



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki Kar
Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

6. mérés

Mérés mérőmikroszkóppal

Segédlet a
Méréstechnika (BMEGEMIAMG1)
Mérés, jelfeldolgozás, elektronika (BMEGEMIMT01)
Műszertechnika (BMEGEFOAG02)
tantárgyak laboratóriumi méréseihez

Budapest, 2015

A mérés célja

A mérés célja az ún. műhelyi mérőmikroszkóppal való mérés megismerése és egy alkatrész műhelyrajzának elkészítése.

A mérés során használt eszközök és az elméleti háttér

A mérőmikroszkóp két fő egysége egy irányzó-mikroszkóp és egy tárgyasztal. A tárgyasztalt két egymásra merőleges irányba el lehet mozgatni, valamint az asztal síkjára merőleges tengelye körül elforgatni. Ennek az elmozdulásnak vagy szögelfordulásnak a nagyságát mikrométerorsók, illetve szögskála segítségével lehet mérni.

Mérőmikroszkóp

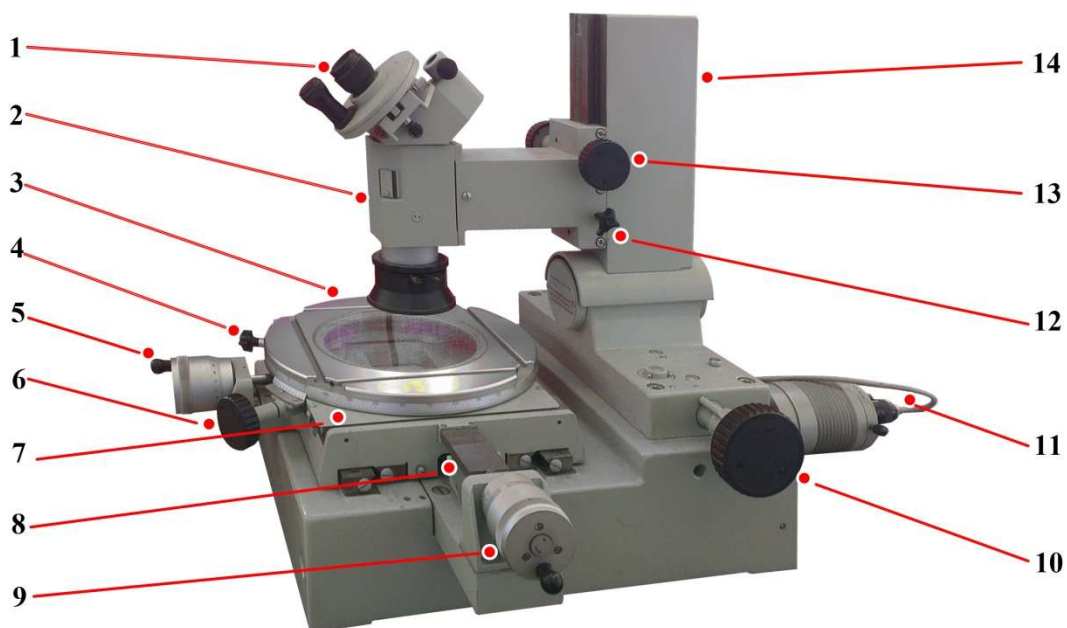
A mikroszkóp egy összetett optikai rendszer, amely két gyűjtőlencse-rendszer segítségével kisméretű tárgyak jelentősen nagyított, fordított állású látszólagos képét állítja elő. A mérés során használt fénymikroszkópok üvegből készült fénytörő lencsákat alkalmaznak, melyekkel a képet az okuláron keresztül a retinára képzi le.

A mikroszkópokat elsősorban két paraméter, a nagyítás és a feloldás jellemzik. A nagyítás mértéke megadja, hogy kép a tárgy méreteit hányszorosára növeli.

A feloldási határ az a legkisebb szög, amely alatt nézve a tárgy két különálló pontja még megkülönböztethető. Az emberi szem felbontóképességének határa egy ívperc ($1'$).

A fény hullámtermészete miatt, bármilyen tökéletesen csiszolt lencse esetén is, a lencse befogadó nyílásán fényelhajlás lép fel, aminek következtében egy pontszerű tárgy képe nem pontszerű lesz, hanem kis fénylő korong jellegű. A felbontóképesség mellett, ez is akadályozza a tetszés szerinti finomságú struktúrák vizsgálatát. A fénymikroszkóp nagyítása legtöbbször maximum 1500-szoros, elméleti felbontásuk 0,2 mikrométer.

