

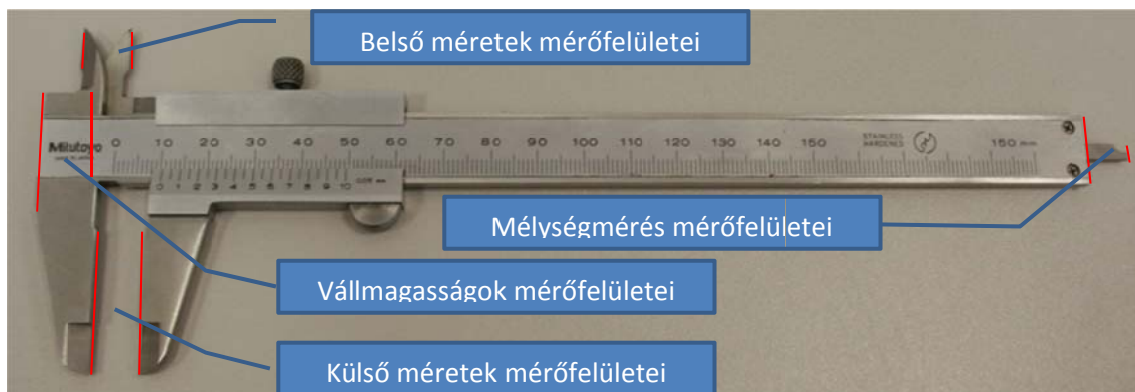
3. Univerzális mérőeszközök

Azok az univerzális (egyetemes) mérőeszközök, amelyek általános felhasználásúak, többféle alkalmazásra készülnek.

A hosszmeréstechika mérőeszközeivel kapcsolatban ajánlom szíves figyelmükbe az interneten a mérőeszközök forgalmazóinak elérhetőségét (pl. mitutoyo.com, mahr.com, hexagon.com ...). Ennél szűkebb körben fizikailag is elérhetők (megtekinthetők, kipróbálhatók) mérőeszközök az Egyetem mérőlaborjaiban (L3-18 és L2-1), ahol több mérőeszközzgyártónak a katalógusa is megtekinthető.

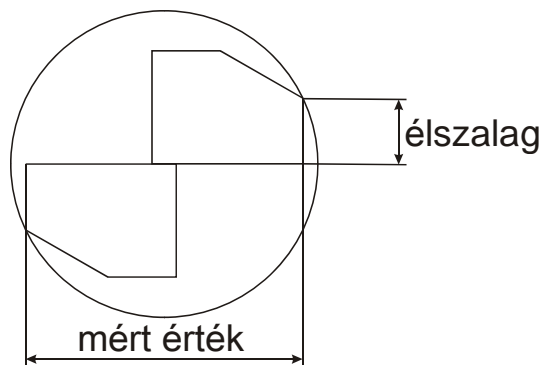
Az 1 mm-es osztású mérőszalag többféle méréstartományban kapható (3-5 ... m), remélhetőleg nem kell külön bemutatni.

A leggyakrabban előforduló méretű és kialakítású tolómérő a 3.1 ábrán látható. A száron helyezkedik el az 1 mm-osztású mérce, a szár végén az egyik oldalon a külső, a másik oldalon a belső méretek tapintója, a száron hézagmenetesen illesztett tolókát el lehet csúsztatni. A tolókához van rögzítve a szár végén kiálló mélységmérő rúd. A tolókán helyezkedik el a külső/belső méretek tapintóinak párja, a tolókát rögzítő csavar, esetleg egy finomállító, a mélységmérő rúd, valamint a tört osztásértékek leolvasását lehetővé tevő segédosztás, amit nóniusznak hívnak (a mérőfelületeket piros vonalpárokkal jeleztem). A tolómérőnél a mérőerőt teljes mértékben a mérést végző személy hüvelykujja határozza meg. A nóniusz az osztáskülönbségen alapul. A 0,05 mm-esnek nevezett nóniusznál 39 mm-t osztanak fel 20 egyenlő részre, a nóniusz osztása 1,95 mm, tehát 0,05 mm a nóniuszosztás eltérése a főosztástól. A leolvasás úgy történik, hogy annyi az egész milliméter, ahányadik mm-osztást a nóniuszskála 0 osztása elhagyta. Megkeressük azt az osztásértéket a nóniuszskálán, ami a főosztáshoz legközelebb esik és ez az osztás adja a tört osztást 0,05-os felbontásban. Ha több olyan nóniusz-osztást találunk, ami látszólag egyforma közel esik, akkor először a csökkenő értékek irányában keresünk egy olyan nóniusz-osztást, ahol már egyértelmű eltérést látunk. Utána ugyanezt az eltérést megkeressük a növekvő irányban is. Ebben az esetben a tört osztásérték a két egyforma eltérésű skálaosztás átlaga lesz.



