

PRE HU 1389

# Mitutoyo

# METROLÓGIA TUDÁSTÁR

precíziós mérőrendszerekhez

MAGYAR VERZIÓ



0-1" .00005"  
0.001mm  
Mitutoyo



|                                           |    |   |
|-------------------------------------------|----|---|
| Minőségirányítás                          | 2  | ↘ |
| Mikrométerek                              | 4  | ↘ |
| Beépíthető mikrométerek                   | 11 | ↘ |
| Furatmérő mikrométerek                    | 14 | ↘ |
| Tolómérők                                 | 15 | ↘ |
| Magasságmérők                             | 18 | ↘ |
| Mérőhasábok                               | 20 | ↘ |
| Mérő- és indikátorórák                    | 21 | ↘ |
| Linear Gage                               | 24 | ↘ |
| Laser Scan mikrométerek                   | 26 | ↘ |
| Linear Scale útmérő rendszerek            | 28 | ↘ |
| Profilprojektorok                         | 31 | ↘ |
| Mikroszkópok                              | 32 | ↘ |
| Képfeldolgozó rendszerek                  | 34 | ↘ |
| Surftest (Felületi érdességmérő készülék) | 36 | ↘ |
| Contracer (Kontúrmérő berendezés)         | 38 | ↘ |
| Roundtest (Köralakvizsgáló berendezés)    | 40 | ↘ |
| Keménységmérő berendezések                | 42 | ↘ |
| Koordináta mérőgépek                      | 44 | ↘ |



### ■ Minőségirányítás (QC)

A minőségi, gazdaságos gyártás és/vagy szolgáltatás rendszere, amely megfelel a vevői igényeknek.

### ■ Folyamat minőségirányítás

A termelés során előállított termékek halmazának variációjának minimalizálására törekvő tevékenység. Folyamatok fejlesztése és standardizálása során kiemelt jelentőséggel bír.

### ■ Statisztikai folyamatszabályozás (SPC)

Statisztikai módszerek felhasználásával végrehajtott folyamatszabályozás.

### ■ Populáció

Az egyes elemek azon csoportja, amelyek jellemzői kedvező hatást gyakorolnak a szabályozott folyamatra és a termék minőségére. Olyan csoport, amely a minta alapján jól deiniálható.

### ■ Sokaság

Termékek kollekciója, amelyek előállítása azonos feltételekkel történik.

### ■ Minta

A termék egy eleme a populációból, amelyek alapján az egyes jellemzők meghatározásra kerülnek.

### ■ Minta mérete

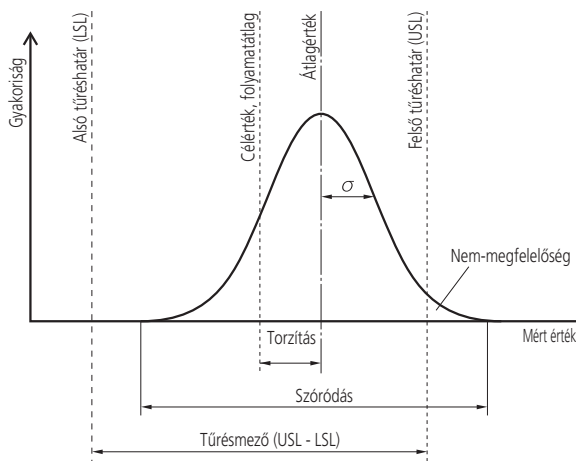
Előállított elemek száma a mintában.

### ■ Torzítás

A mérési minta alapján meghatározott átlag eltolódása a célértékhez képest. Ekkor a minta és az alapsokaság szórása és átlaga is eltérő.

### ■ Szóródás

A statisztikai sorban a tagok nagyságának egymástól és az átlagtól való eltérése. Az átlag körüli szóródás a standard szórással jellemezhető.



### ■ Hisztogram

A hisztogram metrikusan skálázott tulajdonságok grafikus ábrázolása. Ha túl sok érték szerepel, akkor osztályokba vonják össze őket. Az egyes osztályok szélessége változhat. A mennyiségeket a szorosan egymás mellé rajzolt téglalapok jelölik, ahol az egyes téglalapok területe az adott osztály gyakoriságát mutatja. A téglalapok magassága az osztály gyakorisági sűrűségét jelöli, ami az adott osztály szélességével leosztott gyakoriság.

### ■ Folyamatképesség

A folyamatképesség egy adott jellemzőre nézve a folyamat saját változékonyságának statisztikai mértéke. A vizsgálatot megfelelően minősített gépekkel kell elvégezni. A folyamatképesség függ a folyamat bemeneti stabilitásától, a kimenet megkövetelt pontosságtól, a folyamat tervezésétől, a folyamat stabilitásától. A folyamatképességi vizsgálattal az időbeni állandóságot és megfelelőséget vizsgáljuk, egyben megteremtjük a lehetőségét a folyamat szabályozókártyával történő ellenőrzéséhez, szabályozásához.

### ■ Folyamatképességi indexek (PCI vagy Cp)

Képesség vizsgálata során a folyamat ingadozását viszonyítjuk az előírt követelményekhez, azaz a tűrésmezőhöz. Az index értékének nagyobbak kell lenni mint 1. A számításkor a tűrésmező szélességét viszonyítjuk a folyamat szórásához ( $6\sigma$ ). Egyoldali tűrés esetén a mért értékek átlagát ( $\bar{X}$ ) és a  $3\sigma$  szórást vesszük alapul. A folyamatképességi index számítása esetén normál eloszlást feltételezünk.

**Megjegyzés:** Ha az eloszlás normális, akkor a mért értékek 99.74%  $\pm 3\sigma$  tartományon belül helyezkedik el.

Kétoldali tűrés

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

USL: Felső határméret  
LSL: Alsó határméret

Egyoldali tűrés ... ha csak a felső határméret adott

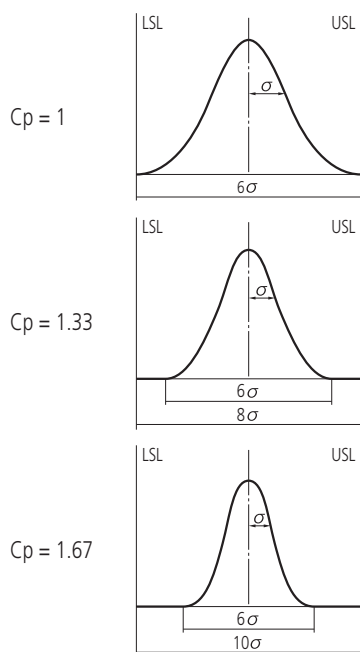
$$C_p = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

Egyoldali tűrés ... ha csak az alsó határméret adott

$$C_p = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$



## Példák folyamatképességi index értékekre ( $C_p$ ) (kétoldali tűrés esetén)



Ha a  $C_p=1$ , akkor 1000 termék közül 3 lesz kívül a tűrésmezőn, feltéve hogy az ingadozás várható értéke a tűrésmező közepe

Általánosan elfogadott minimális folyamatképességi érték, amely minimum 1 sigma értékkel van távolabb a tűrésmező szélétől.

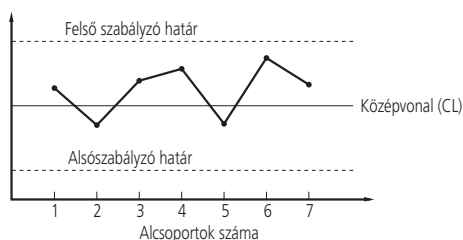
Általánosan elfogadott minimális folyamatképességi érték, amely minimum 2 sigma értékkel van távolabb a tűrésmező szélétől.

A  $C_p$  csak a tűrésmező szélességét viszonyítja a szórásértékhez és nem ad információt a folyamat átlagának helyzetére.