A fényelhajlásból különböző torzítások adódhatnak. A létrehozott kép szélein szférikus torzítás és színtorzulás is jelentkezhet. A szférikus torzítás oka, hogy a lencse optikai tengelyében és a lencse szélső részein nem azonos a lencse gyűjtőtávolsága, így az optikai tengelytől távolodva egyre torzabb lesz a kép. A színtorzulás (kromatikus aberráció) oka, hogy a lencséknek a különböző hullámhosszúságú (különböző színű) fénysugarakra más és más a törésmutatója, így a fehér fény különböző hullámhosszú összetevőkre bomlik, amelyek külön-külön megjelenhetnek a képen. Ezek a hibák a megfelelő lencsekombináció választásával korrigálhatóak.



1. ábra: A mérés során használt Zeiss mikroszkóp részei

1. táblázat: A mérőmikroszkóp fő részeinek megnevezése

1	Szálkeresztes okulár	8	Mérőhasáb
2	Objektív	9	Mérőorsó
3	Tárgyasztal	10	Függőleges oszlopot döntő csavar
4	Szögasztal rögzítő	11	Fényforrás
5	Mérőorsó	12	Rögzítő gomb
6	Szöghelyzet állító	13	Objektív mozgató (élességállító) csavar
7	Szögosztás	14	Függőleges tartóoszlop

A következő leírás az **a jelzésű Zeiss** mikroszkópra vonatkozik. A 2. ábrán látható **Mitutoyo mikroszkóp** hasonló elven működik, fő egységei hasonlóak az előzőhöz, csak kevesebb beállítási lehetőség rendelkezik.

A mérendő alkatrészt a *tárgyasztalra* (3) való helyezést követően a *szöghelyzet állítóval* (6) lehet a megfelelő helyzetbe forgatni (z-tengely körül), majd az adott helyzetet a *szögasztal rögzítővel* (4) fixálni. Az aktuális szöghelyzetet a *szögosztás* (7) segítségével lehet meghatározni, a *mérőorsókkal* (5)(9) adott irányok (x és y-tengely) mentén lehet távolságokat mérni. Szükség esetén a mérőorsók mérési tartományánál nagyobb méretek felvételéhez *mérőhasáb(ok)*at (8) lehet közbeiktatni.

Az alkatrészt egy *fényforrás* (11) világítja, melynek fénysugarait egy gyűjtőlencse (kondenzor) párhuzamosítja. A kondenzorból érkező, a vizsgált tárgyon áthaladó és megtört fénysugarak az összetett nagyítórendszer első tagjába, az *objektívbe* (2), a tárgylencsébe kerülnek. Az objektív a tárgyról elsődleges, valódi, nagyított képet készít, melyet az *okulár* (1) tovább nagyít, és végül virtuális, másodlagos kép keletkezik. Az okulár alapvetően az objektívből érkező kép nagyítására, illetve kisebb hibák korrigálására szolgál. A mikroszkóp összes nagyítását az objektív és az okulár nagyításának szorzata adja.

Az *objektív mozgató csavarral* (13) az objektív és a tárgyasztal távolsága, ezáltal a képélesség változtatható a *függőleges tartóoszlopon* (14), egy ferdefogazású fogaslécen keresztül. Az

adott helyzetet a *rögzítő gombbal* (12) lehet fixálni. Szükség esetén a tartóoszlop megdönthető a hozzá tartozó *döntőcsavarral* (10). Az objektív frontlencséje és a tárgy közötti távolság, a szabad tárgytávolság, a legnagyobb nagyítású tárgylencsék esetében a milliméter törtrésze is lehet. Az objektív védelmét szolgálja, hogy az egy rugó ellenében felfelé teleszkópszerűen elmozdulhat. Ily módon kerülhető el, hogy a beállításkor az objektív és a vizsgált tárgy érintkezzen, esetlegesen sérüljön.