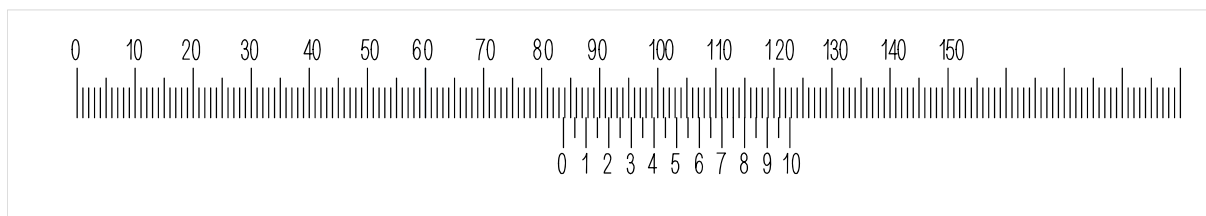
3.1 ábra: 0,05 mm-es osztásértékű tolómérő

A 0,02 mm-esnek nevezett nóniusznál 49 mm-t osztanak 50 egyenlő részre, a nóniusz osztása 0,98 mm, az osztáskülönbsége a főosztáshoz képest 0,02 mm. Az emberi szem felbontóképessége, ami szubjektív, de egy adott személy esetén is függ a megvilágítástól, és a fáradtságtól általában már a 0,02 mm-es osztáskülönbséget sem tudja megkülönböztetni. A nóniusz-skála hosszát elvesztjük a tolómérő mm skálájának hosszából, ennyivel rövidebb lesz a tolómérő méréstartománya. A mérőerőt a mérést végző személy a tolókán keresztül a munkadarabra a hüvelykujjával fejt ki. A digitális kijelzésű tolómérők 0,01 mm-es osztásértékűek ezen ki lehet próbálni, hogy viszonylag kis erőkülönbség már több század mm méretkülönbséget eredményez a tolómérős mérésnél. A munkadarabot a szárhoz minél közelebb kell elhelyezni, hogy ezzel is csökkentsük a tolóka billenési hibáját. Kis átmérőjű furatok ($\varnothing < 4$ mm) mérésénél figyelembe kell venni, hogy mivel a tapintó nem élben, hanem síkban végződik, ezért kisebb átmérőt mér a ténylegesnél.