**Megj.:** A folyamatképességi index  $C_{pk}$  paramétere szolgáltat arról információt, hogy a várható érték helyzete hogyan viszonyul a célértékhez. Ezt a (Felső tűrés- Átlag) /  $3\sigma$  vagy az (Átlag - Alsó tűrés) /  $3\sigma$  formában képezzük. A két érték közül a kisebbet kell figyelembe venni.

## Ellenőrző kártyák

A módszer célja a folyamat stabilitás vizsgálata, vagyis annak eldöntése, hogy az ingadozások, eltérések csak a véletlennek tulajdoníthatók, és így a folyamat stabil, vagy vannak okok, amelyek a folyamat jellegét megváltoztathatják, és így kiküszöbölésük beavatkozást igényel. A gyártásközi ellenőrzésnél úgy járunk el, hogy a folyamatból időnként mintát veszünk, és a jellemző tulajdonság értékét vagy abból képezett mutatókat (átlag, szórás) ábrázoljuk a minta sorszáma, a mintavétel időpontja, vagy más adatok azonosítója függvényében.



## Okok

Az egyes ok és okozatok technológia vagy gazdasági eredetűek lehetnek, amelyek kiküszöbölése igen nehéz.

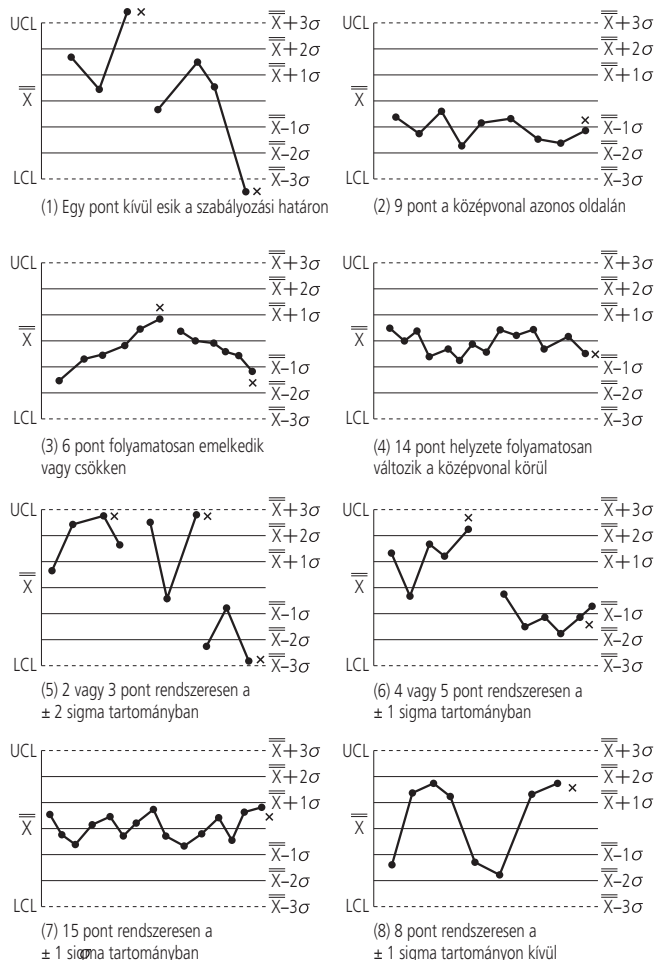
## $\bar{X}$ -R ellenőrző kártya

Gyártásközi ellenőrzéshez az  $\bar{X}$ -R ellenőrző kártyát úgy készítjük el, hogy a középvonalat és a beavatkozási határokat az előzetes adatfelvételnél megállapított  $\bar{X}$  és  $\sigma$  értékekkel szerkesztjük meg.

## Ellenőrző kártya értelmezése

Az ellenőrző kártyával elsősorban azt vizsgáljuk, hogy a folyamat stabil-e. Ha igen, vagyis sem az ingadozás centruma nem tolódik el, sem pedig annak mértéke nem nőtt meg, az ellenőrző kártya filozófiája szerint nincs szükség beavatkozásra. Ez azonban nem jelenti azt, hogy elégedettek vagyunk a folyamattal, mert ez a változatlan ingadozás lehet túlságosan nagy mértékű is. Ha az ingadozás tartományának szélessége meghaladja a tűrésmező szélességét, a folyamat képessége nem elég jó. Vagyis mégis intézkedésre van szükség. Más szavakkal, ha a kártya eltolódást jelez, akkor a kártyafilozófia szerint beavatkozás szükségeltetik.

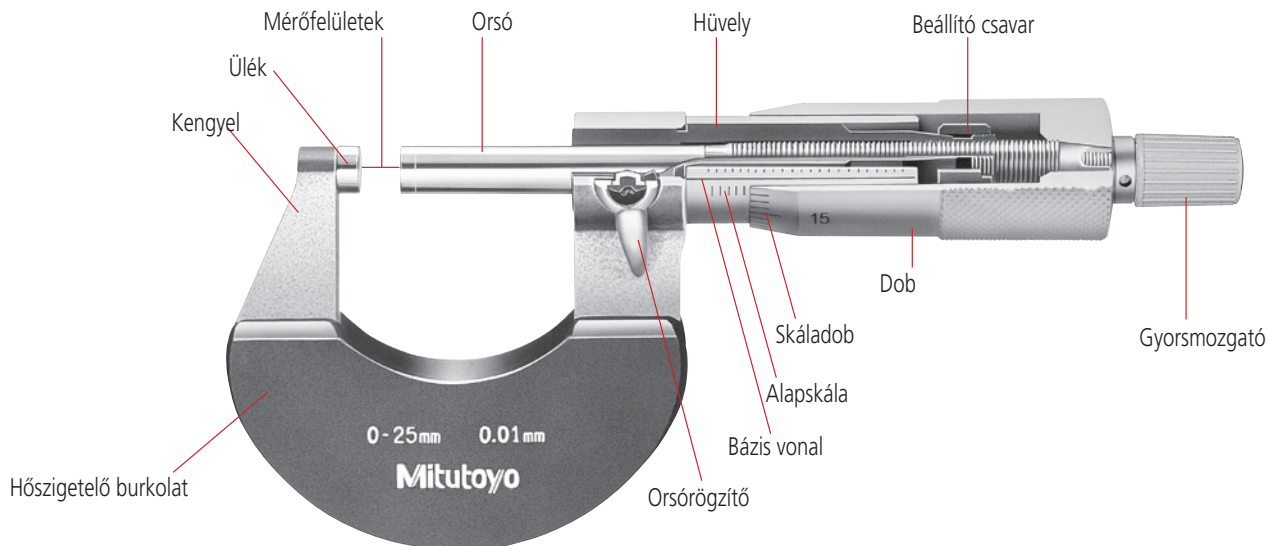
Az ellenőrző kártyákon megfigyelhető szabályszerűségek:





### ■ Szakkifejezések

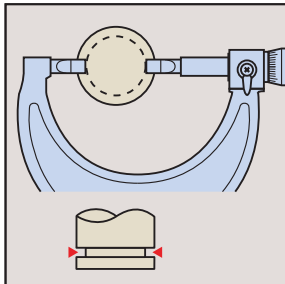
#### Standard analóg külső mikrométer



#### Digimatic külső mikrométer

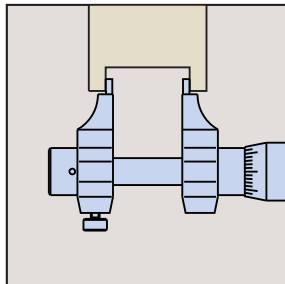


Pengés mikrométer



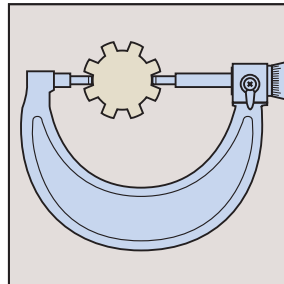
Szűk beszúráások átmérő-méréséhez

Belső mikrométer, tolómérő típus



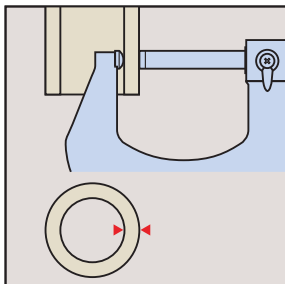
Kis belső átmérők vagy hornyok méréséhez