2. ábra: A mérés során használt Mitutoyo mikroszkóp

Mérési eljárás ismertetése

A mérés megkezdése előtt a munkadarabot a mérőmikroszkóp tárgyasztalára kell helyezni, majd szükség esetén, a szátkeresztes okulárban látható kép élességét beállítani. Minden esetben ellenőrizze, hogy a munkadarab a mérőmikroszkóp mérési tartományában helyezkedik-e el; amennyiben nem, akkor a mérőmikroszkóp mérési tartományát mérőhasábokkal lehet kiszélesíteni, vagy a munkadarab helyzetét kell másképp megválasztani.

A munkadarab pozíciójából adódó szöghibának jelentőségét egy szakasz tényleges, a koordináták különbségéből Pithagorasz-tétellel számított hosszának és a megfelelő koordinátakülönbségek összevetésével kell vizsgálni. Ha e két mennyiség különbsége kisebb a mérőorsó felbontásánál, a szöghiba elhanyagolható, a méretek meghatározhatók a megfelelő koordináták különbségeivel. Egyéb esetben a tényleges hosszakat kell kiszámolni.

A munkadarab beállítása során ügyeljen arra, hogy annak oldalai az x- és az y tengelyekkel párhuzamosak legyenek! Ehhez a leghosszabb, valamelyik tengellyel párhuzamos szakaszt kell az előző bekezdésben leírtak szerint vizsgálni. (Figyelem: a szátkereszt elforgatható, nem feltétlenül párhuzamos a tengelyekkel!)

A Zeiss mérőmikroszkópnál lehetőség van a tárgyasztal XY síkjának a z-tengely körüli elforgatására. A kör kerületű tárgyasztal peremén végigfut egy 360° -os, fok beosztású skála, amiről az alaphoz rögzített referenciavonal és a hozzá tartozó szögperc osztású nóniusz segítségével a tárgyasztal aktuális, abszolút szögelfordulása olvasható le.

Egy mérési pontot a mérőmikroszkóp szálkeresztes okulárjában látható metszéspont adott, a mérőorsókról leolvasott értékei adják (a mérőmikroszkóp abszolút koordináta rendszerben).

A mérés során használt két mérőmikroszkóp különböző mérőorsókkal rendelkezik.

A Zeiss mérőmikroszkóp, a kengyeles mikrométerhez hasonló, 0,01 mm felbontású mérőorsókkal van felszerelve.

A mérőorsó leolvasása

Legyen a mérőorsó felbontása x , főskála osztásköze pedig y . A gépészeti gyakorlatban általában, és a sillabuszban a továbbiakban $y = 0,5$ mm. Legyen az adott méret *egészrész*e a főskáláról leolvasható méret, és a *törtrész*e az, aminek meghatározásához ezen felül a mellékskálára is szükség van.

A mellékskála osztásközét úgy kell meghatározni, hogy azzal a főskála osztásánál kisebb, a műszer pontosságának (felbontásának) megfelelő méretek meghatározhatóak legyenek. Legyen az x pontosságnak megfelelő elfordulás α .

Ha a mellékskála nullpontja illeszkedik a mérőhüvelyen található referenciavonalhoz, a leolvasandó méret megegyezik a főskála valamelyik osztásának megfelelő mérettel. Ha ehhez képest a skáladob $i\alpha$ szöggel elfordul, a mellékskála i -edik osztása fog a mérőhüvelyen található referenciavonalhoz illeszkedni. Ez a főskálán ix elmozdulást jelent.

A méret egyértelmű meghatározása érdekében a mérőorsót úgy célszerű kialakítani, hogy a skáladob 360° -os elforgatása pontosan egy osztásköznyi elmozdulásnak feleljen meg a főskála mentén, tehát a mérőorsó menetemelkedése megegyezzen a főskála y osztásközével. Ekkor az összes lehetséges törtrészt le lehet olvasni úgy, hogy a mellékskála nullpontja a főskálának ugyanazon két osztása között marad. Ezáltal nem csak a törtrészeket, hanem a teljes méretet is egyértelműen meg lehet határozni a műszer segítségével. Miután a törtrész kiadódik abból, hogy a mellékskála melyik osztása esik egybe a referenciavonallal, a méret egészrészre a főskálának azon értéke lesz, amelyiket a mellékskála éppen „elhagyta”.

A mellékskála osztásainak n darabszámát tehát úgy kell meghatározni, hogy két szomszédos osztása közötti elfordulás a főskálán a műszer pontosságát adja ki. Teljesüljön tehát, hogy a mellékskála n -edik elfordulása egy teljes kör, ami a főskálán y elmozdulásnak felel meg, tehát $nx = y = 0,5$ mm. Ebből az $n = 0,5/x$ összefüggés adódik a mellékskála osztásainak darabszáma és a műszer felbontása között.

