztás esik egybe a főosztás valamelyikével.



$x = 5 \text{ mm} + ?$ Mivel: $y = 17 \text{ mm}$ és $z = 6$ osztás a segédskálán $= 6 \cdot 1,9 \text{ mm} = 11,4 \text{ mm}$, ezért $x = y - z = 17 - 11,4 = 5,6 \text{ mm}$

7.2.5 ábra Nyújtott 1/10 mm-es nónius skála []

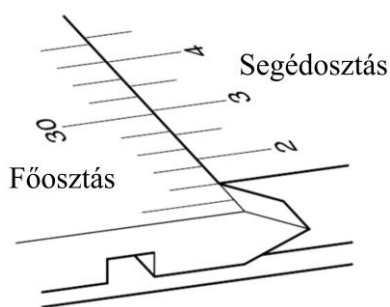
Mérési hibák

A tolómércék mérési hibáját befolyásoló tényezők:

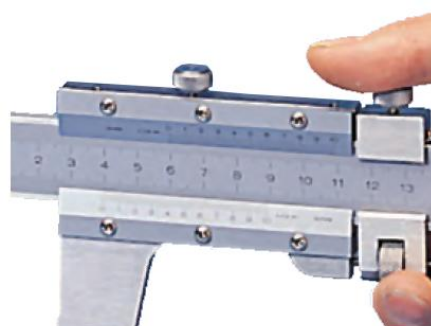
- a szár vezetőfelületének hibája,
- a mérőfelületek síktól való eltérése,
- a mérőfelületek párhuzamossági eltérése,
- ismételt méréseknél a mérőerő különbözősége,
- a fő és segédosztás pontatlansága,
- parallaxis hiba a leolvasásnál,
- a mélységmérő kihajlása.

A parallaxis hiba elkerülése érdekében készítenek olyan tolómércét is, ahol a tolókán és a száron elhelyezkedő osztások egy síkba esnek (7.2.6 ábra).

A túlzott mérőerő elsőrendű hibát okoz, az Abbe-elv nem teljesül, ezért a hagyományos kialakításnál a garantált felbontóképesség 0,1 mm. A finombeállítók a mérőnyomást korlátozzák (7.2.7 ábra)



7.2.6 ábra Parallaxishiba mentes leolvasás



7.2.7 ábra Finombeállító a tolómércén

Kialakítások

A tolómércék gyártói fejlesztésére két szempont a jellemző:

- a leolvasás pontosságának fokozása

A 0,1 mm-es vagy 0,01 mm-es (0,02 mm-es) **mérőórával összeépített tolómérce** a leolvasást könnyíti meg, teszi megbízhatóbbá (7.2.8 a. ábra).

A 7.2.8 b. ábrán látható mérőórák tolómérce emellett alkalmas alkatrészek kis sorozatának különbségmérésére is etalonnal történő beállítás után.



a)



b)

7.2.8 Mérőórás tolómércék

A **digitális tolómércék** mérési elve lehet növekményes (az előző helyzethez képest méri az elmozdulást) vagy abszolút (a nulla ponthoz képest méri az elmozdulást). A mért értéket kapacitív induktív, vagy mágneses elven működő mérőelem érzékeli. Az elmozdulásérzékelőt beépítik a mérőeszközbe. A 7.2.9 a) ábra az abszolút, a b) ábra a növekményes, kapacitív elvű digitális tolómérőt mutatja.



a)

b)

7.2.9 ábra []

Előnyük, hogy bármely helyzetben nullázhatók, a mérés pillanatában jelzett érték kimerevíthető, a mért érték továbbítható számítógépbe. Felépítésüket a 7.2.10 ábra szemlélteti.

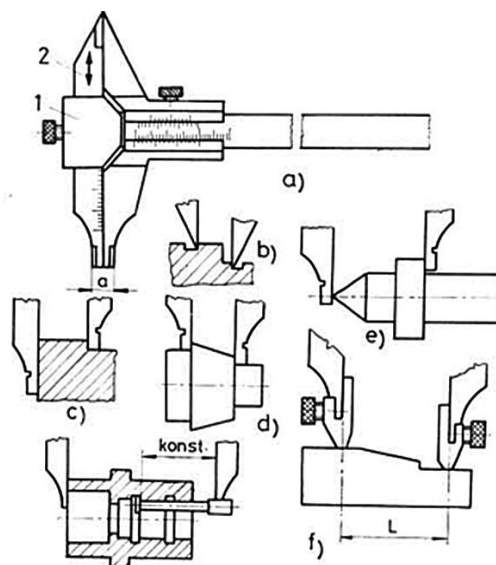


7.2.10 Digitális tolómérce []

• univerzális vagy a speciális felhasználáshoz alkalmazkodó kialakítások

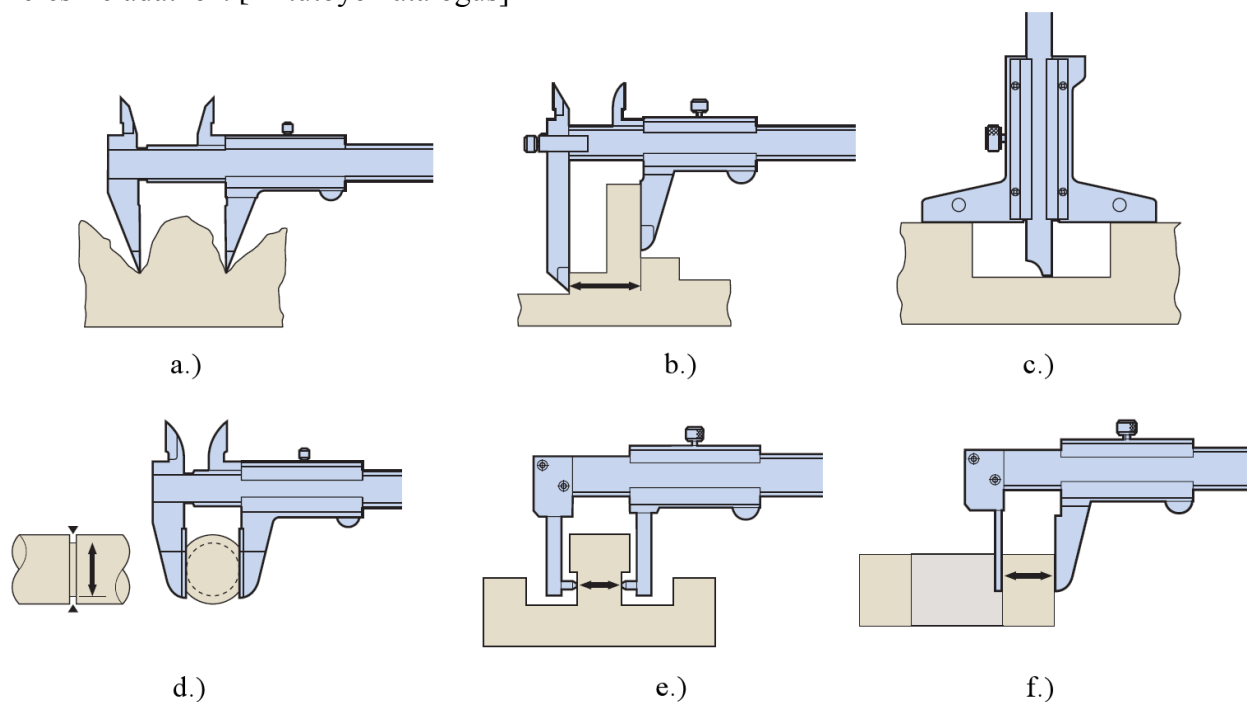
Az ún. **egyetemes tolómércék** a tartozékaik segítségével sokféle mérési feladat elvégzésére alkalmasak. A képen (7.2.11 ábra) látható egyetemes tolómérce bal oldali mérőfelülete (2) a szárra merőlegesen elcsúsztatható.

A mérőfelületek végére különböző, célszerűen kialakított betétek rögzíthetők, melyekkel jelentősen bővül a mérőeszköz felhasználási területe: pl.: különböző síkokban elhelyezkedő felületek közötti távolság, belső horony távolsága, furatközéppontok közötti távolság. A betétek külön készletben is kaphatók és minden olyan tolómércére felszerelhetők, melyek mérőcsőreinek külső mérőfelülete is van.



7.2.11 ábra Univerzális tolómérce []

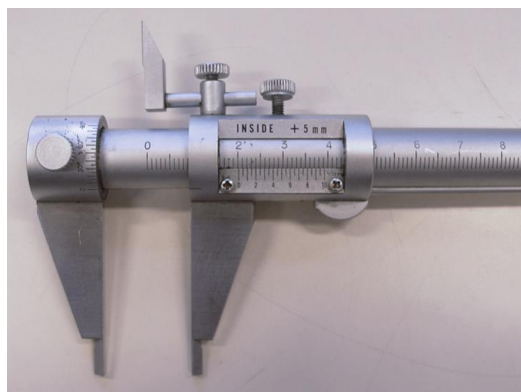
A **speciális kialakítású tolómércék** (7.2.12 ábra) szerkezetüknél fogva igazodnak egy-egy egyedi mérési feladathoz. [Mitutoyo katalógus]