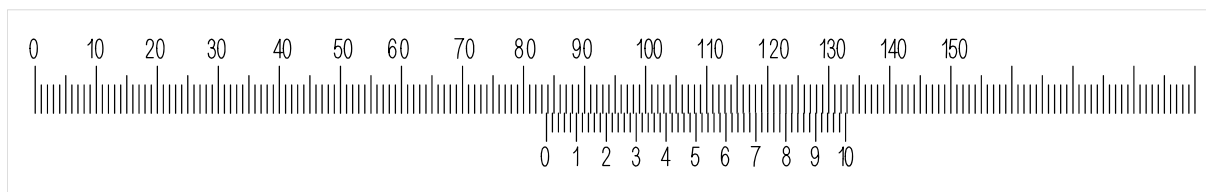


3.2 ábra: Belső méretek tapintói furatban, a mért érték kisebb a furatátmérőnél

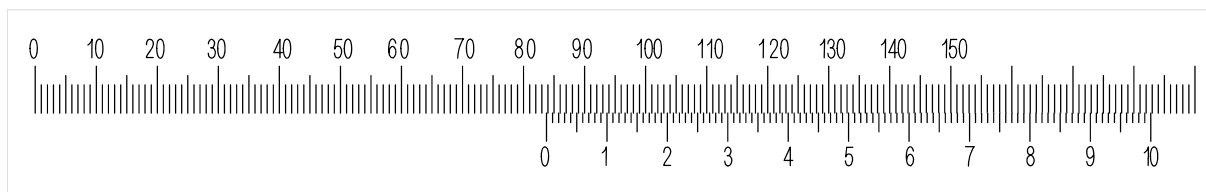
Külső méretek mérésénél általában a tapintó sík felfekvő felületét használjuk és csak indokolt esetben (szűk hornyok mérése) mérünk a száruk végén levékonyított felülettel (élekkel). A tolómérők méréstartománya 120 mm-nél kezdődik és 250-300-500-1000-1500 mm-es hosszakkal fordulnak elő. Egyedi mérési feladatokra a legkülönbözőbb kialakítású tolómérőket lehet mérőeszköz katalógusokban találni (horony-, fogvastagságmérő).



3.3 ábra: Tolómérő mm-osztása felül, alatta a 0,05-os nóniuszosztás, a mutatott érték 83,75 mm



3.4 ábra: Tolómérő mm-osztása felül, alatta a 0,02-os nóniuszosztás, a mutatott érték 83,76 mm



3.5 ábra: Ha létezne, így nézne ki a 0,01-os nóniusz, ami 83,76 mm-t mutat

A 3.5 ábra szerinti nóniuszskála leolvasása: a nóniuszskála 0 vonala a mm-skála 83-84 osztása között helyezkedik le, ezért az egész mm 83. Ezután olyan nóniuszosztást keresünk, amely valamelyik mm-osztás közelébe esik. Ebben az esetben a 65 és 87 nóniuszosztás közti tartományban az osztásokat egybeesőnek látjuk, ezért vesszük a két határérték középértékét 76, ez lesz a törtesztásérték. A komplett leolvasott érték 83,76 mm. A nóniuszos tolómérő leolvasásánál legfeljebb $\pm 0,05$ mm-es eltérés engedhető meg.

A digitális tolómérők 0,01 mm osztásértékűek. A digitális tolómérőnek előnye az egyszerű leolvasás, de ettől még nem lesz a digitális tolómérő sokkal kisebb bizonytalanságú, mint a hagyományos nóniuszos. Mivel a digitális tolómérő egy gombnyomással nulláz, ezért gyakran kell ellenőrizni, hogy a mutatott érték a ténylegessel összhangban van-e (pl. nullánál, vagy egy ismert értéknél).

A **mikrométernek** (mint mérőeszköznek) félrevezető a magyar neve, mert a mikrométer elsősorban azt a hosszúságot jelenti, ami a méternek 10^{-6} -szorosa, a milliméter ezredrésze, és csak másodsorban jelent hosszmérő eszközt. Egyébként a legtöbb mikrométer mikrométer (0,001 mm) mérésére nem is alkalmas, kivétel ez alól a digitális mikrométer, aminek lehet 0,001 mm-es kijelzője (3.6 ábra). A mikrométer német neve „Meßschraube”, ami mérőcsavart jelent, kifejezi ennek a mérőeszköznek a lényegét: egy kis menetemelkedésű csavarral mozgatjuk az egyik tapintót.