Hullámmérő mikrométer



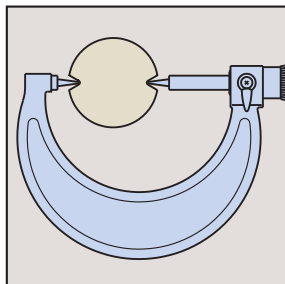
Bordás tengelyek méréséhez

Csőmérő mikrométer



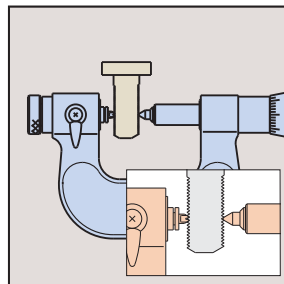
Csőfalvastagság méréshez

Csúcsos mikrométer



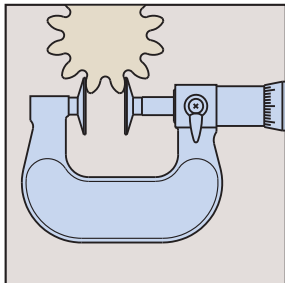
Lábkörátmérő méréshez

Menetmérő mikrométer



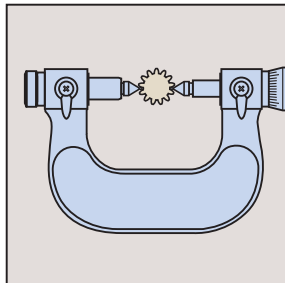
Hasznos menetátmérő méréséhez

Tárcsás külső mikrométer



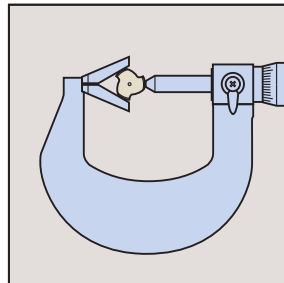
Fogaskerek alapkör-érintő-hossz méréséhez

Golyós fogmérő mikrométer



Fogaskerek átmérőméréshez

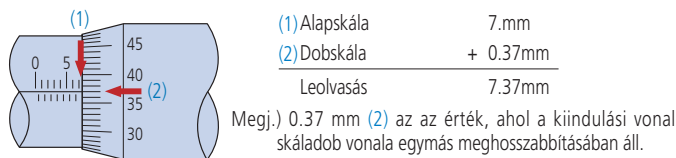
V-ülékes mikrométer



3 v. 5 élű szerszámok méréséhez

■ Skála leolvasása

Mikrométer normál skálával (osztás: 0.01mm)

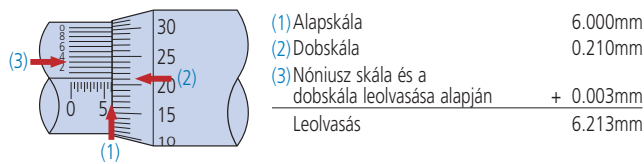


A skáladobon közvetlenül 0.01mm pontossággal olvasható le, ahogy fentebb látható, de a 0.001mm pontosság becsülhető, mivel a vonalvastagság 1/5 része az osztásnak.

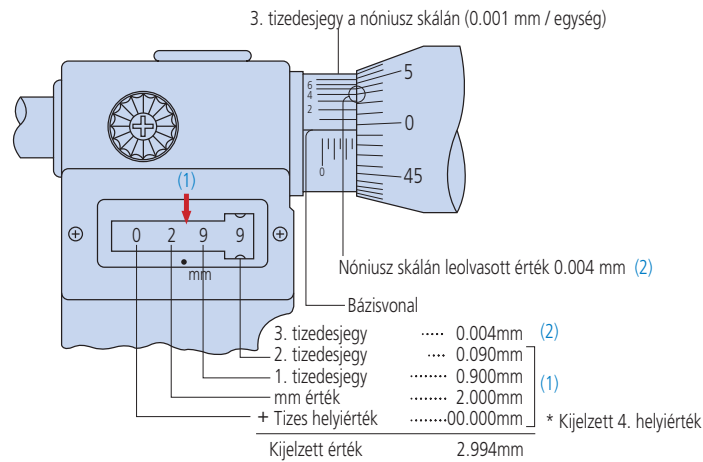


Mikrométer nóniusz skálával (osztás: 0.001mm)

A nóniusz skála 0.001mm pontosságú közvetlen leolvasást tesz lehetővé.



Mikrométer mechanikus számlálóval (osztás: 0.001mm)

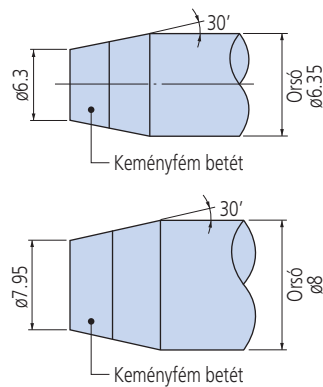


Megj) 0.004 mm (2) az az érték, ahol a nóniusz osztásvonal illeszkedik a dobskala osztásvonalához.

■ Mérőerő határoló

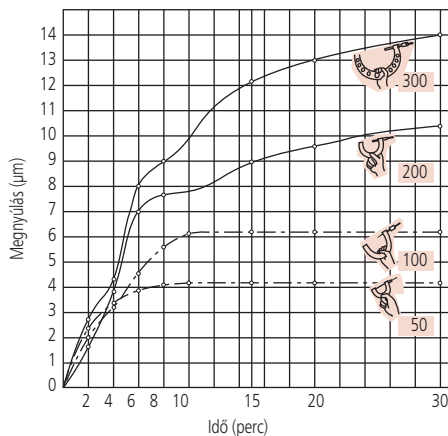
|                        | Hangha-<br>tás | Egykez-<br>es haszná-<br>latra | Megjegyzés                                       |
|------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| Racsnis stop           | Igen           | Alkal-<br>matlan               | A kilincsmű zaja hatással lehet a mérésre        |
| Frikciós dob (F típus) | Nem            | Alkal-<br>mas                  | Sima működés hang és zaj nélkül                  |
| Racsnis dob (T típus)  | Igen           | Alkal-<br>mas                  | Hanghatás révén tartható az ál-<br>landó mérőerő |
| Racsnis dob            | Igen           | Alkal-<br>mas                  | Hanghatás révén tartható az ál-<br>landó mérőerő |

■ Mérőfelület részlete



Az ábra csak illusztráció, nem méretarányos

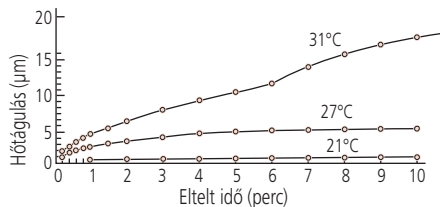
## ■ Mikrométer hőtágulása a kengyel szabadkézi használatakor



A fenti diagram a mikrométer kengyel hőtágulását szemlélteti szabadkézi használat esetén. Ahogy látható, a hőmérséklet nagyban befolyásolja a mérési hiba nagyságát. Ha a mérés közben elkerülhetetlen a mikrométer szabadkézi használata, akkor törekedjünk a minél rövidebb ideig tartó kontaktusra. A kengyelen található hőszigetelő burkolat csökkenti a mérés pontosságára gyakorolt hatását. (A diagram nem jelent garanciát, csak az adott vizsgálat eredményét mutatja.)