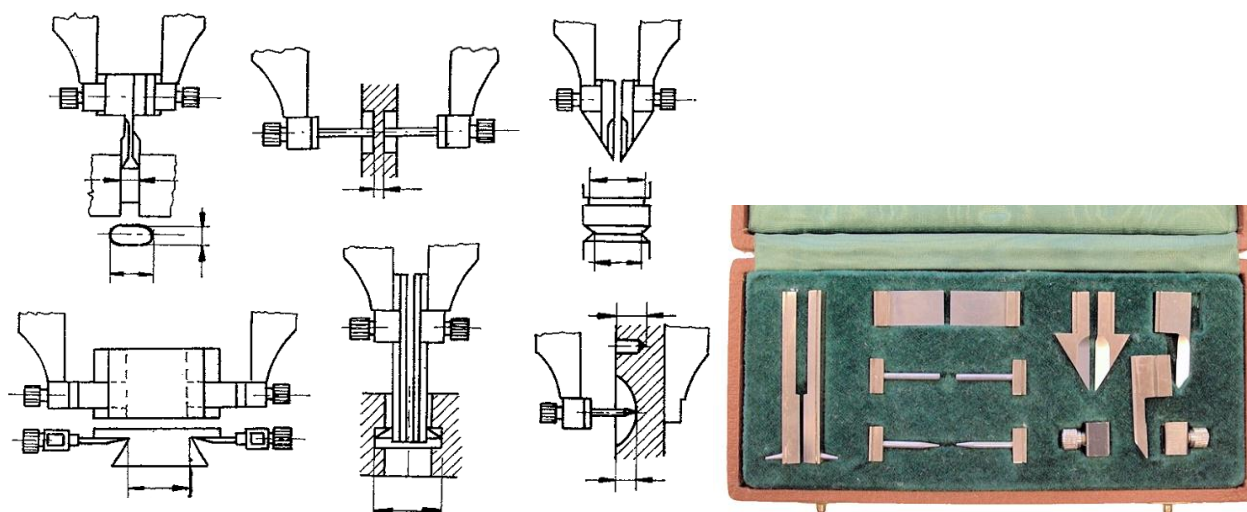
7.2.12 ábra Speciális kialakítású tolómércék []

A **hengeres szárú tolómérce** szára merevebb a hagyományos kialakításnál, ugyanakkor a szár végén található mérőfelület körbeforgatható, lehetővé téve kitérő felületek távolságának mérését a tolómérce adta pontossággal.

A szár bal oldali végén kialakított talpfelület megfelelő felfekvést biztosít magasságméréshez, jelöléshez.



7.2.13 ábra Hengeres szárú tolómérce



7.2.14 ábra Tolómércére szerelhető betétek és alkalmazási példák

Használat

A tolómérce kiválasztásánál alapvető szempont, hogy feleljen meg a mérési feladatnak, a vevő/megrendelő követelményeinek és speciális igényeinek. Ennek során figyelembe kell venni a mérőeszköz méréstartományát, garantált felbontóképességét, a mérési körülményeket és mérendő jellemzőket, illetve a műszaki rajz előírásait.

A használat közben, a mérőeszközt ért külső hatások a mérési eredményt befolyásolhatják. Ezek közé tartozik a működést befolyásoló szennyeződés is (olaj, forgács, por, stb.). Ezért a mérés megkezdése előtt a mérő és vezető felületeket gondosan meg kell tisztítani (7.2.15 ábra).



7.2.15 ábra Tolómérce tisztítása []



7.2.16 ábra Cérnakesztyű használata []

A nullahibát a mérés megkezdése előtt ellenőrizni kell. A nóniuszos tolómérce nullahibáját a mérési eredmény kiértékelésénél mint előjellel rendelkező rendszeres hibát vesszük figyelembe. Számkijelzéses műszer esetében a nullázó gomb használatával a mérőeszköz nulla hibája korrigálható. A különböző mértékű mérőnyomás a mérések gyakorlásával csökkenthető, de ezt a célt szolgálja a tolóka finomállítóval történő mozgatása is. A munkadarab mérendő méretét a szárhoz minél közelebb kell mérni a tapintókkal (7.2.17 ábra).



7.2.17 ábra Helyes használat[]

A mérés során ügyelni kell arra is, hogy a tolómércét ne húzzuk le a munkadarabról, először olvassuk le a méretet, majd a mérőfelületeket szétnyitva vegyük ki az alkatrészt.

Számkijelzéses tolómércéken a mérés pillanatában mért értéket rögzíteni lehet a kijelzőn (7.2.10 ábra), illetve továbbítani lehet a kiértékelő egység felé. Nagyon fontos, hogy forgó, elmozduló alkatrészt mozgása közben nem szabad mérni!

Gyakran a megrendelő/vevő kalibrált tolómérce használatát írja elő adott méretek méréséhez (pl. autóiipari alkatrészek beszállításánál). A tolómérce kalibrálása külön előírás szerint történik meghatározott feltételek, eszközök és körülmények között, etalonok segítségével.

7.2.18. a) ábra []



A 7.2.18 a) ábrán kalibráláshoz használatos etalon készlet látható 30,0; 41,3 és 131,4 mm hosszú mérőhasábokkal és Ø 4,0 mm és Ø 25,0 mm furatátmérőjű kalibergyűrűkkel [].

7.2.18. b) ábra Készülék kalibráláshoz []

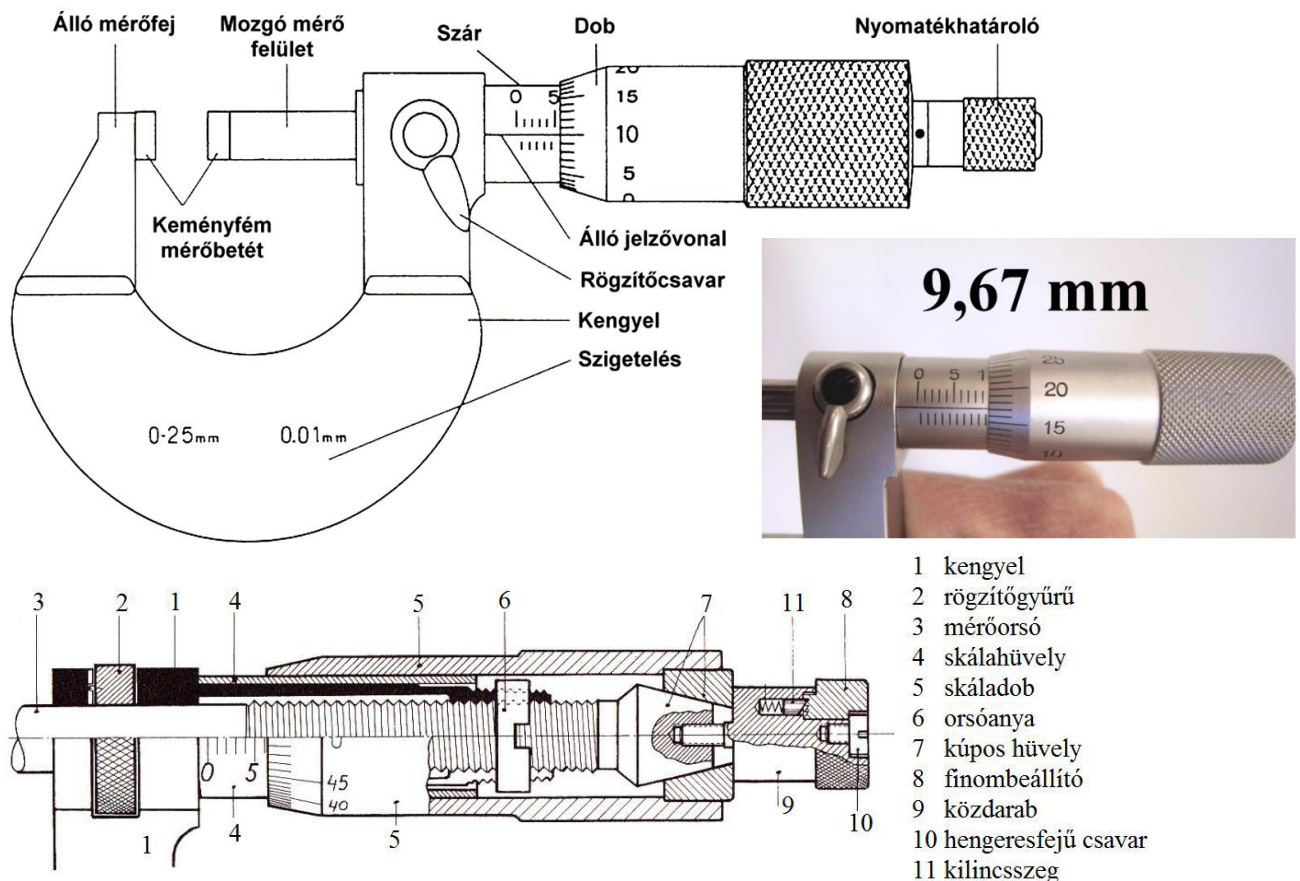


7.2.3 Mikrométerek

Felépítés

A mikrométer működésének **alapelve** a szögelfordulás átalakítása egyenes vonalú mozgássá. **Mérőeleme** egy nagy pontosságú menetes orsó, melynek menetemelkedése 0,5 mm vagy 1,00 mm. A nagyítást a menetemelkedés és a mm tört részeit tartalmazó dob hozza létre. A 0,50 mm menetemelkedésű mikrométernél a dob 50 részre osztott (50 század milliméter 50 részre osztva), így az osztásérték 0,01 mm.