3.6 ábra: Digitális mikrométer állványban



3.7 ábra: Mikrométer leolvasása

A 3.7 ábrán látható digitális mikrométernek két egymástól független mérőrendszere van, egy analóg és egy digitális. Az analóg mérőrendszer főskála fél mm osztásértékű, a tört osztásértékek a forgatódobon vannak. Ennek a mikrométernek a menetemelkedése 0,5 mm, tehát a dob egy körülfordulásával egy főosztásnyit mozdul el, és a dob kerületére felvitt 50 osztásnak az osztásértéke 0,01 mm. Az analóg skála leolvasása úgy történik, hogy megkeressük a főskála utolsó elhagyott osztásértékét: 12 mm, majd hozzáolvassuk a tört osztásértékeket, megbecsülve az utolsó tizedesjegyet: 12,125 mm. Mivel a becsült tizedesjegy az utolsó osztás középtáján helyezkedik el, ezért a leolvasott érték 12,124 mm és 12,126 mm is lehet, de semmi más. Az jó lenne, ha a digitális kijelzőn is ez az érték lenne és nem 12,122 mm, de a két mérőrendszer közötti 5 μm -nél kisebb eltérés még nem okoz a századmilliméterekben eltérést, ezért elfogadható. A két mérőrendszer közötti eltérés megszüntethető, ha az analóg skálát nullára forgatva kinullázzuk a digitális mérőrendszert. Ebben a helyzetben a mérőtapintóknak éppen össze kell érniük, nulla hézag a mérőtapintók között.

Mivel a dobon az osztások kb. 1 mm távolságban vannak egymástól, ezért a mikrométer nagyítása (hányszorosa a leolvasott osztásérték a hozzátartozó tapintóelmozdulásnak) $\sim 1 \text{ mm} / 0,01 \text{ mm} \sim 100$. A nagy mechanikai áttétel miatt gondoskodni kell a mérőerő korlátozásáról. Erre a forgatódob végén levő racsnit szolgál. A mikrométerek általában 25 mm-es méréstartományban készülnek (0-25; 25-50; 50-75; 75-100), kaphatók akár 500 mm-ig mérők. Mikrométereket is sokféle kialakításban lehet kapni

(kengyeles, furat-, mélységmérő, lemezvastagságmérő, horonymérő ...). A digitális mikrométerek osztásértéke 0,001 mm. A digitális mikrométernél egyszerűbb a leolvasás, mint a hagyományos analóg mikrométernek, viszont ettől még nem lesz a digitális mikrométer mérési bizonytalansága 0,001 mm, mert a digitális mikrométer konstrukciója (menet kialakítás és illesztése, mérőerő, merevség ...) egyébként ugyan akkora bizonytalanságú (0,01 mm-es) mérést tesz lehetővé, mint az analóg mikrométer.

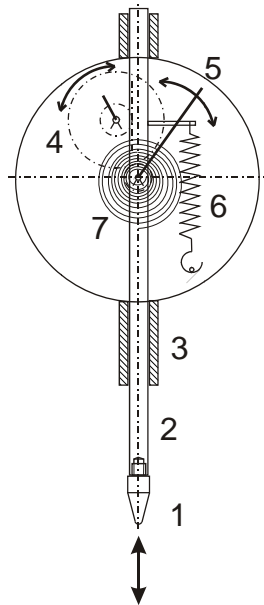
Összehasonlítva a tolómérőt és a mikrométert azt lehet megállapítani, hogy a legkisebb méréstartományú tolómérőnek is nagyobb a méréstartománya, mint 4 mikrométernek, a mikrométerrel mindig csak egyféle méret (külső vagy belső vagy mélység) mérhető, a tolómérőnek négyféle mérőtapintója van, a mikrométernek nemcsak az osztásértéke kisebb, de a mérőerő és a felépítése miatt is kisebb a mérési bizonytalansága, mint a tolómérőnek. A digitális tolómérőnek ugyanúgy 0,01 mm-es az osztásértéke, mint az analóg mikrométernek, a bizonytalansága nagyobb. Az analóg mikrométernél még meg tudjuk becsülni az 0,001 mm-eket.