A könnyebb leolvasás érdekében az y osztásközű főskálát szokás két $2y$ osztásközű skálával megjeleníteni, amelyek egymáshoz képest y eltolással a referenciavonal két oldalán találhatók.

Jelen mérés során a Zeiss mérőmikroszkóp mérőorsóira a következő konkrét értékek vonatkoznak: $y = 1$ mm a főskála osztása és a mérőorsó menetemelkedése, $x = 0,01$ mm a műszer felbontása. Tehát a nóniusznak $n = y/x = 100$ db osztása van.



3. ábra: Példa a Zeiss mikroszkóp mérőorsójának leolvasásához

A 3. ábrán látható méret leolvasása: A főskálán a fenti osztások közül az utolsó látható osztás a 6 mm-hez tartozó egész. A főskála értékei csökkenő irányban olvashatóak le, az egészrész tehát 5,00 mm lesz. A melléskála 76-os osztása esik egybe a referenciavonallal, a méret törtrésze tehát $76x = 76 \cdot 0,01 = 0,76$ mm. A teljes méret $M = 5 + 0,76 = 5,76$ mm.

A MITUTOYO mérőmikroszkóp mérőorsóira a következő konkrét értékek vonatkoznak: $y = 0,500$ mm a főskála osztása és a mérőorsó menetemelkedése, $x = 0,002$ mm a műszer felbontása. Tehát a nóniusznak $n = y/x = 250$ db osztása van. A leolvasást nehezíti, hogy a melléskálán csak 2 mm-enként van számérték. A mérőorsó különlegessége, hogy két leolvasási irányban értelmezett fő- és melléskálaival is rendelkezik, ezek fekete és piros színnel vannak feltüntetve.



4. ábra: Példa a Mitutoyo mikroszkóp mérőorsójának leolvasásához

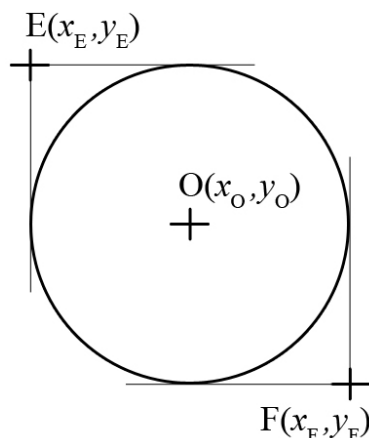
A 4. ábrán látható méret leolvasása: A felső főskálán az osztások közül az utolsó látható osztás a 15,500 mm, ez az egészrész. A melléskála 0,274 mm-es osztása ($0,260 + 7 \cdot 0,002$ mm) esik egybe a referenciavonallal, a teljes méret tehát $M = 15,500 + 0,274 = 15,774$ mm.

A mérőorsón leolvasott értékek (A ($x_A; y_A$) és B ($x_B; y_B$) pontok koordinátái) alapján a két pont távolságának abszolút értéke

$$L = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}.$$

A furatok átmérőjét és furatközéppontját a furat érintőjének több ponton való leméréseivel határozza meg!

A furatok d átmérője és O furatközéppontjának (O ($x_O; y_O$)) koordinátái az 5. ábra alapján, E és F pontokból húzott érintők segítségével határozható meg.



5. ábra: Segédábra a furatátmérő és a furatközéppont meghatározásához

Az átmérő $d = (d_x + d_y) / 2 = (|x_E - x_F| + |y_E - y_F|) / 2$. A furatközéppont koordinátái $x_O = (x_E + x_F) / 2$ és $y_O = (y_E + y_F) / 2$.

Jelen mérés során elegendő ennek a két érintőnek a vizsgálata, azonban több érintő használata pontosabb eredményhez vezet.