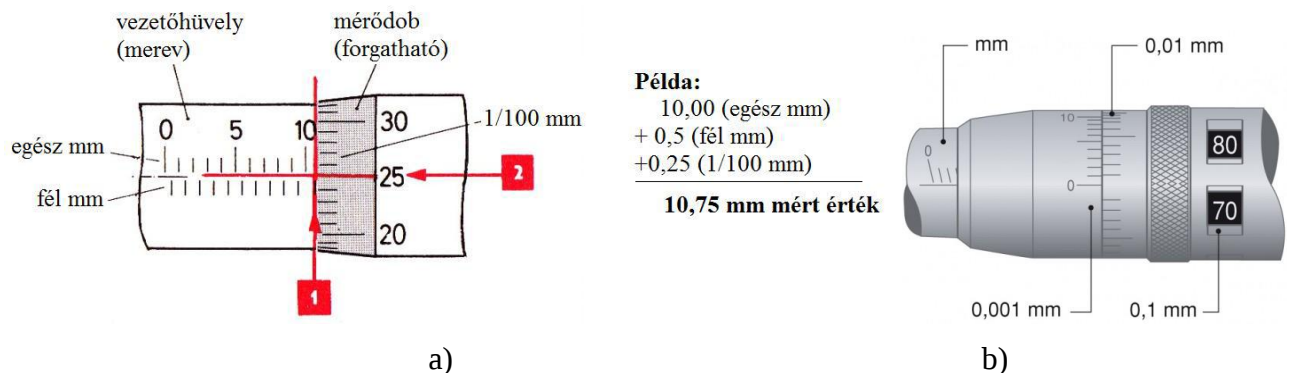
A hagyományos mikrométerek garantált felbontóképessége 0,01 mm, illetve 0,001 mm. Mérési tartományuk 25 mm. A mérési határa 0 – 25 mm, 25 – 50 mm, 50 – 75 mm, stb.



7.2.19 ábra A mikrométer fő részei []

A 7.2.19 ábra egy 1/100 mm osztásértékű mikrométer fő részeit és a szerkezetét mutatja.

A 7.2.20. a) ábra egy hagyományos (0,01 mm-es) mikrométer leolvasását szemlélteti: az egész és fél millimétereket a száron, a tized és század millimétereket a dobon olvassuk le. A b) ábra a parallaxishiba mentes nóniuszos skálával ellátott mikrométer leolvasását ábrázolja.



7.2.20 ábra Méretleolvasás mikrométeren []

A **digitális mikrométer** (7.2.21 ábra) a hagyományos leolvasáson túl a mért értéket nagyobb pontossággal számkijelzéssel jeleníti meg. A mérőelem ez esetben is a menetes orsó, melynek menetemelkedése egyes típusoknál pl. 1 mm vagy 2 mm (gyorsabb méreteállítás, pontosabb menet). E típusok mérési bizonytalansága ± 1 , ill. $\pm 2 \mu\text{m}$ -en belüli érték. Az adatkimenettel rendelkező típusoknál a mért értékek számítógépes kiértékelése adatfeldolgozó szoftverekkel nagymértékben kiszélesíti a használatot.



7.2.21 ábra Digitális mikrométer fő részei []

Hibák

Lényeges, hogy a mikrométereket is mindig a mérési feladatnak megfelelően válasszuk ki (típus, mérési tartomány, pontosság, ismételhetőség, reprodukálhatóság, stabilitás).

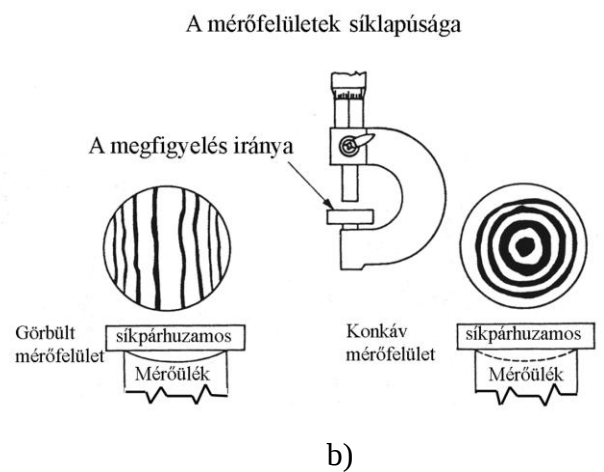
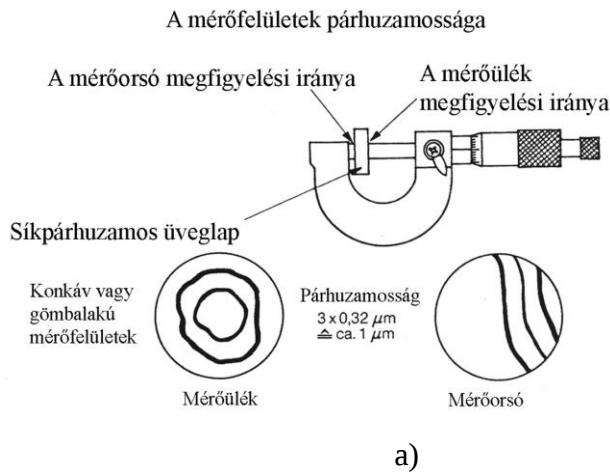
A mikrométerek mérési hibáját befolyásoló tényezők:

- nullahiba
- a mérőfelületek sík és párhuzamossági hibája
- a mérőorsó menetemelkedésének hibája
- orsó és anya közötti játék
- mérődob osztáshibája
- helytelen ránézés okozta leolvasási hiba
- kengyelkihajlás
- hőhatás eredetű hiba.

A mikrométerek pontosságát elsősorban a mérőorsó menetemelkedésének eltérése befolyásolja. A mérőnyomás állandó, ezt a finombeállítóval működtetett dörzsfék (nyomatékhatórő) biztosítja.

A megtisztított mérőfelületeket a finombeállítóval egymáshoz érintve (nagyobb méréstartományánál ellenőrző pálca közbeiktatásával) a **nullahiba** kimutatható, vele a rendszeres hibáknál tanultak alapján korrigálni lehet és kell a leolvasott értéket.

A **mérőfelületek párhuzamossága és síklapúsága** egyszerű módon ellenőrizhető síkpárhuzamos üvegkoronggal (optikai síküvegnek is nevezik). A párhuzamossági hiba vizsgálatánál (7.2.22. a. ábra) az üvegkorongot a mérőfelületek közé kell helyezni a finombeállító használatával úgy, hogy az mindkét mérőfelülettel érintkezzen. A megfigyelés két irányból történik. Párhuzamossági hibánál interferencia csíkok láthatók. A síklapúság vizsgálatnál az üvegkorongot az álló és a forgó tapintócsapon egymást követően helyezzük el.



7.2.22 ábra A mikrométer mérőfelületeinek vizsgálata

A síkparallel üvegorongokat készletben forgalmazzák. A készlet darabjai eltérő vastagságúak, így az orsó elfordított helyzetében is ellenőrizhető a párhuzamosság. A 7.2.23 ábra jellegzetes interferenciasávokat szemléltet.

Az a) ábrán a felület sík, de nem fekszik fel rajta teljesen az üvegorong, azaz a két tapintócsap nem párhuzamos.

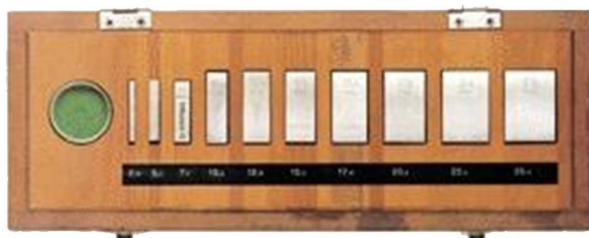
A b) ábra konvex felületet mutat, ahol a síktól való eltérés kb. $0,45 \mu\text{m}$, mivel a csíkok elhajlása kb. másfélszer nagyobb, mint a sávok közötti távolság ($0,3 \mu\text{m} \cdot 1,5$; fehér fénynél a sávok távolsága $\approx 0,3 \mu\text{m}$).

A c) ábra lencse alakú, míg a d) ábra hordó alakú felületet ábrázol.

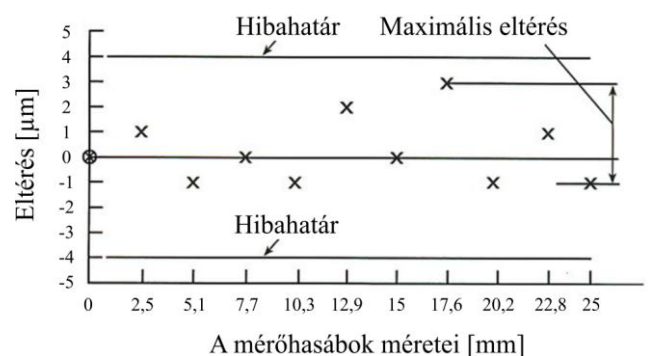


7.2.23 ábra Optikai síküveg a mérőfelület vizsgálatához []

A **menetemelkedés ellenőrzése** mérőhasábok segítségével történhet. A hiba a leolvasott méret és a „helyes” méretet megtestesítő etalon mérete közötti különbség. A mikrométer orsó vizsgálatához készletben is kapható mérőhasábsorozat, melynek méreteit úgy választották, hogy a menetes orsó ellenőrzése a kerület mentén ne egy alkotón történjen. A 7.2.24 ábrán látható készlet mérőhasáb méretei: 2,5; 5,1; 7,7; 10,3; 12,9; 15; 17,6; 20,2; 22,8 és 25 mm. A készlethez optikai síküveg is tartozik. A mérőhasábokkal végzett vizsgálat eredményei diagramban ábrázolhatók. (7.2.25 ábra). Az adott mérethez tartozó rendszeres hibával a mérőeszköztől leolvasott mért érték korrigálható.

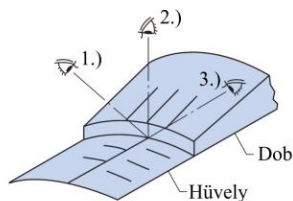


7.2.24 ábra Mérőhasábkészlet mikrométer vizsgálatához []



7.2.25 ábra Mikrométer hibadiagram

Leolvasásból eredő hiba akkor keletkezik, ha a leolvasást nem a kiinduló vonalra merőlegesen végezzük. A különböző szöghelyzetben a kapott érték mindig más lesz a parallaxis hiba miatt.