## ■ Hosszváltozás a hőmérséklet változás hatására

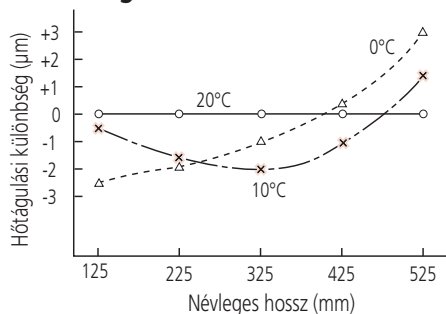
(200mm rúd esetén 20°C hőmérsékleten)



A fenti diagram a hőtágulás okozta hosszváltozást szemlélteti, amikor a kezelő személy kézhőmérséklete eltérő értéket mutat a normál 20°C szobahőmérséklettől. A diagram azt mutatja, hogy a mikrométer etalonnal történő beállítása során ne legyen közvetlen kapcsolata az eszközzel, hanem használjon kesztyűt vagy hőszigetelő elemet.

Mérés végrehajtása során ügyeljen arra, hogy a beállító etalonnak időre van szüksége, hogy eredeti hosszát újra felvegye. (A diagram kísérleti értékeket tartalmaz.)

## ■ Mikrométer és Beállító etalon hőtágulása közötti különbség



A fenti kísérletben, a mikrométer és etalonja 24 óra elteltével válik termikusan stabilá 20°C környezeti hőmérsékleten. Amikor a mikrométert és etalonját 0°C - 10°C között vizsgálták azonos időperiódusban, figyelték a kiindulási pont eltolódásának mértékét. A fenti diagram ennek eredményét szemlélteti 125 - 525 mm mérettartományban minden egyes hőmérsékleten. A diagram jól szemlélteti, hogy a mikrométernek és etalonjának azonos környezetben kell lenni több órán keresztül, mielőtt a nullpontot beállítanánk. (A diagram nem jelent garanciát, csak az adott vizsgálat eredményét mutatja.)

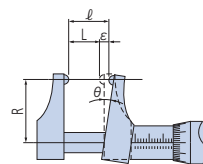
## ■ Megfogási módszer és irány hatása (egység: µm)

A mikrométer nullpontjának beállítása után ha változtatjuk a megfogást és/ vagy a mérési irányt, akkor az hatással lesz a mérési eredményre. A táblázat a mérési hibát kiemelve mutatja be a nullpont beállítás utáni változások hatását az 'alátámasztás alul és közepén' esethez képest. Alapszabály tehát, hogy a nullpontbeállítás és mérés azonos megfogás és mérési irány mellett történjen.

| Megfogási módok           | Támasztás lent és közepén | Támasztás csak közepén |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| Nézet                     |                           |                        |
| Maximum mérési hossz (mm) |                           |                        |
| 325                       | 0                         | -5.5                   |
| 425                       | 0                         | -2.5                   |
| 525                       | 0                         | -5.5                   |
| 625                       | 0                         | -11.0                  |
| 725                       | 0                         | -9.5                   |
| 825                       | 0                         | -18.0                  |
| 925                       | 0                         | -22.5                  |
| 1025                      | 0                         | -26.0                  |

| Megfogási módok           | Megfogás közepén vízszintes helyzetben | Megfogás kézben lefelé tartva. |
|---------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| Nézet                     |                                        |                                |
| Maximum mérési hossz (mm) |                                        |                                |
| 325                       | +1.5                                   | -4.5                           |
| 425                       | +2.0                                   | -10.5                          |
| 525                       | -4.5                                   | -10.0                          |
| 625                       | 0                                      | -5.5                           |
| 725                       | -9.5                                   | -19.0                          |
| 825                       | -5.0                                   | -35.0                          |
| 925                       | -14.0                                  | -27.0                          |
| 1025                      | -5.0                                   | -40.0                          |

## ■ Abbe elv



Abbe elv értelmében a legjobb mérési pontosságot akkor kapjuk, ha a mérőskála és a mérés tengelye egy vonalra esik, ugyanis a külpontos mérés során adódó relatív szögeltérés ( $\theta$ ) méreteltérést eredményez a valódi méret és a skálán leolvasott méret között. Ezt nevezzük Abbe hibának

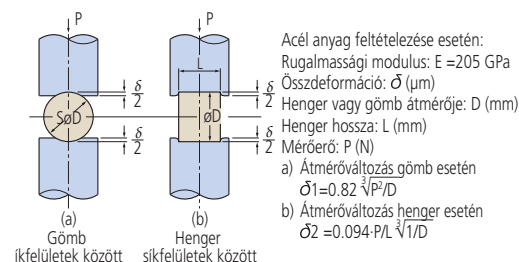
( $\varepsilon = l - L$  lásd a diagramon). Az orsó egyenesség hibája, a mérőerő, és orsómegvezetés tökéletlensége együttesen hatással van a ( $\theta$ ) mértékére, illetve minél nagyobb az R, annál nagyobb a fellépő hiba értéke.

## ■ Hooke törvény

A Hooke törvény értelmében a fellépő terhelés, feszültség hatására - annak mértékétől függően - az anyag rugalmas alakváltozást szenved, amely tortíztja a mért értéket

## ■ Hertz feszültség

Hertz képlet megadja egy gömb vagy henger átmérő csökkenésének értékét sík felületek közötti mérés során a fellépő rugalmas deformáció hatására. A képlet jól használható a mérőerő okozta hatás becslésére a pont vagy vonalérintkezés esetére.





## ■ Menet osztókörátmérő mérése

### ● 3-szálás módszer

Menetek osztókörátmérőjének mérése történhet 3-szálás mérési módszerrel, ahogy azt a lenti ábra is szemlélteti.

Számított osztóköri átmérő (E) az (1) és (2) egyenletek alapján.

Metrikus vagy unified menet (60°)

$$E = M - 3d + 0.866025P \quad \dots\dots(1)$$

Whitworth menet (55°)

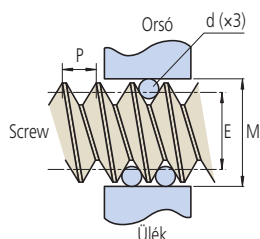
$$E = M - 3.16568d + 0.960491P \quad \dots\dots(2)$$

d = szálátmérő

E = menet osztókörátmérő

M = mikrométer leolvasás

P = menetemelkedés



| Menet típusa                       | Optimális szálátmérő D |
|------------------------------------|------------------------|
| Metrikus vagy egységes menet (60°) | 0.577P                 |
| Whitworth menet (55°)              | 0.564P                 |

## ■ Legfőbb hibák 3-szálás mérés esetén

| Hibaok                    | Hiba kiküszöbölése                                                                                                  | Megengedett hiba                                        | Állandó hiba                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Osztási hiba (munkadarab) | 1. Osztáshiba korrekció ( $\delta p = \delta E$ )<br>2. Több mérés átlagolása.<br>3. Egyedi osztáshiba csökkentése. | $\pm 18 \mu m$ feltételezett 0.02 mm osztáshiba esetén. | $\pm 3 \mu m$                                |
| Félszög hiba (munkadarab) | 1. Optimális szál alkalmazása.<br>2. Korrekció nem szükséges.                                                       | $\pm 0.3 \mu m$                                         | $\pm 0.3 \mu m$                              |
| Eltérő ülékek             | 1. Optimális szálátmérő alkalmazása.<br>2. Az átlagos lejjebb megközelítő szálak kiválasztása.                      | $\pm 8 \mu m$                                           | $\pm 1 \mu m$                                |
| Szálátmérő hiba           | 1. Előre megadott mérőőr alkalmazása.<br>2. Megadott mérőél alkalmazása.<br>3. Állandó mérőőr alkalmazása.          | $-3 \mu m$                                              | $-1 \mu m$                                   |
| Eredő hiba                |                                                                                                                     | a legrosszabb esetben $+20 \mu m$<br>$-35 \mu m$        | óvatos mérés esetén $+3 \mu m$<br>$-5 \mu m$ |

### ● 1-szálás módszer

Páratlan fogszám esetén a mérés prizma és 1-szál alkalmazásával történik. Mért érték ( $M_1$ ) és a számított M érték a (3) vagy (4) képlet szerint.