Tolómérő

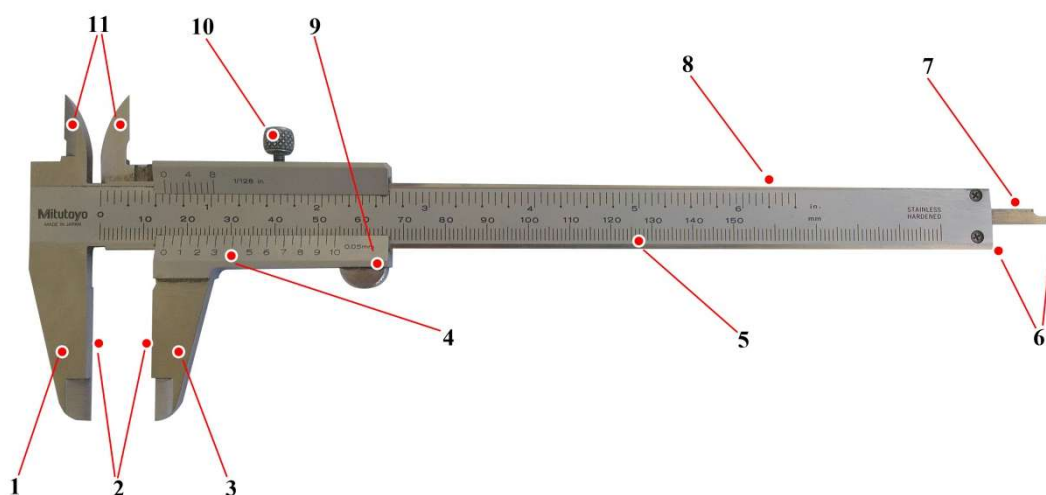
A tolómérő egy *mechanikai elven* működő, hossz mérésre alkalmas eszköz, amelynek működése *összehasonlító módszer*en alapszik (a két fogalom együtt képezi a mérési eljárást). Az összehasonlítás esetünkben azt jelenti, hogy a munkadarab mérendő hosszát egy előre ismert etalon mérettel hasonlítjuk össze, ami jelen esetben a tolómérőn található skála.

A tolómérővel nagyon gyorsan és egyszerűen, szinte bármilyen hossz méret mérhető (pl. oldalhossz, átmérő, üregmélység). Az eszköz kialakítástól függően általában 0,05 mm-es felbontással rendelkezik, ami digitális kijelzésű tolómérők esetén 0,01 mm is lehet. A tolómérőt leginkább gyors ellenőrző mérésekhez használják.

A tolómérő fő részei az 6. ábrán, a tételek megnevezései a 2. táblázatban láthatóak.

A tolómérő két részből áll: egy *állórészből*, és egy ezen az állórészen hosszirányban elcsúsztatható *mozgórészből*. Az állórészen található a *rögzített mérőpofa* (1) a *főskálával* (5), amely a mérés bázisát képezi. Ez az etalon hosszúság, amihez a munkadarab méretét lehet viszonyítani; általában milliméteres osztású. A tolómérő mozgórészén található a *melléskála* (4), más néven a *nóniusz*, amellyel az 1 mm-nél nagyobb pontosságot igénylő méretek mérhetőek. Ez is az etalon része.

Az állórész és a mozgórész közötti lineáris vezetést a *vezetősín* (8) biztosítja. A *mozgatható mérőpofa* (3) a *tolókával* (9) állítható. A tolókán lévő *rögzítő csavarral* (10) az aktuális pozíció fixálható. A csavar túlzott meghúzása a két rész egymásba feszülését okozhatja. A tolóka elcsúsztatásához a csavart fel kell lazítani. Egyes típusú tolómérőknél a tolókat laprugó szorítja az álló vezetékhez, csökkentve a kotyogást. Ha nincs laprugó, és a rögzítő csavar nincs teljesen kilazítva, akkor a tolóka kotyogni fog a sínen, aminek következtében már nagyon kicsi erőhatásokra is elmozdul, a mérés ugyancsak pontatlan lesz.



6. ábra: A tolómérő fő részei

2. táblázat: A tolómérő fő részeinek megnevezése

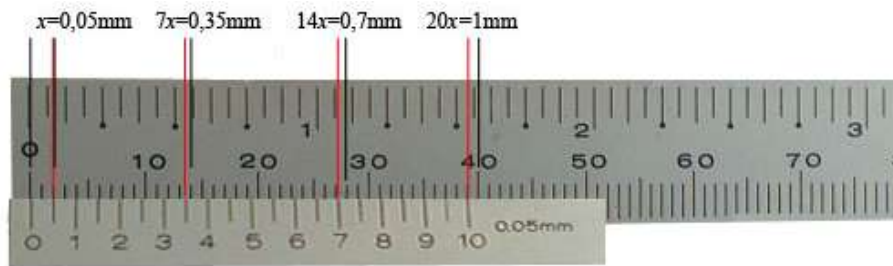
1	Rögzített mérőpofa	7	Mélységmérő rúd
2	Mérőfelületek külső méretekhez	8	Vezetősín
3	Mozgatható mérőpofa	9	Tolóka
4	Melléskála (nóniusz)	10	Rögzítő csavar
5	Főskála	11	Mérőfelületek belső méretekhez
6	Mérőfelületek mélységméréshez		