Mérőóra [DIN 878]

A mérőóra (3.8 ábra) önállóan mérésre alkalmatlan mérőeszköz, vagy állványba, vagy mérőkészülékbe kell fogni. A mérőóra a tapintó elmozdulását méri, méréstartománya általában 10 mm (lehet ennél nagyobb is: 15, sőt 50 mm) osztásértéke 0,01 mm. Készül 0,001 mm osztásértékű mérőóra is, ennek méréstartománya általában 1 mm. A mérőórának a tapintója (1) egy henger alakú csapba (2) van becsavarva. A tapintó azért cserélhető, mert a tapintó végződését a mérési feladattal összhangban kell megválasztani. Sík felületet gömbben végződő tapintóval mérünk, domború felületet (pl. hengerpalást) célszerű sík tapintóval mérni, mert könnyebb a legnagyobb méretet megtalálni. Szűk hornyokba keskeny tapintó fér csak bele, fogaskerekek árkába olyan gömbtapintóval mérünk, ami egy fogárok két szemközti fogoldalát az osztókör közelében (kb. középmezsgyében) érinti. A mérőóra hosszirányban elmozduló hengeres csapját egy hüvely (3) vezeti meg. A mérőórát ennek a hüvelynek a külső felületénél rögzítjük pl. állványba. A mérőóra befogásánál arra kell ügyelni, hogy annyira rögzítve legyen, hogy az óra ne mozduljon el, de nem szabad annyira összeszorítani a hüvelyt, hogy a mérőóra tapintójának szabad mozgását akadályozza.



3.8 ábra: Bütyök alapkörátmérőjének mérése mérőórával



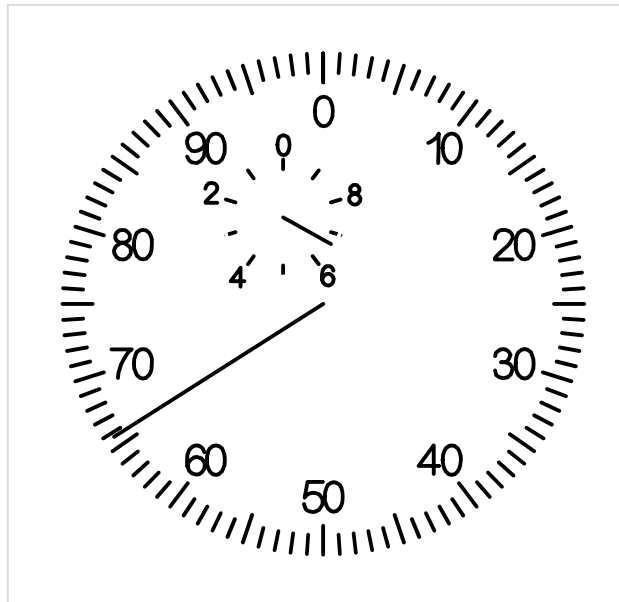
3.9 ábra: Mérőóra felépítése

A mérőóra mozgó csapjának (2) oldalán fogasléc van, amihez a mm osztásokat számoló kismutatónak (4) a kisfogaskereke kapcsolódik, az ezzel együtt forgó nagyfogaskerék forgatja a századmillimétereket mutató nagymutató (5) kisfogaskerekét. A mérőerőt a mozgó csapot húzó rugó (6) biztosítja, a nagymutató tengelyét forgató rugónak (7) az a feladata, hogy a fogaskerék-kapcsolatokat mindig előfeszíti, így a fogkapcsolódásoknál nem keletkezik irányváltási hiba. Az ilyen felépítésű mérőóráknál a mm és a századmilliméter skálák ellentétes irányban növekednek.



3.10 ábra: Különböző tapintók mérőórához (hegyes, sík, lekerekített, keskeny/hosszú/sík és különböző átmérőjű gömbök)

A mérőóra beállításánál ügyelni kell arra, hogy a tapintó a mérendő felületre merőlegesen álljon.