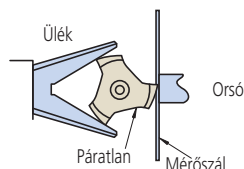
$M_1$  = mikrométeren leolvasott érték

D = átmérő páratlan fogszám esetén

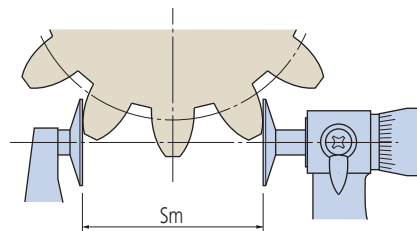
$$\text{Fogszám 3} : M = 3M_1 - 2D \quad \dots\dots(3)$$

$$\text{Fogszám 5} : M = 2.2360M_1 - 1.2360D \quad \dots\dots(4)$$

A számított M értékkel és az (1) vagy (2) képlet alapján az osztóköri átmérő (E) kiszámítható.



## ■ Alapkör érintő hossza



Alapköri érintő hossz számítása ( $S_m$ ):

$$S_m = m \cos \alpha_0 \{ \pi (Z_m - 0.5) + Z \operatorname{inv} \alpha_0 \} + 2Xm \sin \alpha_0$$

Fogszám meghatározása az alapkör hosszának méréséhez ( $Z_m$ ):

$$Z_m' = Z \cdot K(f) + 0.5 \quad (Z \text{ is the integer closest to } Z_m')$$

$$\text{ahol, } K(f) = \frac{1}{\pi} \{ \sec \alpha_0 \sqrt{(1+2f)^2 - \cos^2 \alpha_0} - \operatorname{inv} \alpha_0 - 2f \tan \alpha_0 \}$$

$$\text{és, } f = \frac{X}{Z}$$

$$\operatorname{inv} 20^\circ \approx 0.014904$$

$$\operatorname{inv} 14.5^\circ \approx 0.0055448$$

m: modul

$\alpha_0$ : kapcsolószög

Z: fogak száma

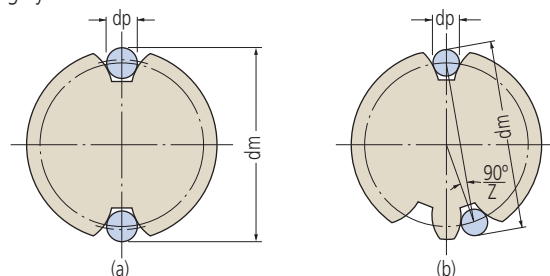
X: módosítási tényező

$S_m$ : alapköri érintőhossz

$Z_m$ : közrefogott fogak száma

## ■ Fogaskerék mérés

Két-golyós mérés



Fogaskerék páros fogszámmal:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta}$$

Fogaskerék páratlan fogszámmal:

$$dm = dp + \frac{dg}{\cos \theta} \cdot \cos \left( \frac{90^\circ}{Z} \right) = dp + \frac{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0}{\cos \theta} \cdot \cos \left( \frac{90^\circ}{Z} \right)$$

ahol,

$$\operatorname{inv} \theta = \frac{dp}{dg} - \frac{X}{Z} = \frac{dp}{Z \cdot m \cdot \cos \alpha_0} - \left( \frac{\pi}{2Z} - \operatorname{inv} \alpha_0 \right) + \frac{2 \tan \alpha_0}{Z} \cdot X$$

$\theta$  ( $\operatorname{inv} \theta$ ) táblázat alapján.

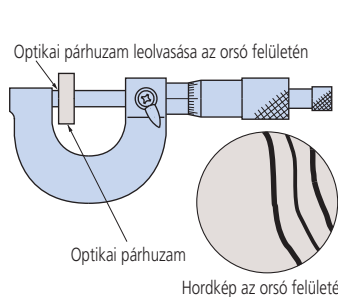
Z: fogak száma

$\alpha_0$ : kapcsolószög

m: modul

X: módosítási tényező

## ■ Mérőfelületek párhuzamosságának ellenőrzése

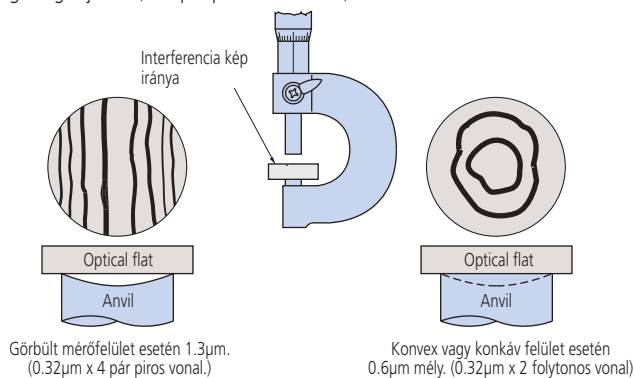


A párhuzamosság ellenőrzéséhez optikai párhuzamot használunk, amelyet először az ülékhez rögzítünk, majd normál mérőerő mellett az orsót is ütköztetjük az optikai párhuzamhoz. A párhuzamosságra a megjelenő piros interferencia csíkok alapján következtethetünk. Minden csík egy fél hullámhossz magasságot jelent ( $0.32\mu\text{m}$  piros csíkonként).

A fenti ábra egy kb.  $1\mu\text{m}$  párhuzamossági hibát mutat, mivel  $0.32\mu\text{m} \times 3 = 0.96\mu\text{m}$ .

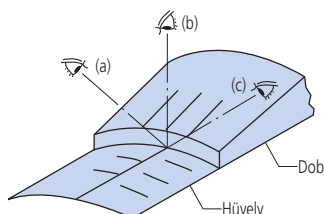
## ■ Mérőfelületek síklapúságának ellenőrzése

A síklapúság értékére optikai párhuzam alkalmazásával következtethetünk, mellyel külön-külön vizsgáljuk az egyes mérőfelületeket. A síklapúságra a megjelenő piros interferencia csíkok alapján következtethetünk. Minden csík egy fél hullámhossz magasságot jelent ( $0.32\mu\text{m}$  piros csíkonként).



## ■ Általános érvényű megjegyzések

1. A mérési feladathoz mindig a megfelelő pontosságú, méréstartományú és típusú mikrométert válasszuk.
2. A mikrométert és a mérendő mdb-t tárolja azonos körülmények között annyi ideig, amilyen hosszan csak lehet.
3. A leolvasást mindig a kiinduló vonalra merőlegesen végezzük. Ha a leolvasást különböző szöghelyzetből végezzük, akkor a parallaxis hiba miatt a kapott érték mindig más lesz.