Ha a tolómérő mérőpofáinak sík mérőfelületei illeszkednek egymáshoz, akkor a két skála nullpontja (referencia pontja) egybeesik, és a többi osztásvonal pozíciója eltér. A tolómérő felbontása megállapítható a melléskálán lévő osztások számából.

A tolómérő leolvasása

Legyen a tolómérő felbontása x , a főskála osztásköze (két osztása közötti távolság) pedig y . A gépészeti gyakorlatban általában, és a sillabuszban a továbbiakban $y = 1$ mm. Legyen az adott méret *egészrész*e a főskáláról leolvasható méret, és a *törtrész*e az, melynek meghatározásához ezen felül a melléskálára, azaz a nóniuszra is szükség van.

A nóniusz osztásközét úgy kell meghatározni, hogy azzal a főskála osztásánál kisebb, a műszer pontosságának (felbontásának) megfelelő méretek meghatározhatóak legyenek. Legyen a nóniusz osztásköze $y - x = 1 - x$, így a főskála i -edik osztásának a nullponttól vett távolsága $iy = i$, a nóniusz i -edik osztásának távolsága pedig $i(y - x) = i - ix$. Ekkor, ha a két skála nullpontja egybeesik, a skálák i -edik osztásainak távolsága ix lesz (ld. 7. ábra).



7. ábra: A főskála és a melléskála osztásközei

Tehát a nóniuszt ix távolsággal eltolva annak i -edik osztása a főskála valamelyik osztásával biztosan egybe fog esni. Így biztosított, hogy a felbontásnak megfelelő törtrészek mindegyike egyértelműen leolvasható legyen műszerről. A leolvasandó értéket az határozza meg, hogy a nóniusz hányadik osztása esik egybe a főskála valamely osztásával. A törtrészek leolvasása tehát független attól, hogy a nóniusz nullpontja a főskála nullpontjához képest hol helyezkedik el.

A méret egyértelmű meghatározása érdekében a nóniuszt úgy célszerű kialakítani, hogy az n -edik osztása a főskála n -edik osztásától épp annak egy osztásközével legyen „lemaradva”, tehát a két skála n -edik osztásának távolsága megegyezzen a főskála y osztásközével. Ekkor az összes lehetséges törtrészt le lehet olvasni úgy, hogy a nóniusz nullpontja a főskálának ugyanazon két osztása között marad. Ezáltal nem csak a törtrészeket, hanem a teljes méretet is egyértelműen le lehet olvasni a műszerről. Miután a törtrész kiadódik abból, hogy a nóniusz melyik osztása esik egybe a főskála egy osztásával, a méret egészrésze a főskálának azon értéke lesz, amelyiket a nóniusz nullpontja éppen „elhagyta”.

Teljesüljön tehát a két skála n -edik osztása közötti távolságra, hogy $nx = y = 1$. Ebből az $n = 1/x$ összefüggés adódik a nóniusz osztásainak darabszáma és a műszer felbontása között.

A nóniusz osztásközét növelni szokás a könnyebb leolvasás érdekében. Jelölje ennek mértékét az a skálázási paraméter. Ennek nagysága tervezői döntés, így szabadon választható, de a főskála osztásközének egész számú többszörösének kell lennie.