3.11 ábra: Mérőóra leolvasása: 6,657 mm



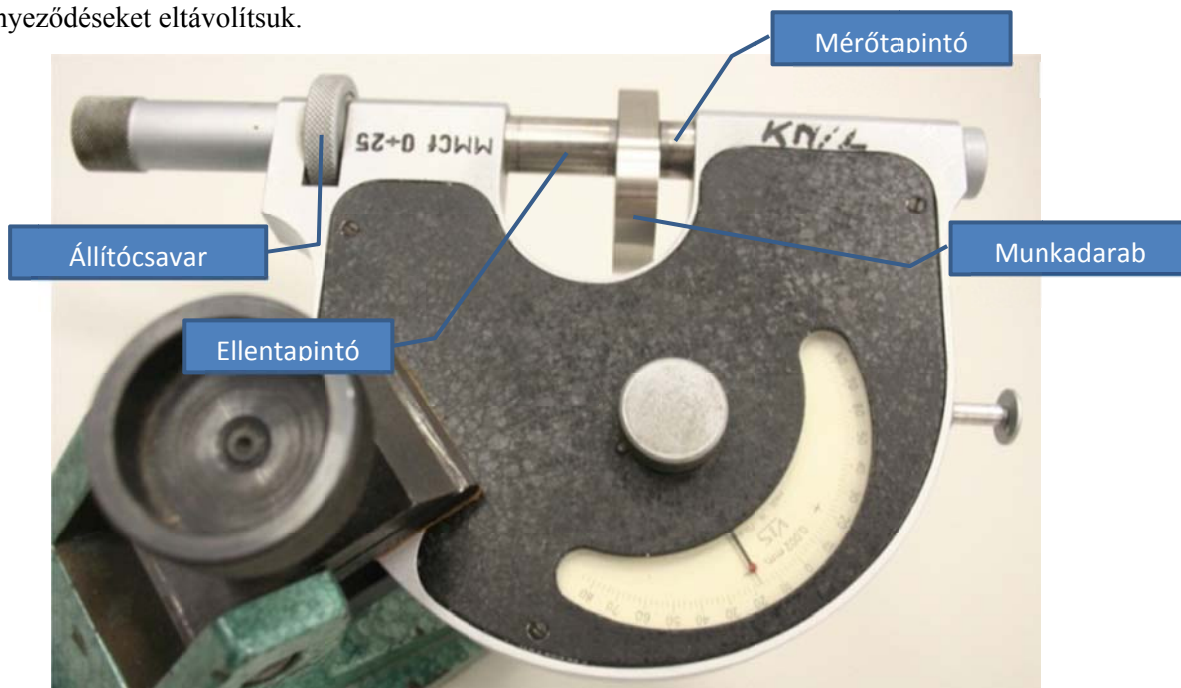
3.12 ábra: Hengerfurat mérése mérőórás furatmérővel



3.13 ábra: Szögtapintós mérőóra

A **szögtapintós mérőórák** olyan felületek mérésére is alkalmasak (pl. furatok, hornyok), amelyekhez mérőórával nem lehet hozzáférni. A szögtapintós mérőóra méréstartománya ± 1 mm, osztásértéke 0,01 mm. A tapintó nem egyenes vonalon mozdul el, hanem egy pont körül elfordul.