1.) helytelen leolvasás 2.) helyes leolvasás 3.) helytelen leolvasás

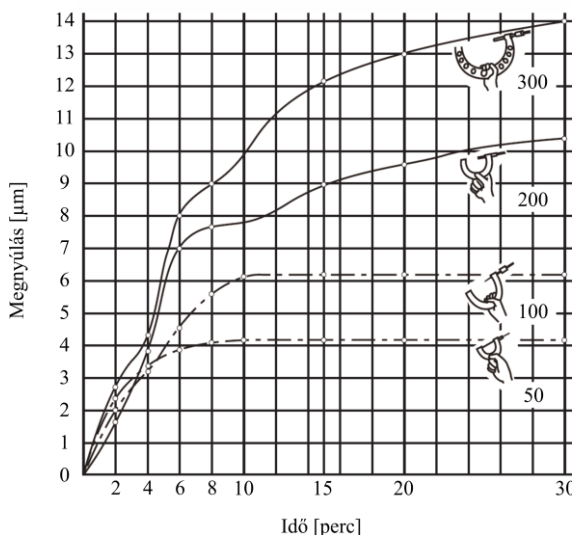
7.2.26 ábra A mért érték helyes és helytelen leolvasása mikrométernél []

Az orsó és anya közötti játék elsősorban az ún. beépíthető mikrométereknél jelent gondot (pl. mikroszkóp vagy projektor tárgyasztalát mozgató mikrométer), azonban egyirányból történő közelítéssel ez a hiba csökkenthető, kiküszöbölhető.

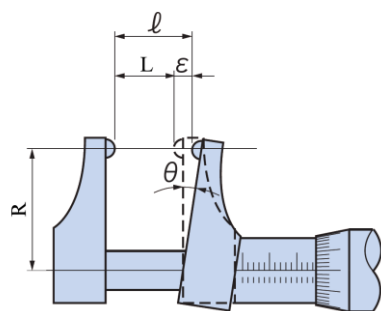
A 0,5 mm menetemelkedésű analóg mikrométerek leolvasásánál a figyelmetlenség, a gyakorlat hiánya okozhat durva hibát is, ha az álló jelző vonal alatti 0,5 mm-t nem vesszük figyelembe.

A mikrométer kengyel merevsége biztosítja a mérőfelületek helyes helyzetét. A kengyel hő hatására deformálódik, megnyúlik, a mérőfelületek ekkor nem párhuzamosak. Szabadkézzel történő használatnál a kengyel megnyúlásának mértéke jelentős, ahogy azt a 7.2.27 ábra mutatja. A műszergyártók e hiba csökkentése érdekében hőszigetelő burkolattal látják el a kengyelt.

A mikrométer beállításához, kalibrálásához használt mérőhasábok és a mérőeszköz is azonos, 20⁰ C hőmérsékletű kell, hogy legyen. A hőkiegyenlítéshez időre van szükség. Kísérletek igazolják¹⁾, hogy a termikus stabilitás eléréséhez gyakran 24 órára is szükség lehet, vagyis a mikrométernek és etalonjának azonos környezetben kell lenni több órán keresztül, mielőtt a nullpontot beállítanánk. Igen fontos a kesztyű vagy hőszigetelő eszköz (pl. fa csipesz használata) nagypontosságú méréseknél.



7.2.27 ábra A kengyel nyúlás alakulása []



7.2.28 ábra []

A 7.2.28. ábrán látható mikrométertípusnál az Abbe-elv nem érvényesül. Az orsó egyenességi hibája, az orsómegvezetés tökéletlensége, a mérőerő együttesen hatással van a kihajlás szögének mértékére. Ezen túl minél nagyobb az R távolság, annál nagyobb a fellépő hiba értéke.

Ugyanilyen jellegű hiba jelentkezik a hasonló kialakítású ún. csőrös furatmikrométereknél (7.2.33 ábra). Az erőhatás ellentétes, azaz a hiba rövidülést okoz a mérőpontok között.

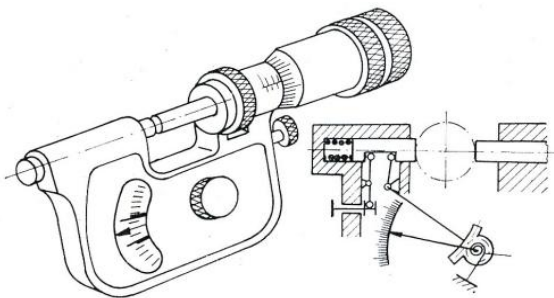
Megjegyzés: ¹⁾ A diagramot a Mitutoyo katalógus tette közzé adott kísérletsorozat eredményeire hivatkozva. []

Kialakítások

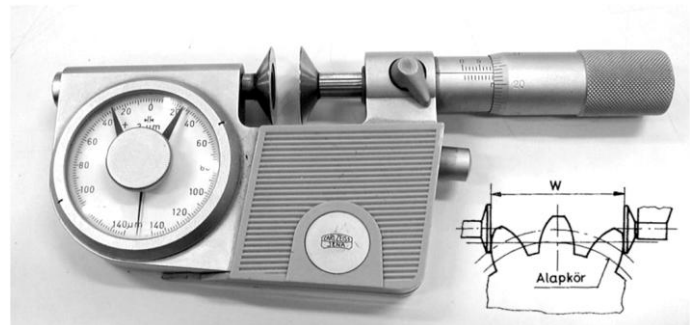
A következőkben néhány példát látunk a mikrométer sokoldalú kialakítására és felhasználására.

A mérőeszköz felbontóképessége a 7.2.29 ábrán ábrázolt mikrométernél $0,002\text{ mm}$. A mikrométer hagyományos mérőcsapja ennél a kialakításnál mozgatható. A csap kismértékű elmozdulását a fogaskerék – fogasív áttétel felnagyítja, a fogaskerék tengelyére szerelt mutató a skála előtt elfordulva jelzi annak nagyságát. Az egész, tized és század millimétereket a hagyományos módon lehet a szárról és a dobról leolvasni. Kisebb sorozatok különbségmérésére is alkalmas, mivel egy kiemelő gomb segítségével a bal oldali csap a rugó ellenében elmozdítható, így a munkadarab a mikrométerorsó mozdtítása nélkül is kivethető a mérőfelületek közül.

Hasonló módon működik a 7.2.30 ábrán látható mikrométer is, melynek különlegessége, hogy a tapintócsapok végén lévő tárcsákkal fogaskerek többfoglómérete közrefogható és mérhető.

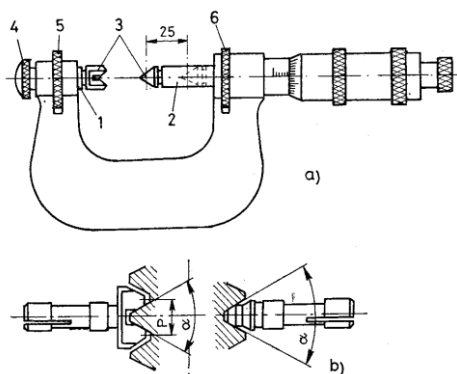


7.2.29 ábra Finomtapintós mikrométer vázlata



7.2.30 ábra Lengőmutatós (finomtapintós) többfoglómérő mikrométer

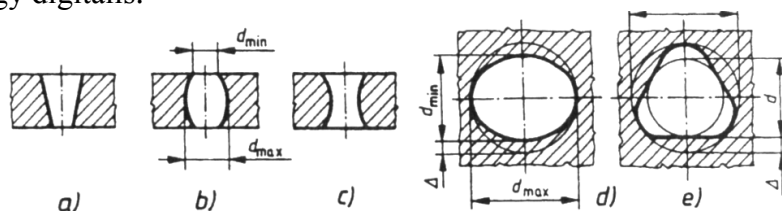
A **középpátmérő** a csavarmenet tűréssel ellátott fontos mérete. A menetmikrométer (7.2.31 ábra) mérőcsapjainak (1 és 2) végein kialakított furatokba cserélhető mérőbetétek illeszthetők. A betétpár egy villás és egy kúpos tagból áll. Minden menetemelkedéshez külön betétpár (3) szükséges. A szabványos menetemelkedés sorozathoz készített betétpárok (7.2.31 b. ábra) a mikrométer tartozékai, azzal együtt forgalmazták. A mérés megkezdése előtt a betétek különbözősége miatt mindig nullára kell állítani a mikrométert. A bal oldali tapintócsap egy finomállító csavarral (4) elmozdítható. Amikor a betétek összeérnek, a csapot rögzíteni kell (5). A mérőorsó elforgatásával a betétek egymástól eltávolodnak, a munkadarab közrefogható. Ügyelni kell arra, hogy a legnagyobb átmérőnél mérjünk. A mért érték a hagyományos módon olvasható le.



7.2.31 ábra Menetközéppátmérőt mérő mikrométer

A **furat**ot átmérője és középpontjának helyzete határozza meg. A középpont eltérését a helyzethibák közé sorolva, a furatra jellemző hiba a megadott átmérőtől való eltérés. A furathibákat – a sugár változását – tengelymetszetben, illetve a tengelyre merőleges metszetben a középponti szög függvényében vizsgálhatjuk. Néhány jellegzetes furathibát mutat az 7.2.32 ábra. A mechanikus furatmérő eszközök lehetnek közvetlen leolvasású (a normál mikrométer furatmérésre alkalmas változatai) vagy különbségmérő (a normál mérőórák furatmérésre alkalmas mérőcsappal ellátott változatai) eszközök. Csoportosíthatók a mérőpofák száma szerint is, így lehetnek két- vagy

három ponton mérő műszerek. Kialakításuk a mérendő furat méretétől függően különböző. A méret kijelzése analóg vagy digitális.