(a) Index vonaltól feljebb

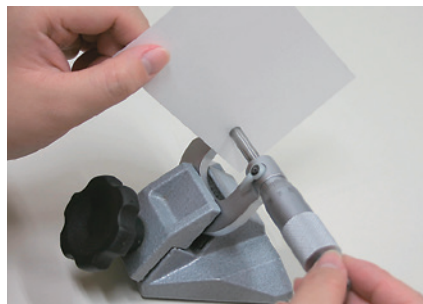


(b) Közvetlen az indexvonal irányából

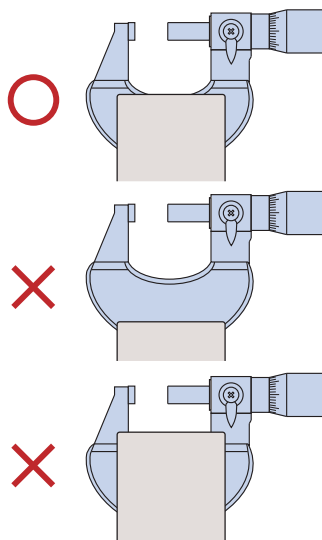


(c) Az indexvonal alól

4. A mérés és nullbeállítás előtt tisztító papírral tisztítsuk meg a mérőfelületeket.



5. Napi karbantartásként a mérőfelületeket mindig tartsa tisztán.
6. A racsnis egységgel állandó mérőerő mellett végezheti a mérést. A méréshez mindig ezt használja. Csak ezzel lesz pontos és ismételhető a mérése.
7. Ha a mikrométert állványba helyezi, akkor azt a kengyel megfogásával mindig központosan rögzítse. Ne fogja be túl mélyen a kengyelt az állványba.



8. Bánjon vele óvatosan, ne ejtse le vagy üsse meg. Nem erőltesse túl a skáladobot annak forgatásával. Ha a mikrométert sérülés éri, akkor annak használata előtt minden képpe győződjön meg annak pontosságáról és használhatóságáról.
9. Hosszú nem-használat után ha nem használt védőolaj védelmet, kenje át a mikrométert anti-korróziós olajjal, majd puha szálmentes ruhával törölje át.
10. Tárolási javaslat:  
Ne tegye ki közvetlen napsugárzásnak.  
Tárolja az eszközt szellőző, alacsony páratartalmú helyen.  
Takarja be tárolás előtt az eszközt.  
Tároláshoz javasolt tárolódobozt használni, amelyet ne tartson a padlón vagy annak környezetében.  
Tároláskor javasolt a mérőpofák között 0.1 - 1 mm rést hagyni.  
Ne tároljuk a mikrométert meghúzott orsórögzítővel.

# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



## Beépíthető mikrométerek

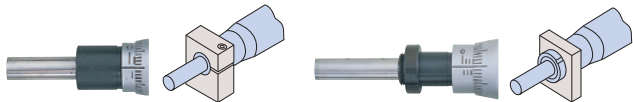
### Alaptényezők a kiválasztáshoz

Alaptényezőként megemlítendő a méréstartomány, mérőfelület, szár, osztás, dobátmérő, stb.

#### ■ Szár

Sima szár

Menetes szár



- A beépíthető mikrométer sima vagy menetes típusa a fenti ábra alapján rögzíthető. A szár mm vagy coll méretben h6-os tűréssel került gyártásra.
- A menetes szárral a beépíthető mikrométer gyorsan és biztonságosan rögzíthető a befogó készülékbe. A sima szár előnye a finomabb beállíthatóság tengelyirányban és szélesebb alkalmazhatóság. A merev rögzítés hasított befogó készüléket igényel.
- Általános célú befogó készülékek opcionális tartozékként rendelkezésre állnak.

#### ■ Mérőfelület



Sík



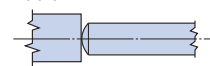
Gömb



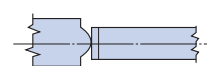
Nem-forgó

- A sík végű orsó a mérési feladatokra az egyik legáltalánosabban alkalmazott típus.
- Ha a beépített mikrométer pozicionálási feladatot lát el, akkor a gömb végződés a megfelelő, amellyel minimalizálható a beállítás nem-megfelelőségéből adódó hiba (A ábra). Alternatíva, a sík végződés kiegészítése gömb felülettel, mint pl. keményfém golyó (B ábra).
- A nem-forgó orsós vagy elfordulás-mentes betét (C ábra) alkalmazásával elkerülhető a surlódás hatása.
- Ha a beépített mikrométer pozíciórögzítési feladatot is ellát, akkor a tartósság szempontjából a sík végződés a megfelelő választás.

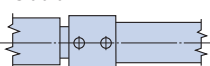
A ábra



B ábra



C ábra



#### ■ Nem-forgó orsó

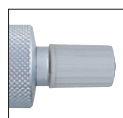
- A nem-forgó orsó nem fejt ki koptató hatást a mdb. felületén, amely sok alkalmazás esetén nagy fontosságú.

#### ■ Orsó menetemelkedés

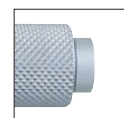
- A standard típus menetemelkedése 0.5 mm.
- 1mm-menetemelkedésű típus: gyorsabb a pozicionálás és elkerülhető a 0.5mm leolvasási hiba. A kiváló teherviselő jellemzők miatt a nagyobb menetemelkedés kedvezőbb.
- 0.25mm vagy 0.1mm-menetemelkedésű típus  
Alacsony sebességű ill. finom pozicionálást tesz lehetővé.

#### ■ Állandó mérőerő

- A beépíthető mikrométerek erőhatárolóval rendelkeznek (racsnis vagy frikciós dob), amely igen fontos a pontos mérés megvalósításához.
- Ha a beépíthető mikrométer pozíció rögzítési feladatot is ellát, akkor jobb választás a racsnis nélküli kivitel.



Beépíthető mikrométer erőhatárolóval



Beépíthető mikrométer erőhatároló nélkül

#### ■ Orsózár

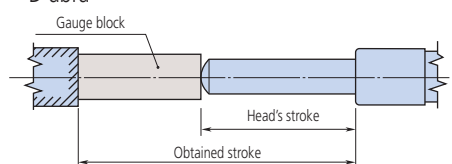
- Ha a beépíthető mikrométer pozíció rögzítési feladatot is ellát, akkor jobb választás az orsózárrel felszerelt típus, amely képe lentebb látható.



#### ■ Méréstartomány (elmozdulás)

- Ha méréstartomány ismeretében választ beépíthető mikrométert, ügyeljen a megfelelő mozgástérre is. Hat elmozdulási tartomány, 5 - 50mm, áll rendelkezésre a standard kivitelben.
- Ha az elmozdulási tartomány viszonylag kicsi, 2mm - 3mm, költségkímélőbb megoldás egy 25mm elmozdulású típus választása, ha elegendő hely áll rendelkezésre a készülékben vagy a berendezésben.
- Ha a szükséges elmozdulás nagyobb mint 50mm, használjunk mérőhasábot a méréstartomány kiterjesztése céljából. (D ábra)

D ábra



- Ebben az esetben a méréstartomány (mozgástartomány) végét a skáladobon található szaggatott vonal jelzi. A készülék tervezése során ezt a max. elmozdulási hosszt kell figyelembe venni.

#### ■ Nagyon finom állíthatóság

- Az adott típusú beépíthető mikrométerek segítségével igen finom és pontos pozicionálást valósíthatunk meg az orsó igen finom menetemelkedése révén.

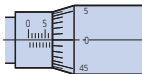
Dob átmérő

- Az orsódob átmérőjének nagysága nagy hatással van a kezelhetőségre és a pozicionálás finomságára. A kis dobátmérő a gyorsállítás, míg a nagy átmérő a pozicionálás finomsága és leolvasás megbízhatósága szempontjából kedvezőbb. Néhány kivétel ötvözi e kettős jó tulajdonságot, ahol a nagy dobátmérőt kis átmérőjű gyorsmozgatóval látják el.