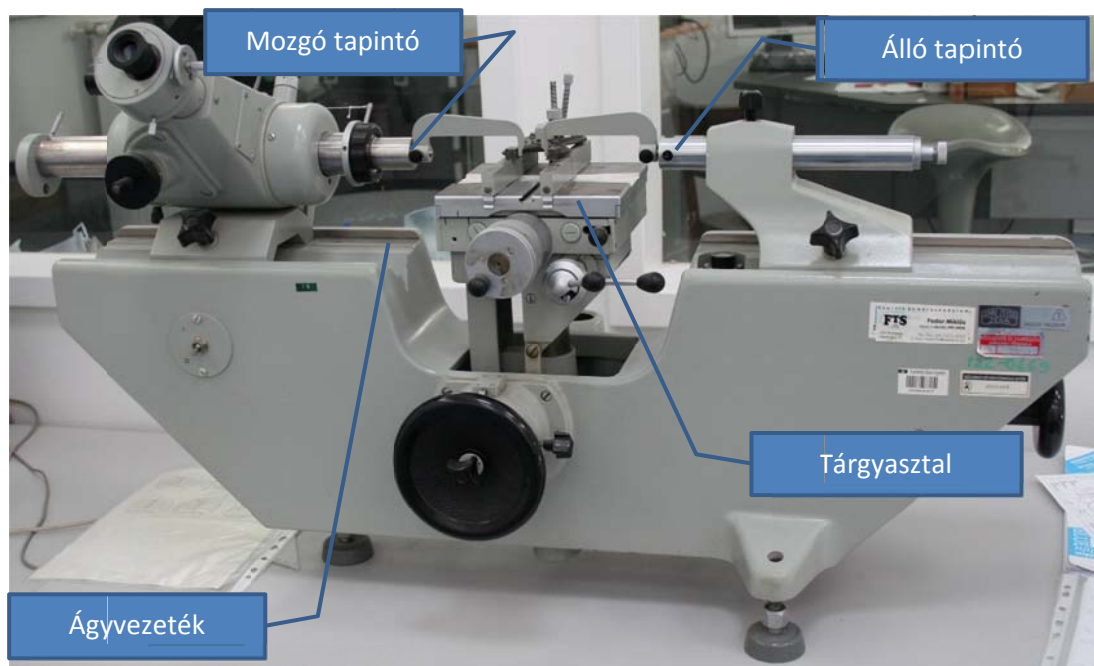
A **passzaméter** hasonló felépítésű, mint a kengyeles mikrométer, de igényesebb, masszívabb kivitelű és mindkét tapintója mozgatható. A csavarorsóval mozgatható tapintójának az elmozdulása nem mérhető, ez a tapintó arra szolgál, hogy a passzaméter kis méréstartományát ($\pm 0,08$ mm) kalibrálással a megfelelő értékre állítsuk, majd ezt a tapintót rögzíteni kell. A másik tapintót rugó nyomja a másik tapintó irányába és ennek a tapintónak az elmozdulását egy mechanikai áttételen keresztül egy mutató mutatja. A skála $2\text{ }\mu\text{m}$ -es osztása kb. 1 mm távolságra van, tehát a passzaméter nagyítása kb. 500x. Sík felületek mérésekor (pl. kalibrálás mérőhasábon) meg kell mozgatni a mérőfelületek között a munkadarabot, hogy a sík felületek között kialakuló légpárnát, vagy a felületek közé szoruló szennyeződések eltávolítsuk.



3.14 ábra: Passzaméter

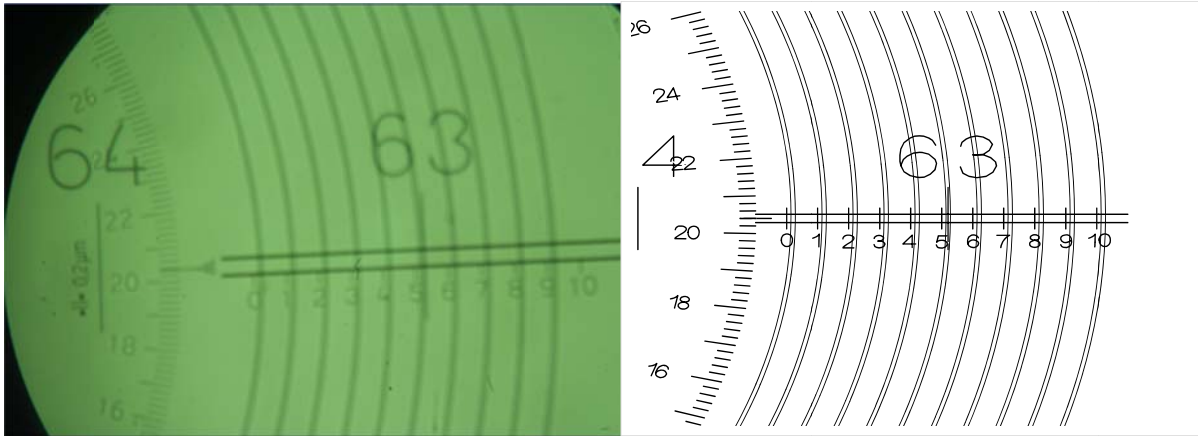
Az **ABBE-féle hosszmérőgép** a gépészeti hosszmérés technika legkisebb felbontású makrogeometriai mérőeszköze. A gépágy öntöttvas (igényesebbeknél gránittömb), a gépágyon baloldalon a lineárisan megvezetett mozgó tapintó a mérőelemmel (jelen esetben egy 100 mm-es mm-osztású üvegmérce)