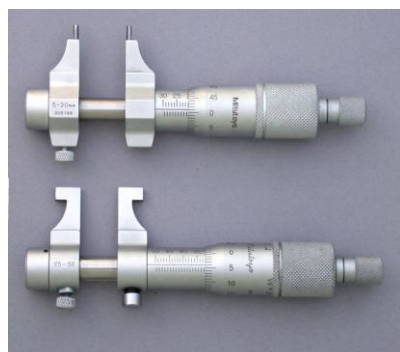


7.2.32 ábra. Jellegzetes furathibák [1]

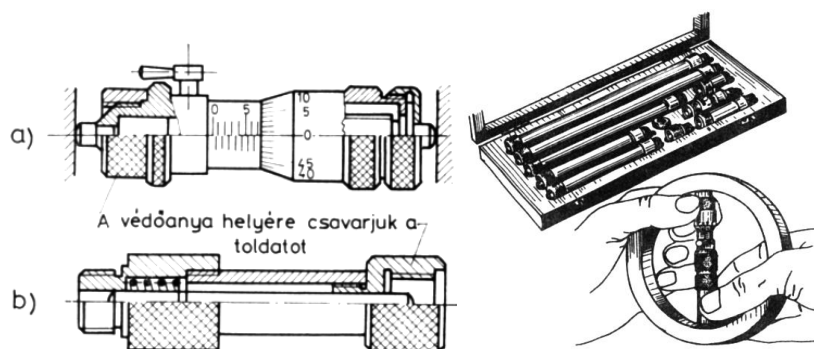
a) kúposág; b) hordósság; c) nyergesség; d) ovalitás; e) körháromszögűség

A két ponton mérő furatmérők csak az ovalitást tudják érzékelni, sokszögűségi hibák kimutatására nem alkalmasak. A körháromszögűség (K profil) olyan furathiba (csap esetén is előfordulhat), amelyre jellemző, hogy a furat szemben fekvő pontjai egymástól egyenlő távolságra vannak, de a furat alakja jellegzetesen háromszögletű. Ennek következménye, hogy az azonos méretű furat és csap nem illeszthető, ha bármelyikük K profilos. Ha az alakhűség megállapítása is szükséges, akkor három ponton mérő műszert használunk. A háromszögűségi hiba kimutatására alkalmas eszköz, az ún. **passziméter**, melynek mérőcsapjai 135° - 135° - 90° -os szöget zárnak be egymással. A 120° -os szögben elhelyezkedő mérőcsapokkal is csak az ovalitást észleljük.

A két ponton mérő **mérőcsőrös furatmikrométer** (7.2.33 ábra) 3 mm (5mm) feletti belső méretek mérésére alkalmas általában 5 ...30 mm vagy 30 ...55 mm mérési tartományban. A mérőfelületek stabil helyzetét vezetőcsap teszi lehetővé. A mérőcsőrök vastagságát a méret leolvasásakor nem kell figyelembe venni, mert a skála ennek megfelelően készül.

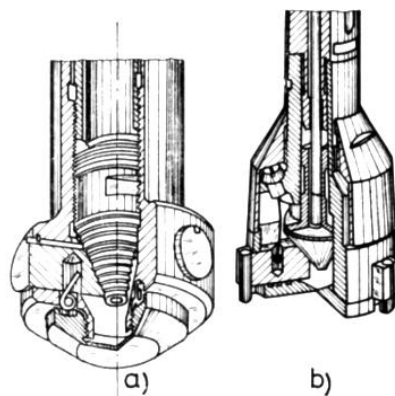
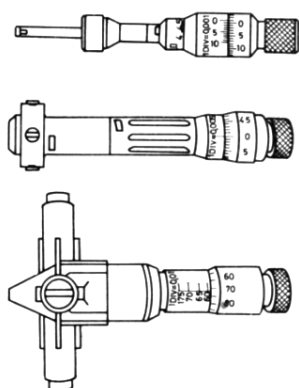


7.2.33 ábra Két ponton mérő furatmikrométerek



7.2.34 ábra Pálcás furatmérő mikrométer

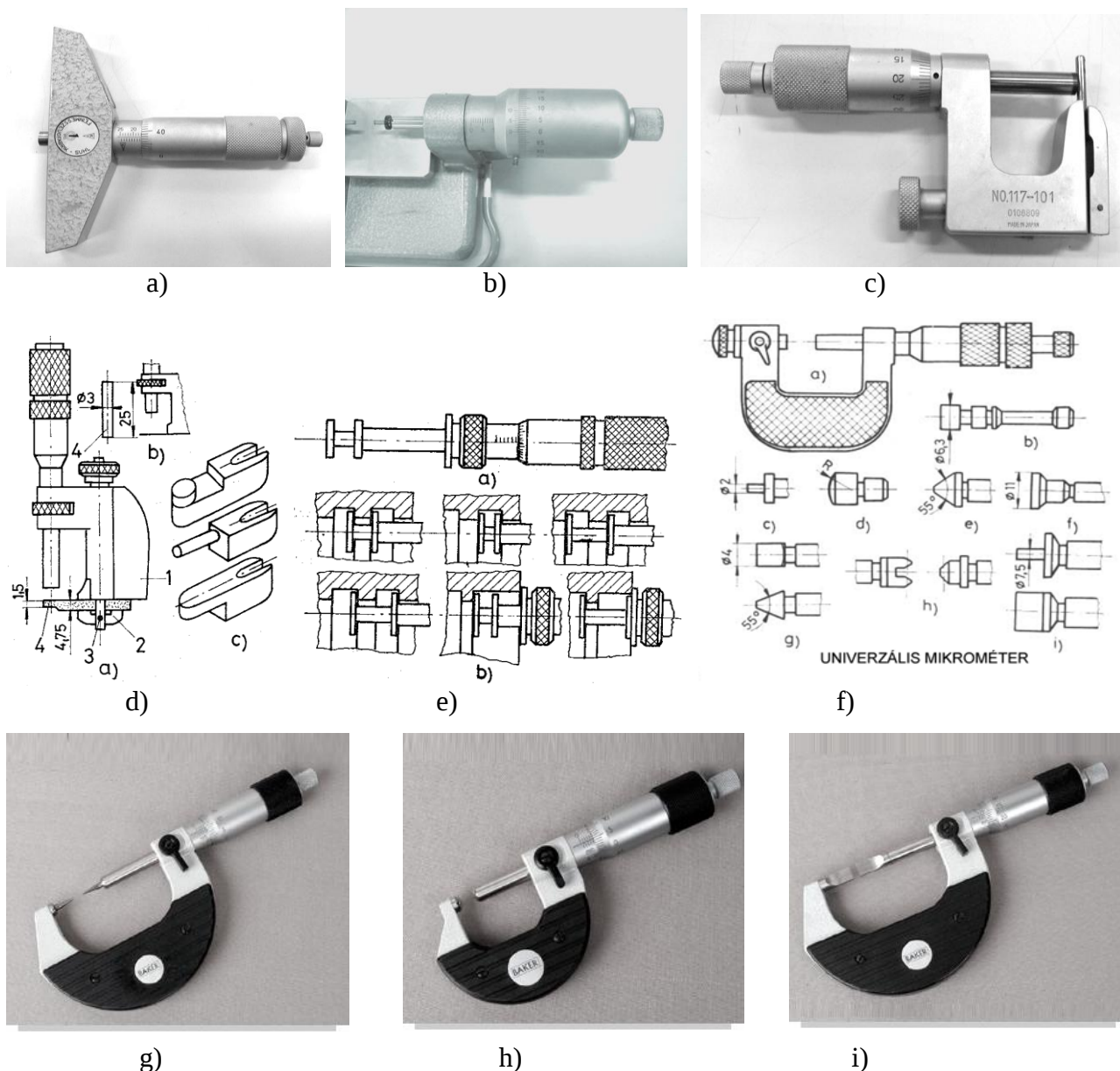
Szintén két ponton mérő a **pálcás furatmikrométer** (7.2.34 ábra). Az alpmikrométer mérési tartománya a védőanya helyére csavart hosszabbítókkal bővíthető 50 mm-től akár 1500 mm-re is. Helyes használatakor arra kell ügyelni, hogy a furat tényleges átmérőjét mérjük. Akkor járunk el helyesen, ha a mérőeszköz a furat középvonalára merőlegesen áll és középvonala átmegy a furat középvonalán. Mivel finombeállító nincs a műszeren, a mérőnyomás változhat. Használata nagy gyakorlatot igényel.



7.2.35 ábra Három ponton mérő furatmikrométerek

Három ponton mérő furatmikrométereket mutat be a 7.2.35 ábra. A mérőcsapok mozgatása lépcsős menettel vagy kúppal történik.

A különleges kialakítású mikrométerek egy-egy speciális mérési feladat elvégzésére alkalmasak. A 7.2.36 ábra ezekből szemléltet néhány típust.



7.2.36 ábra Különféle kialakítású mikrométerek

a) Mélységmérő mikrométer; b) Beépíthető mikrométer 1/1000 mm-es nóniusszal; c) Speciális kengyelű mikrométer; d) Speciális kengyelű mikrométer cserélhető tartozékokkal; e) Horonymérő mikrométer; f) Többcélú mikrométer cserélhető betétekkel; g) Csúcsstapintós mikrométer; h) Csőfalvastagságmérő mikrométer; i) Horonymérő mikrométer

Használat

A mikrométerek elhelyezésére, tárolására vonatkozó javaslatokat a mérőeszköz pontosságának megőrzése és hosszú élettartamának biztosítása érdekében célszerű betartani.

Soha ne tároljuk a mikrométert meghúzott orsórögzítővel és mindig maradjon rés a mérőfelületek között. Mint minden hosszmérőeszközt, ezt is óvni kell a nagy hőkülönbségtől (fagy, napsugárzás, hőhatás).

A tárolást előzze meg gondos tisztítás, majd a mérőeszközt legjobb tárolódobozban tartani vagy pamutruhával letakarni.