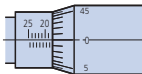


Osztás típusai

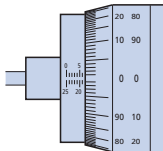
- A mechanikus beépíthető mikrométerek leolvasása megfelelő gyakorlatot igényel.
- A "normál osztás" típus teljesen megegyezik a külső kengyeles mikrométer osztásával. Ebben az esetben a leolvasott érték az orsó befelé mozgásával együtt növekszik.
- A "fordított osztás" esetén a kifelé mozgó orsó jelenti az érték növekedését.
- A "kétirányú osztás" modellen mindkét irányú skála megtalálható a dobon, így csak az alkalmazásnak megfelelő skála közvetlen leolvasása szükséges.
- A beépíthető mikrométerek rendelkeznek mechanikus vagy digitális kijezővel ellátott típussal. Ezzel kiküszöbölhető a nem megfelelő leolvasásból eredő hiba. További előnye a digitális kijelzőnek, hogy a jelek számítógéppel is feldolgozhatók, elemezhetők, tárolhatók, és kiértékelhetők.



Normál osztás



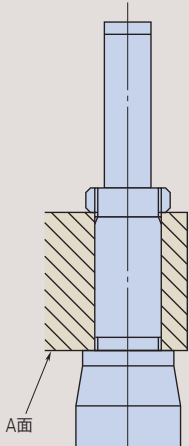
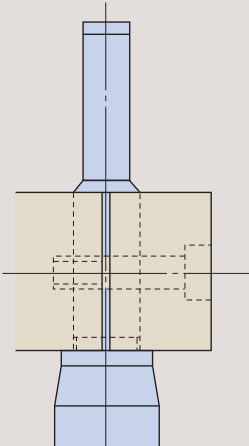
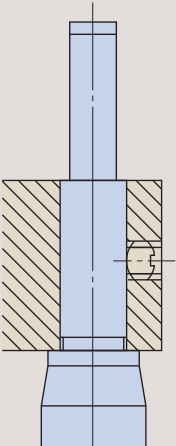
Fordított osztás



Kétirányú osztás

Útmutató a sajátkészítésű befogókhoz

A beépíthető mikrométer a szára által kerül megfogásra egy nagy pontossággal megmunkált furat rögzítőelem segítségével úgy, hogy az ne fejtse ki túlzottan nagy erőt a szárra. A 3 alap megfogási módot az alábbi ábra szemlélteti. A 3. megoldás kerülendő. Javasolt módszer az (1) vagy (2).

| Rögzítési módok         |  | (1) Rögzítő anya                                                                                                                                 |     |                         |     | (2) Felhasított rögzítés                                                             |     |                         |     | (3) Rögzítő csavaros                                                                                                          |     |                    |     |
|-------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|--------------------|-----|
|                         |  |                                                               |     |                         |     |  |     |                         |     |                                          |     |                    |     |
| Betartandó szempontok   |  |                                                                                                                                                  |     |                         |     |                                                                                      |     |                         |     |                                                                                                                               |     |                    |     |
| Szárátmérő              |  | ø9.5                                                                                                                                             | ø10 | ø12                     | ø18 | ø9.5                                                                                 | ø10 | ø12                     | ø18 | ø9.5                                                                                                                          | ø10 | ø12                | ø18 |
| Rögzítő furat Tűrésmező |  | G7<br>+0.005 (-) +0.020                                                                                                                          |     | G7<br>+0.006 (-) +0.024 |     | G7<br>+0.005 (-) +0.020                                                              |     | G7<br>+0.006 (-) +0.024 |     | H5<br>0 (-) +0.006                                                                                                            |     | H5<br>0 (-) +0.008 |     |
| Figyelem felhívás       |  | Ügyelni kell az A felület és a furat tengelyének merőlegességére.<br>A szár probléma nélkül rögzíthető ha a merőlegességi hiba maximum 0.16/6.5. |     |                         |     | A hasítás során keletkező sorját gondosan el kell távolítani a furat felületéről     |     |                         |     | Szorítócsavar mérete: M3x0.5 vagy M4x0.7<br>Használjon a csavar alatt sárgaréz dugót a szár sérülésének elkerülése érdekében. |     |                    |     |

## ■ Beépíthető mikrométerek maximális terhelhetősége

A beépíthető mikrométer maximális terhelhetősége függ a beépítés módjától és a terhelés típusától (statikus vagy dinamikus). Éppen ezért pontos érték a maximális terhelhetőségre előre nem adható meg. A Mitutoyo által javasolt terhelési határ (kevesebb mint 100,000 mérés közbeni fordulat a pontossági tartományon belül) statikus terhelés esetén az alábbiakban található.

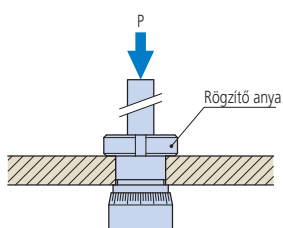
### 1. Ajánlott maximális terhelés

|                 |                                                                 | Maximális terhelhetőség      |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Standard típus  | Orsó menetemelkedés: 0.5mm                                      | max. <b>39,227N</b> / 4kgf * |
|                 | Orsó menetemelkedés: 0.1mm/0.25mm                               | max. <b>19,613N</b> / 2kgf   |
| Speciális típus | Orsó menetemelkedés: 0.5mm                                      | max. <b>39,227N</b> / 4kgf   |
|                 | Orsó menetemelkedés: 1.0mm                                      | max. <b>58,840N</b> / 6kgf   |
|                 | Nem-forgó orsó                                                  | max. <b>19,613N</b> / 2kgf   |
|                 | Sorozat 110 mikro-finomságú típus (differenciál mechanizmussal) | max. <b>19,613N</b> / 2kgf   |

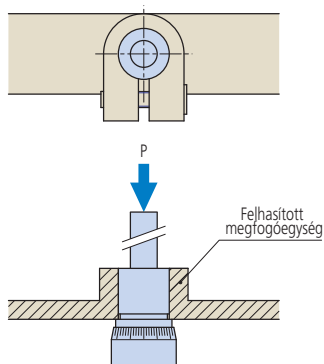
\* Max. **19,613N** / 2kgf a kisméretű modellek esetén

### 2. Statikus terhelés vizsgálat (148-104 / 148-103 esetünkben)

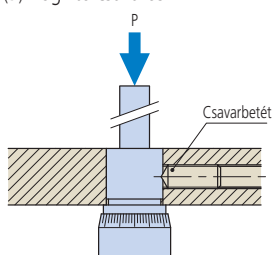
(1) Rögzítő anyás



(2) Felhasított rögzítés



(3) Rögzítő csavaros



#### Mérési módszer

A beépíthető mikrométer beépítése a rajz szerint, terhelése pedig a nyíl szerint történik. A terhelés addig tart, amíg a mikrométer nem deformálódik, vagy ki nem csúszik a rögzítő furatból. A P irányú erő kerül mérésre a teszt során.

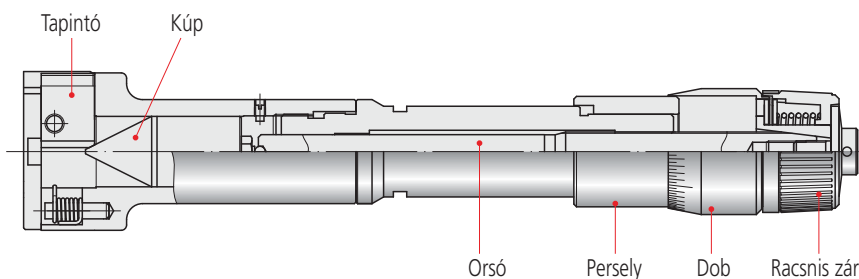
| Rögzítési mód        | Roncsolás / kimozdulás*                                                            |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| (1) Rögzítő anyás    | A főegység sérülése <b>8.63 - 9.8kN</b> (880 to 1000kgf) tartományban.             |
| (2) Felhasított      | A főegység kicsúszása a furatból <b>0.69 - 0.98kN</b> (70 to 100kgf) tartományban. |
| (3) Rögzítő csavaros | A rögzítő csavar sérülése <b>0.69 - 1.08kN</b> (70 to 110kgf) tartományban.        |

\* A megadott értékek tájékoztató jellegűek.