helyezkedik el. A mozgó tapintót változtatható tömeg gravitációs ereje mozgatja vagy befelé, vagy kifelé (a tömeg vékony kótelén függ, vízszintes irányba egy kótelcsigán keresztül fordítják).



3.15 ábra: Villás idomszer mérése univerzális hossz mérő gépen (Carl Zeiss Jena)

A gépágyon jobb oldalon az álló tapintó helyezkedik el. Tulajdonképpen ez is mozgatható, ezzel a tapintóval ki lehet terjeszteni a mérőelem 100 mm-es méréstartományát a gépágy teljes hosszára (jelen esetben 600 mm). Középen helyezkedik el a tárgyasztal, amire a munkadarabot rögzítjük. A munkadarab a mérőelem mozgásirányára merőleges irányban csapágyazott, hogy a mérőerő a mozgó tapintón és a munkadarabon keresztül ne a tárgyasztalon, hanem az álló tapintón keresztül záródjon. A tárgyasztal csavarorsókkal emelhető/süllyeszthető, valamint elforgatható a függőleges és a vízszintes tengely körül. A tárgyasztal mozgatásával lehet a munkadarabot a szükséges mérési helyzetbe hozni. Ha például egy villás idomszert kell hossz mérő géppel megmérni, akkor először a hossz mérő gépet egy mérőgyűrűn (2.21 ábrán láthatók) kalibrálni kell. Ez azt jelenti, hogy meg kell mérni egy mérőgyűrű átmérőjét. A gyűrűt a tárgyasztalra fektetve rögzítjük és a tapintók közé emeljük. Ezután először keresztirányú mozgatással meg kell keresni a leghosszabb hűrt, majd a tárgyasztalt a vízszintes tengely körül elforgatva meg kell keresni a gyűrűfurat két párhuzamos alkotója közötti legkisebb távolságot. Ezután lehet csak leolvasni a mérőelemet. Amikor a villás idomszert mérjük, akkor a függőleges és a vízszintes elmozdítással csak durván a mérőfelület közepébe juttatjuk az álló és mozgó tapintót, majd a munkadarab finombeállítása a tárgyasztal vízszintes és függőleges tengely körüli elfordításával történik. Párhuzamos felületek távolsága a párhuzamos síkok közti legkisebb távolság. Az üvegmércés és spirálokuláros mérőelem osztásértéke $0,2\ \mu\text{m}$. A spirálokulárt úgy kell leolvasni, hogy először a spirált addig kell forgatni, amíg a főosztás egész mm-értékét közre nem fogja. Ezután leolvassuk a közrefogott mm-t, ez lesz az egész mm érték. A tizedesskálán a főosztás helyzete adja a tizedmillimétereket. A század-, ezred- és kéttizedes mm-eket a spirálskálán lehet leolvasni. A képen látható egy spirálokulár és az ennek megfelelő egyszerűsített ábra.



3.16 ábra: Spirállokulár, mutatott érték 63,5204 mm

A korszerűbb hosszmérőgépek digitális mérőelemmel vannak felszerelve. Ennek a leolvasása egyszerűbb, viszont a szélsőértékkeresés a munkadarab pozícionálásához egyszerűbb analóg kijelzővel.



3.17 ábra: Beállítógyűrű mérése, vagy kalibrálás korszerű hosszmérőgépen (MAHR ULM600)