7.2.29 ábra MÉRŐHASÁBBEFOGÓ TARTOZÉK MIKROMÉTER KALIBRÁLÁSHOZ []

A mérés megkezdésekor, a nullapont beállítása előtt a mérőfelületeket meg kell tisztítani. Az állványban a kengyel középső részét kell megfogni, ügyelve arra, hogy a műszer dőlésszöge olyan legyen, hogy a méretleolvasás merőlegesen történjen (7.2.26 ábra). Törekedni kell arra, hogy a kéz melege minél kevésbé vegye át a mikrométert, célszerű a kesztyű használata (kalibrálásnál elengedhetetlen, 7.2.29 ábra).

A kézben tartott kengyeles mikrométer helyes megfogása során a kisujjal a kengyelt átkarolva (felfelé fordított tenyérrel) a hüvelyk és mutatóujjal forgatjuk a dobot, illetve a nyomatékhatárolót. Fontos, hogy a munkadarab

megközelítése és érintése mindig a mérőnyomás állandóságát biztosító nyomatékhatárolóval történjen (7.2.30 ábra).



7.2.30 ábra Kengyeles mikrométer használata www.uni-max.hu, www.photaki.de

Kiegészítés

A digitális mikrométerhez csatlakoztatható kiértékelő egység. A mérési adatok továbbíthatók PC-re is az RS-232C adatkimeneti porton.

A 7.2.37 ábrán látható hordozható kivitelű adatprocesszor a Digimatic adatkimenetes mérőeszközök (mikrométer, tolómérce, stb.) mért értékeinek nyomtatására és statisztikai kiértékelésére alkalmas: mérési adatok megjelenítése (adatok csoportja), legnagyobb és legkisebb mért érték, a hibás darabok száma, jó és nem jó minősítés. Továbbá megjeleníti a statisztikai folyamatszabályozáshoz (SPC) nélkülözhetetlen statisztikai adatokat és diagramokat: pl.: átlag, terjedelem, szórás, képességindexek, hisztogram, R-kártya, szabályzó kártyák beavatkozási határral, és természetesen a dátumot és az időt.



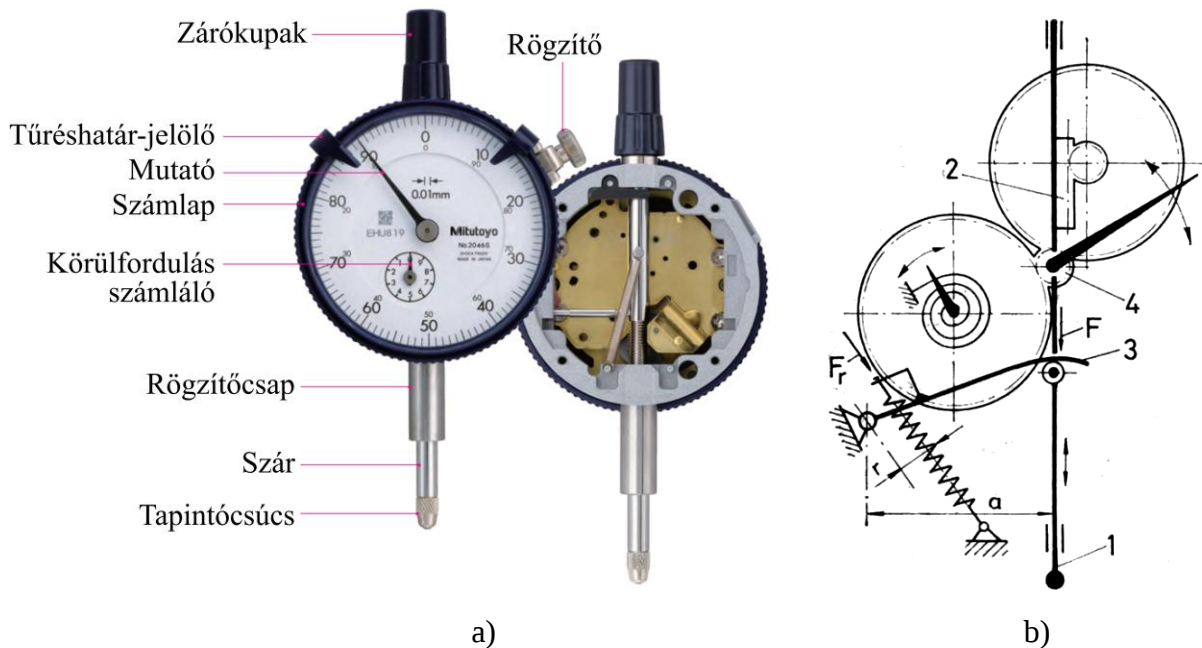
7.2.37 ábra Digitális mikrométer állvánnyal és kiértékelő egységgel

7.2.4 Mérőórák

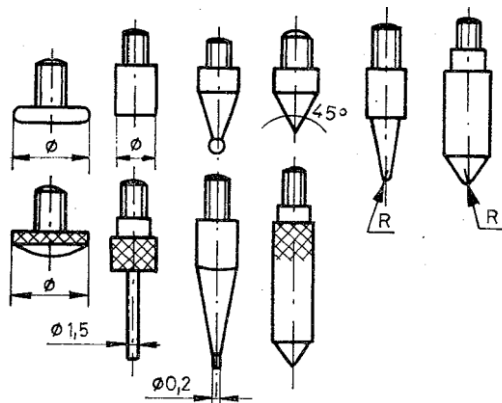
A mérőóra széles körben alkalmazott, sokoldalúan használható mérőeszköz, melyet leggyakrabban különbségmérésre használnak.

Felépítés

A tapintócsap elmozdulását fogasléc - fogaskerék áttétel felnagyítja, ezt jelzi ki a számlap előtt körbeforgó mutató. Az érintkezést a mérendő tárggyal egy rugó biztosítja. A felbontó-képesség: 0,01 mm vagy 0,001 mm. A 8,00 mm átmérőjű befogócsapot mérőóra állványban vagy befogószerkezetben kell rögzíteni. Különbségmérésnél a névleges méretet megtestesítő etalont a tapintócsap alá kell helyezzük, majd a mérőórát ebben a helyzetben állítjuk nullára.



7.2.32 ábra Mérőóra és szerkezeti vázlata []



7.2.33 ábra Cserélhető tapintócsúcsok

A mérőcsap munkadarabbal érintkező utolsó eleme cserélhető. Ezek a tapintócsúcsok (7.2.33 ábra) a pontszerű érintkezést biztosítják a mérendő munkadarab alakjához igazodva.

A mérőórák méréshatára 0,01 mm-es osztásértéknél általában 5 mm, 10 mm, 20 mm, de forgalomba kerülnek ennél nagyobb mérési tartománnyal rendelkezők is. A 0,001 mm-es kijelzésű mérőórákban további 1:10 áttételt biztosító fogaskerékpár van, méréshatáruk leggyakrabban 1 mm.

A 7.2.34 ábrán egymás mellett látható egy-egy 0,01 mm és 0,001 mm felbontóképességű mérőóra.

A 7.2.35 ábra szögtapintós mérőórát szemléltet. Szerkezete lehetővé teszi a tapintócsap elfordítását a mérőnyomáshoz képest lényegesen nagyobb erővel 120°-os szögben mindkét irányban. A

befogáshoz szükséges felerősítő csapot a mérőórán három helyzetben lehet rögzíteni prizmas vezetékekben. A befogócsap átmérője 8 mm. Alkalmas ütés, párhuzamossági eltérés, stb. mérésére.

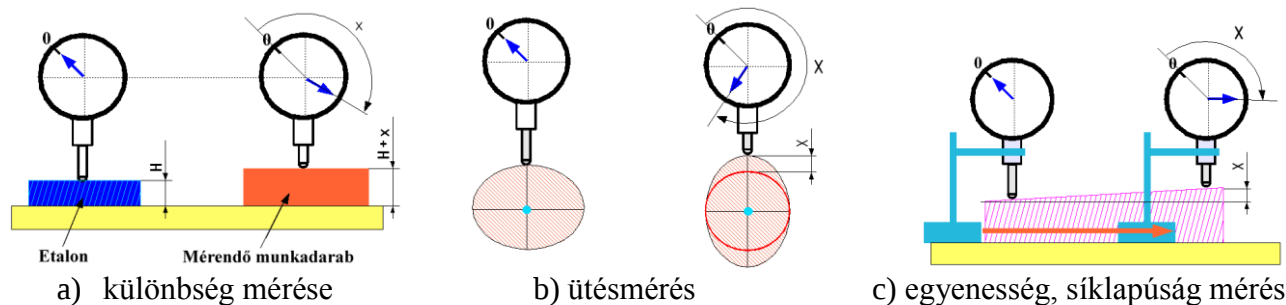


Mérőóra 0,01 mm Mérőóra 0,001 mm

7.2.35 ábra Szögtapintós mérőóra []

7.2.34 ábra []

A mérőórák jellegzetes felhasználását mutatja be a 7.2.36 ábra vázlatosan. Mindhárom esetben a mérőórát rögzíteni kell olyan állványban, mely az óra fel-le mozgatását (0,001 mm-es mérőóránál finomállítási lehetőséggel) és kívánt helyzetben szilárd rögzítését lehetővé teszi. A névleges méretet különbségmérésnél (7.2.36 a. ábra) megtestesítheti egy etalon (pl.: mérőhaságkombináció) vagy egy ismert méretű munkadarab (minta-, vagy mesterdarabnak is nevezik). Az etalon érintésekor a mérőórát úgy kell 0-ra állítani, hogy a tapintócsapnak felfelé és lefelé is mozgási lehetősége legyen (a kismutató tartományának közepén) azért, hogy a névleges méretnél kisebb méret (a tapintó lefelé fog mozdulni a mérőerő hatására) és a névleges méretnél nagyobb méret (a tapintó felfelé fog mozdulni) okozta eltérés egyaránt mérhető legyen. A tapintócsap felfelé mozdulásakor a számlap előtt elforduló mutató az óramutató járásával megegyező irányba mozdul (jobbra). Az etalonhoz képest kisebb munkadarab mérésekor a mutató balra tér ki.