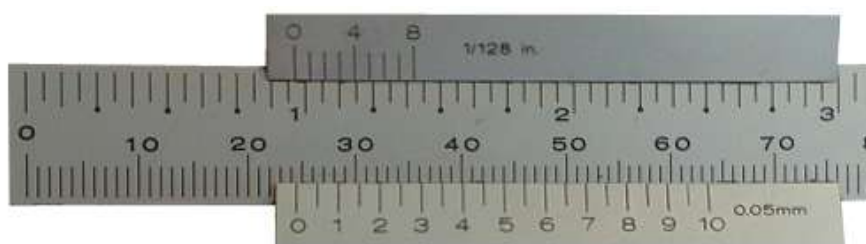
Ekkor az egyértelmű leolvashatóságra vonatkozó összefüggések egyike sem sérül. A nóniusz osztásköze $a + y - x = a + 1 - x$ lesz, az i -edik osztások távolsága a nullponttól $i(a + y - x) = i(a + 1) - ix$. Ha az a skálázási paraméter az y egész számú többszöröse, akkor ez azt jelenti, hogy a nóniusz i -edik osztása a főskála $i(a + y) = i(a + 1)$ -edik osztásával esik egybe. Tehát ebben az esetben, figyelembe véve, hogy a méretet az határozza meg, hogy a nóniusz hányadik osztása esik egybe a főskála egy osztásával, a leolvasás eredményét a nem befolyásolja. Ha a nem y egész számú többszöröse, akkor a skálák egymáshoz képesti eltolódása a fentiekhez képest „sérül” és új megfontolást igényel. (A nóniusz bővítése nélkül a korábbi levezetés $a \equiv 0$ -val értelmezhető).

Jelen mérés során használt tolómérőre a következő konkrét értékek vonatkoznak: $y = 1$ mm a főskála osztása, $x = 0,05$ mm a műszer pontossága. Tehát a nóniusznak $n = 1/x = 20$ db osztása van. A skálázási paraméter $a = 1$ mm, így a nóniusz osztásköze $a + y - x = 1,95$ mm. A nóniusz teljes hossza $n(a + y - x) = 39$ mm, tehát ha a két skála nullpontja egybeesik, akkor a nóniusz utolsó osztása a főskála 39 mm-es osztásával esik egybe.

Mérnöki gyakorlatban egy másik jellemzően előforduló tolómérőtípus adatai: $y = 1 \text{ mm}$ a főskála osztása, $x = 0,1 \text{ mm}$ a műszer pontossága. Tehát a nóniusznak $n = 1/x = 10$ db osztása van. A skálázási paraméter $a = 1 \text{ mm}$, így a nóniusz osztásköze $a + y - x = 1,90 \text{ mm}$. A nóniusz teljes hossza $n(a + y - x) = 19 \text{ mm}$, tehát ha a két skála nullpontja egybeesik, akkor a nóniusz utolsó osztása a főskála 19 mm-es osztásával esik egybe.

A 8. ábrán látható méret leolvasása: A nóniusz nullpontja a főskála 24 és 25 értékei között áll, az egészrész tehát $24y = 24 \text{ mm}$. A nóniusz 5-ös osztása esik leginkább egybe a főskála osztásaival, így a méret törtrésze $10x = 10 \cdot 0,05 = 0,50 \text{ mm}$.

A teljes méret $M = 24 + 0,50 = 24,50 \text{ mm}$.



8. ábra: Példa tolómérő leolvasásához

Egyszerű hossz mérés során a munkadarabot mindig két mérőfelület közé kell befogni és rögzíteni. Ez a tolóka segítségével történik, azaz a mérőpofák mérőfelületét rá kell tolni a munkadarabra. Fontos, hogy a mérőfelületeket ne nyomjuk túlságosan össze, mert ilyenkor az erőhatás miatt billen a tolóka és *szöghiba* keletkezik, ami *elsőrendű hibának* minősül! A szöghiba okozója az *Abbe-elv*¹ be nem tartása.

Az Abbe-elv kimondja, hogy a mérőberendezés konstrukciója legyen olyan, hogy a munkadarab mérendő mérete és az osztásos mérce egy egyenesbe essen. Ez az elv a tolómérő esetében a konstrukció geometria-, illetve az összeszorító erő okozta deformációk miatt nem teljesül. Ezek ellenére mérés közben törekedni kell arra, hogy az Abbe-elv hiánya minél kevésbé érvényesülhessen. Pl. figyelni kell arra, hogy a mérendő munkadarab a lehető legközelebb essen a tolómérő szárához, illetve az összeszorító erő ne okozzon kotyogást vagy befeszülést.

A tolómérővel külső méreteket (pl. hengerátmérő) a (2), belső méreteket (pl. furatátmérő) a (11), mélységet a (6) *mérőfelületekkel* és a *mélységmérő rúddal* (7) lehet mérni. A 9. ábrán egy-egy ilyen mérési illusztráció látható.