7.2.36 ábra Mérőórák felhasználásának elvi vázlatai [http://commons.wikimedia.org/

A mérőórák pontosságának ellenőrzése. A mérés pontosságát elsősorban a mérőóra összhibája befolyásolja. Ennek okai: nem tökéletes fogaskerekek, ingadozó mérőnyomás, a kapcsolódó elemek közötti játék okozta irányváltási hiba. A hibák kalibrálással meghatározhatók.

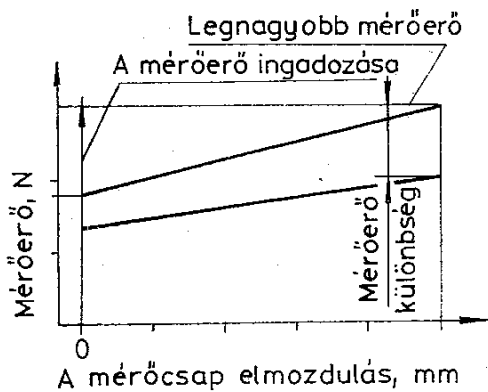
Az alapeltérés, az értékmutatás szórásterjedelme és az irányváltási hiba határértékeit a különböző pontossági osztályokba tartozó mérőóráknál szabvány tartalmazza.

Megjegyzés:

Alapeltérés: „a mérőóra adott mérési tartományán belül az egyirányú (általában lefelé menetben végzett) méréssel megállapított hibákból képezhető legnagyobb algebrai különbség”.

Az értékmutatás (szórás)terjedelme: „az azonos méretek ismételt mérése során mért legnagyobb és legkisebb érték különbsége, ha az ismételt méréseket azonos körülmények között és azonos módon végezzük”.

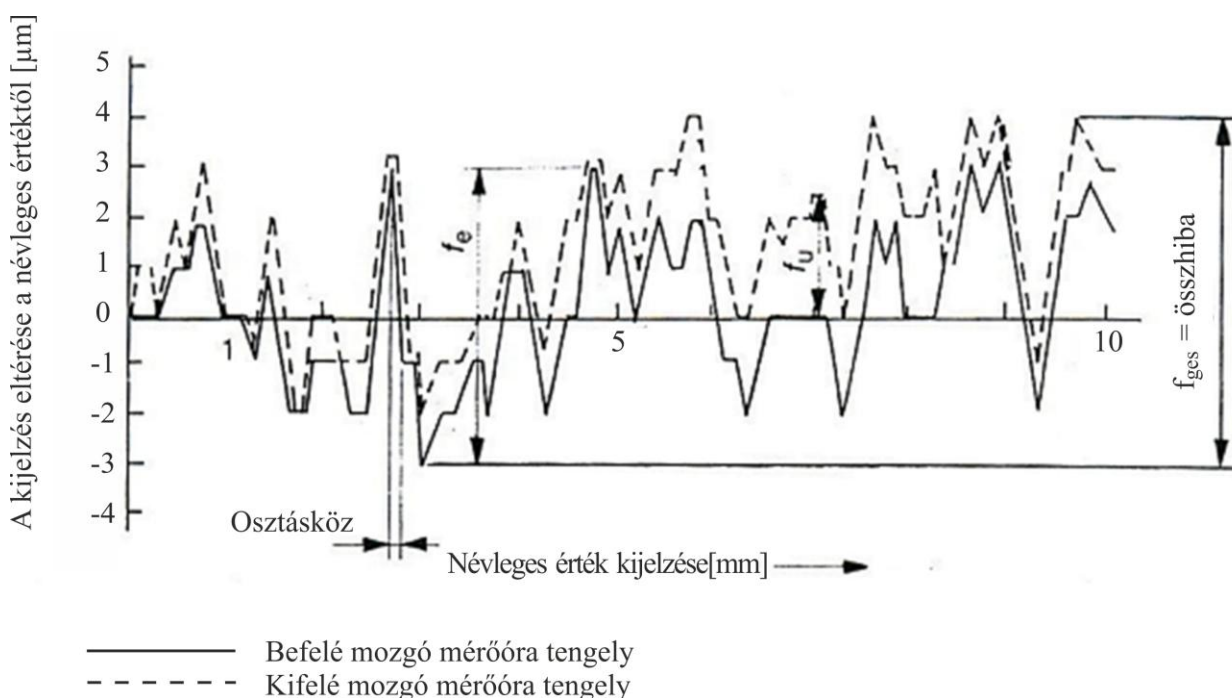
Az irányváltás hibája: „a felfelé és lefelé menetben mért értékek különbsége”.



7.2.37 ábra A mérőóra mérőerő változása []

A mérőerő különbségét az okozza, hogy a mérőcsapon keletkező surlódási ellenállás a felfelé mozgáskor a rugóerőt növeli, lefelé mozgáskor pedig csökkenti. A változás és a különbség kimutatható. A vizsgálatnál a mérőórát egy olyan speciális állványba fogják, melyben egyenletesen eltolható a mérőóra egy menetes orsóval. A mérőcsap egy mérlegkarra támaszkodik, mely a mérőerőt mutatja az elmozdított mérőóracsap különböző helyzetében. A 7.2.37 ábra a mérőerő változását mutatja a mérőóra csap elmozdulásának függvényében.

Az **összhiba vizsgálatakor** a tapintót egyenletes osztással, szakaszosan kell elmozdítani kihasználva a teljes mérési tartományt. Minden tapintóállásnál leolvasható a skálán mutatott érték. A hiba a skáláról leolvasott érték és a tapintó ismert (etalonnal létrehozott) elmozdulása közötti különbség. A mérőóra hibagörbéje a tapintó elmozdulásának függvényében mutatja a hiba értékét.



7.2.37 ábra A mérőóra hibadiagramja []

A **mechanikus mérőóra** hibadiagramjának jelölései (DIN 878 szerint):

- f_{ges} – a mérési tartományban mért legnagyobb hiba (a kifelé és a befelé mozgó mérőcsap legnagyobb hibáinak különbsége),
- f_u – irányváltási hiba (histerézis), a kifelé és a befelé mozgó mérőcsap azonos helyzetében mért hibakülönbségei közül a legnagyobb,
- f_e – a mérőcsap egyirányú mozgása során fellépő legnagyobb hiba,
- f_t – két főosztás között mért legnagyobb és legkisebb hiba különbsége a méréstartomány tetszőleges részén.
- f_w – ismétlődőképesség, egy kiválasztott helyen ismételt, legalább 5 mérés értékének terjedelme.

Az összhiba és az irányváltási hiba vizsgálatának a kétirányú mozgású méréseknél van jelentősége.

A **digitális mérőórák** vizsgálata a mechanikus mérőórákéval megegyezik, kivéve: a mérőórát vizsgáló berendezésen a névleges értékek beállításra kerülnek, az ettől való eltérés olvasható le a mérőórán, valamint a mérőóra tapintója befelé mozog (a számlálási hiba +/- 1 számjegyre).



7.2.38 ábra Kalibráló készülék

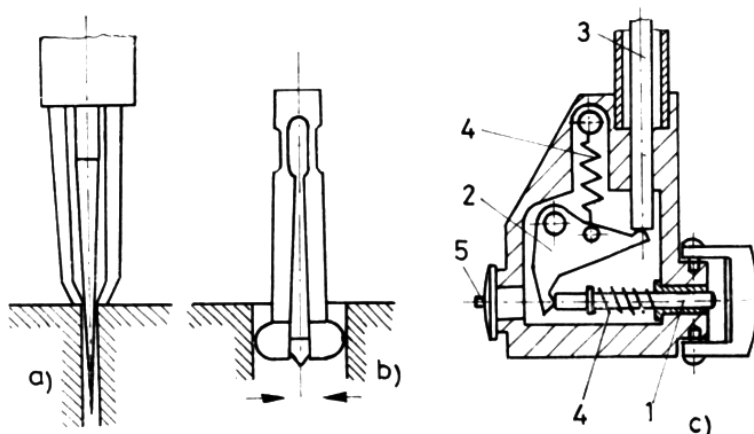


7.2.39 ábra Mérőkészülék kalibrálásához[]

A 7.2.38 ábrán látható kalibráló készülék felhasználható analóg vagy digitális mérőórák, szögtapintók, mérőtapintók kalibrálásához. Mérési tartománya 0 – 1 mm, felbontása 0,0002 mm. A vizsgálandó mérőeszköz befogó egysége függőlegesen mozgatható (finomállítási lehetőséggel), a kívánt helyzetben rögzíthető. A (pl.) mérőóra tapintócsapja az üléket érinti, mely a képen jobb oldalon látható nagy átmérőjű menetes orsóval fel és le mozgatható pontos vezetékben. A mikrométer dobosztása 0,2 μm . A mikrométerorsót lefelé mozdtatva az ülék felfelé mozdul karos mechanizmus (1 : 10) közvetítésével. Használata: A mikrométerdob 0 osztásához fordítjuk a főosztásokat tartalmazó szár egyik fő osztását (a szár elfordítható) a mérési tartomány felső tartományában. A finombeállító segítségével a befogott, rögzített mérőórát a mérési tartomány alsó határán, vagy a vizsgálatra kijelölt tartomány alsó értékénél kinullázzuk ügyelve a parallaxishiba mentes leolvasásra. Ez jelenti a hibadiagram kiinduló nullapontját. A mikrométerorsót addig forgatjuk, amíg a mérőórán a meghatározott elmozdulást létre nem hoztuk (pl.: 1 osztás, 5 osztás, 10 osztás, stb. – attól függően, hogy milyen távolságokban kívánjuk a mérési tartományt vizsgálni), ezután olvassuk le a mikrométer dobosztásán az eltérést a névleges mérettől. A készülék a kéz alátámasztására alkalmas lapot tartalmaz. A masszív, merev készüléktest a Bessel pontokon elhelyezett támasztékokon felszik fel.

A mérőóra kalibrátor (7.2.39 ábra) univerzális mérőkészülék mérőóra, szögtapintós mérőóra, furatmérők kalibrálásához. A mérést és kiértékelést szoftver teszi lehetővé. Keményfém betétes a mérőfelület. Mérési tartománya 0 – 101 mm, felbontása 0,02 μm .

Kialakítások



7.2.40 ábra Mérőórás furatmérő eszközök vázlatai []

A mérőórás furatmérő eszközök a beállított névleges furatátmérő és a tényleges átmérő közötti különbséget érzékelik. A 7.2.40 ábra a furatmérőórás mérőfejének leggyakrabban alkalmazott kialakításait mutatja be. A különbségmérés elvén működő eszközök beállításához (0-ra állítás) ismert átmérőjű ún. kalibergyűrűt



használnak. A 7.2.40 a) ábrán

tűszerűen kialakított mérőcsap látható, amelyet két oldalról rugós támaszték fog közre. A mérés

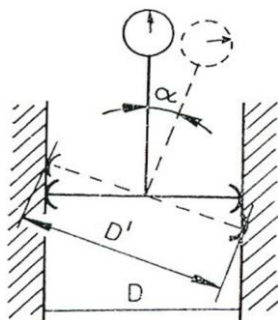
során a kúpos tűt a furatba helyezzük úgy, hogy a támaszok a munkadarab felületén támaszkodjanak fel. A tapintócsap (tű) elmozdulását mérőóra jelzi ki. A furat szélén felfekvő támaszok alatti sorja vagy leélezés a mérést megkönnyíti.

Nagyobb furatokat **kúpos** áttételezésű mérőórával mérünk (7.2.40 b) ábra). A kúp a felhasított, rugózó hüvelyben hengeres nyomórugó hatására mozog. A hüvely alsó része gömb, felső része menettel csatlakozik a mérőóra tartóhoz. A mérési tartomány változtatását a cserélhető hasított hüvelyek teszik lehetővé. Készülnek 0,95-1,55 mm közötti méréstartományban is ebből a típusból.

15 ...20 mm-nél nagyobb átmérőjű furatok különbségmérő eszköze lehet a **szögemeltyűs** mérőórás furatmérő. A szerkezet egyszerűsített vázlatát a 7.2.40 c) ábra mutatja be. A mozgó tapintó (1) egy szögemelőnek (2) támaszkodik, mely mozgását a mérőóra meghosszabbított csapjának (3) adja át. Az állandó kapcsolatot két rugó (4) biztosítja. A fej másik mérőcsapja (5) mereven rögzített. A mérési tartomány növelése cserélhető csapokkal történik.



7.2.41 ábra



7.2.42 ábra

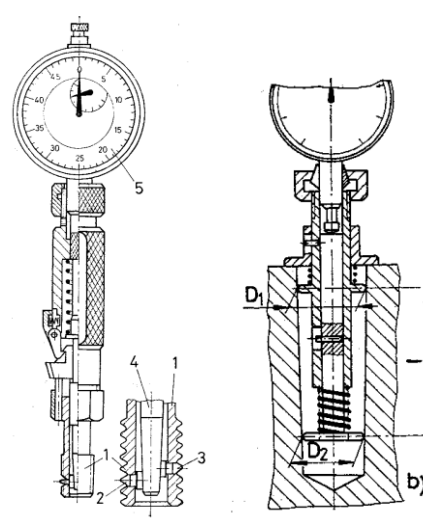


7.2.43 ábra

A 7.2.41 ábra szögemelős futamérővel történő átmérő mérést mutat be. A helytelen, gondatlan eszközhasználat hibát okoz. Arra kell ügyelni, hogy a két ponton mérő furatmérő mérőfelületei tengelyre merőleges metszetben mindig a legnagyobb méretet, az ármérőt (nem hűrt) mérjék, ugyanakkor tengelymetszetben a mérőórás furatmérőt jobbra, balra megdöntve a mérőórán mutatott legkisebb érték a valódi átmérő (7.2.42 ábra).

A furatmérő eszközökbe épített mérőórák számlapja esetenként eltér a külméretet mérő mérőóra hagyományos számlapjától azért, mert a mérőóra tapintócsapja a névleges méretű furatnál kisebb méretű furat esetén felfelé, nagyobb méretnél lefelé mozdul, vagyis a nagyobb méret kijelzése az óramutató járásával ellentétes irányú. A 7.2.43 ábrán jól látható a piros színű számsor és a kismutató mögötti piros skála. Furatok mérésénél ezeket leolvasva a tényleges eltéréseket kapjuk számítás nélkül.

Példák mérőórák alkalmazására furatok, anyamenet és kúpos furat mérésénél (7.2.44 ábra).



7.2.44 ábra

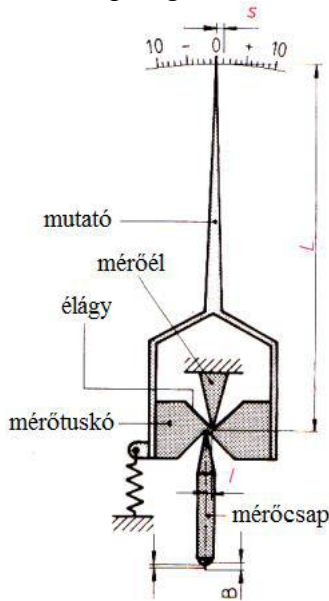
7.2.5 Mechanikus finomtapintók

A finomtapintók mérési tartománya általában 1 mm alatti, szerkezeti kialakításuk miatt alkalmasak $1\mu\text{m}$ és annál kisebb értékek megbízható kijelzésére, ismétlési hibájuk kicsi, megbízhatóak.

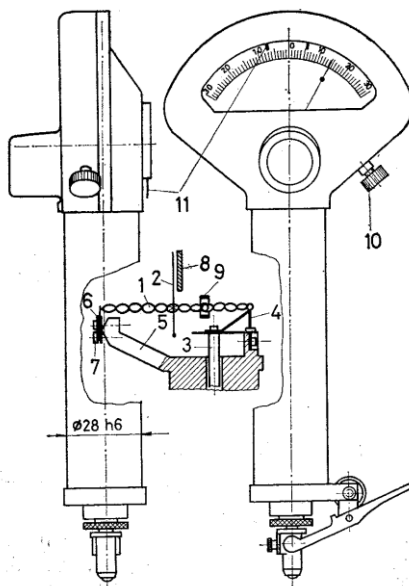
A mechanikus finomtapintóknál a mérőcsap elmozdulását mechanikai áttételek – egyenes emelőkarok, szögemelő, fogasívek, fogaskerek és ezek kombinációi viszik felnagyítva a mutatóra.

Hirth-féle miniméter

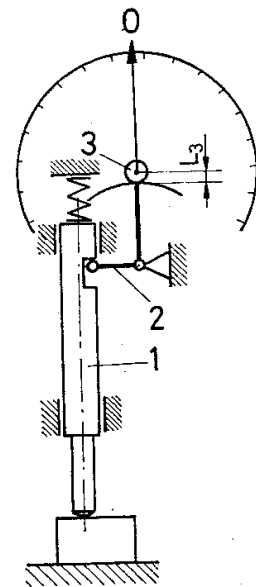
A legrégebbi mechanikus finomtapintó, a Hirth-féle miniméter elve látható a 7.2.45 ábrán. A mérőcsap elmozdulását egy szögemelő nagyítja fel, forgó alkatrészt nem tartalmaz. Legfontosabb eleme a két élágygal készült a mérőtuskó, melyhez mereven csatlakozik a mutató. A tuskó két szemközti oldalán elhelyezkedő két élágyba illeszkednek a mérőélek, ezek közül az egyik a mérőcsap végén van, a másik a műszertesten. Terjedelmes mérete miatt nem alkalmazzák már.



7.2.45 ábra Hirth féle miniméter



7.2.46 ábra Mikrokátor



7.2.47 ábra Orthotest

Mikrokátor

A mikrokátor működési elvét a 7.2.46 ábra mutatja. A nagyszilárdságú, hosszában megcsavart beriliumbronz szalagrugó (1) egyik vége a tapintócsappal (3) mozgató szögemelőhöz (4), másik vége a műszerházhoz (5) csatlakozik. A mutatót (2) a szalagrugó közepéhez rögzítették. A mérés során a tapintócsap emelkedésekor a szögemelő elfordul és meghúzza a szalagrugót, a csavarodás megváltozik, a mutató elfordul az $1\mu\text{m}$ osztásértékű skála (8) előtt. Az áttétel függ a szalagrugó keresztmetszetétől, hosszától, menetszámától, és a mutató hosszától. A szár 28 mm átmérőjű, a mérőórához hasonlóan fogható állványba. A mikrokátor bár kis ismétlési hibájú, érzékeny mérőeszköz, üzemi mérésre is alkalmas, azonban ma már nem használatos nagy helyigénye miatt.

Orthotest



Az orthotest (emelőkaros mérőórának is nevezik) egyesíti a mérőóra fogaskerékátvitelét és a miniméter karátvitelét. A 7.2.46 ábra a működést szemlélteti. A mérőcsap (1) elmozdulásakor elfordul a szögemelő (2) a hozzá rögzített fogasívvvel együtt, mely egy kis átmérőjű fogaskereket (3) forgat. A fogaskerék tengelyével együtt a mutató is elfordul a skála előtt. A mérőeszköz nagyítása ezerszeres, felbontóképessége $1\mu\text{m}$, mérési bizonytalansága $0,1\mu\text{m}$. 8 mm átmérőjű befogó csapja (állványba fogható), kis helyigénye, pontossága és kedvező ára miatt széles körben alkalmazzák az üzemi gyakorlatban is.

7.2.48 ábra Ma használatos orthotest rendszerű finomtapintó képe