¹ ERNST KARL ABBE (1840. január 23. – 1905. január 14.) német matematikus, fizikus, egyetemi tanár. Abbe nevét leginkább optikai munkássága tette ismertté. Kevesen tudják, de Abbe vezette be először a napi nyolc órás munkarendet a Carl Zeiss Optikai Műveknél, mely vállalatnak igazgatója és társtulajdonosa volt. 1866-ban Carl Zeiss felkérte Abbét néhány komolyabb optikai probléma megoldására, mely a mikroszkóp lencsék készítése során merült fel. Kezdetben a kísérletek Zeisst az üzleti csőd közelébe sodorták, de ő nem vesztette el bizalmát Abbében, aki végül is sikerrel birkózott meg a feladattal. A Zeiss műhely ettől kezdve piacvezető lett a szakmában, és viharos fejlődésnek indult. Zeiss úgy ismerte el Abbe érdemeit, hogy bevette társnak az üzletbe. 1868-ban feltalálta az apokromatikus lencserendszert a mikroszkóp számára. Ez a jelentős áttörés a mikroszkópok elsődleges és másodlagos torzítását is képes kiküszöbölni.



9. ábra: Mélység, külső és belső méretek mérése tolómérővel

Mérési bizonytalanság meghatározása

A mérés végeztével a tengelyirányokban a legnagyobb mért méretekre a mérési bizonytalanságok (h_x , h_y) értékét meg kell határozni. Mivel a többi méret ezeknél kisebb, ezek lesznek a maximális bizonytalanságok. A bizonytalanság számításához szükséges összefüggéseket a műszerkönyv tartalmazza, mivel ezen értékek gyártmány és konstrukció függőek.

Kereszt (x) irányban

$$h_x = \pm \left(2,5 + \frac{L_x}{25} + \frac{H \cdot L_x}{2670} \right) [\mu\text{m}],$$

hossz (y) irányban

$$h_y = \pm \left(2,5 + \frac{L_y}{48} + \frac{H \cdot L_y}{2000} \right) [\mu\text{m}],$$

ahol L_x és L_y az x és y irányokban a leghosszabb beméretezett szakaszok hosszai mm-ben és H a munkadarab vastagsága mm-ben.

A mérési feladat

1. A mérés célja

- Alkatrész műhelyrajzának elkészítése mérőmikroszkóppal mért adatok alapján

2. A mérés során használandó eszközök

- ZEISS vagy MITUTOYO gyártmányú mikroszkóp
- Tolómérő

3. A végrehajtandó feladatok

- A mérés elvégzése
- Műhelyrajz készítése
- A mérés értékelése

4. A mérés elvégzése

- Ismerkedjen meg a munkaállomáson található mérőeszközök kezelésével! Rögzítse a jegyzőkönyvben a mérőeszközök mérési tartományát, valamint felbontását (osztását) az *Általános irányelveket összefoglaló segédletben* megadott módon!
- Készítsen egy vázlatot az alkatrészből és jelölje rajta azokat a pontokat, amelyek szükségesek a műhelyrajz elkészítéséhez.
- Rögzítse egy táblázatba a kijelölt pontok koordinátáit a mérőorsók által meghatározott koordináta-rendszerben!

5. Műhelyrajz készítése

- A koordináták ismeretében számítással határozza meg a szükséges méreteket a *Általános irányelveket összefoglaló segédlet* alapján!
- Készítsen műhelyrajzot az alkatrészből a géprajz szabályainak betartásával, 2:1 méretarányban!

6. A mérés értékelése

- Határozza meg a kereszt- (x) és hosszirányban (y) legnagyobb mért távolságokra a mérési bizonytalanság értékét!
- Írjon rövid szöveges értékelést, a mérés során előforduló hibákról, azok jellegéről és forrásukról és tegyen javaslatot, hogyan küszöbölhetőek ki, vagy csökkenthetőek a hatásuk!

A jegyzőkönyvet a laborfoglalkozás végén a laborvezetőnek adja át, miután meggyőződött arról, hogy megfelel a jegyzőkönyvvel szemben támasztott formai és tartalmi követelményeknek!

Készítette:

**Budai Csaba, Manhertz Gábor, Urbin Ágnes
Budapest, 2015. január**