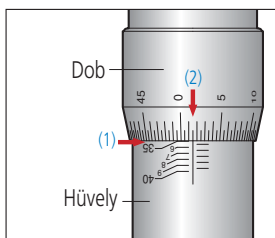
### Szakkifejezések



### Skála leolvasása

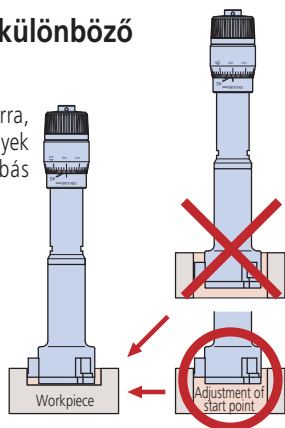
Osztás 0.005mm

|                  |           |
|------------------|-----------|
| (1) Hüvely skála | 35 mm     |
| (2) Dob skála    | 0.015 mm  |
| Érték            | 35.015 mm |



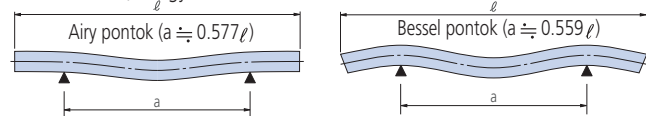
### Mért érték megváltozása különböző mérési pontokban

Holtest alkalmazása esetén ügyelni kell arra, hogy a beállítás és a mérés azonos körülmények között történjen. Ellenkező esetben hibás méretet kapunk a mérés során.



### Airy és Bessel pontok

Ha a hosszalapon vagy a furatmikrométer vízszintes helyzetű, és az alátámasztás két ponton történik, akkor az önsúly okozta deformáció mértéke függ az alátámasztási pontok távolságától. Az alátámasztási pontok számítására két módszer létezik, ahogy azt az alábbi ábrák szemléltetik:



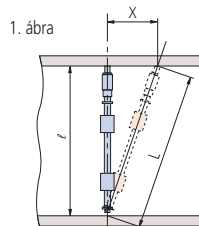
A rúd (vagy mikrométer) vízszintes helyzetében a szimmetrikus alátámasztásokat szemlélteti a fenti ábra. Ezek az alátámasztások az ún. 'Airy pontok', amelyek biztosítják, hogy a végpontok felületei párhuzamosak maradjanak.

A rúd (vagy mikrométer) lehajlásból eredő hosszváltozása minimalizálható két pontosan meghatározott alátámasztással. Ezek az alátámasztások az ún. 'Bessel pontok', amelyek nagy hosszúságú mikrométerek esetén használatosak.

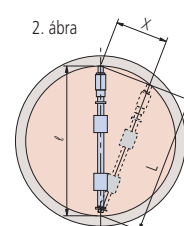
### Mikrométer hőmérsékletváltozása okozta méretváltozás

Minimalizálni kell az operátor által átadott hőmennyiséget a mikrométer és a munkadarab számára. Ha a mérés során az eszközt közvetlenül a kezében tartja, akkor használjon megfelelő hőszigetelést.

### Beállításból eredő hiba

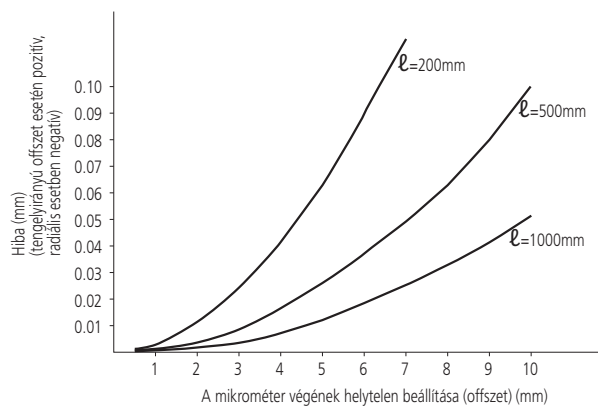


1. ábra  
 $\ell$ : belső átmérő mérése  
 $L$ : hosszúság X tengelytől  
 $X$ : offszet tengelyirányban  
 $\Delta \ell$ : mérési hiba  
 $\Delta \ell: L - \ell = \sqrt{\ell^2 + X^2} - \ell$



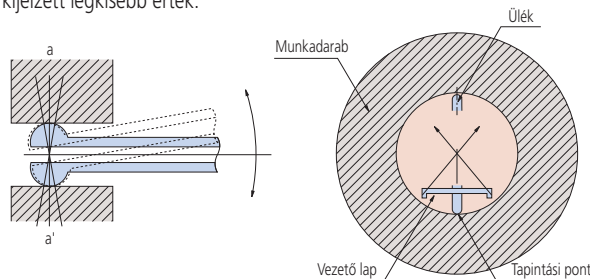
2. ábra  
 $\ell$ : belső átmérő mérése  
 $L$ : hosszúság X tengelytől  
 $X$ : offszet tengelyirányban  
 $\Delta \ell$ : mérési hiba  
 $\Delta \ell: L - \ell = \sqrt{\ell^2 + X^2} - \ell$

Ha a belső mikrométer beállítása tengely vagy keresztirányban nem megfelelő az X offszet érték miatt, lásd 1. és 2. ábra, a mérést jelentős hiba fogja terhelni (képletet lásd fentebb). Tengelyirányú beállítási hiba esetén a hiba pozitív, sugárirányú esetén negatív.



### Bore Gages

• A Mitutoyo Bore Gages eszközök kis furatok mérésére alkalmasak, ahol a tapintók nagy görbülettel rendelkeznek, így könnyűvé téve a valós átmérő méréséhez optimális pozícionálást (a-a' irány). A valós átmérő a mérőóra által kijelzett legkisebb érték.



• A tapintó rugós megoldása alkalmazásával a Mitutoyo kétponton mérők illesztését csak tengelyirányban kell megvalósítani a valós átmérő méréséhez.

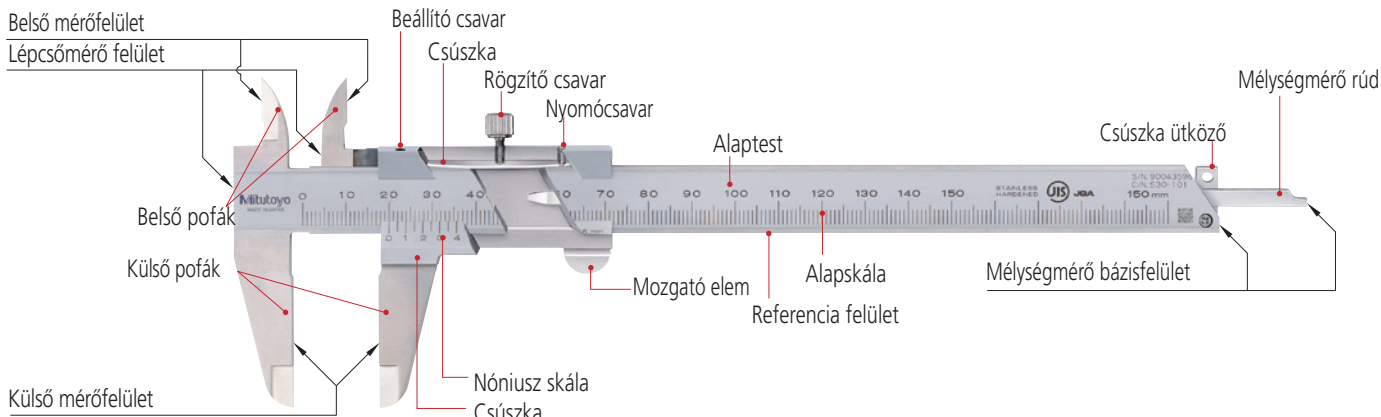
# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



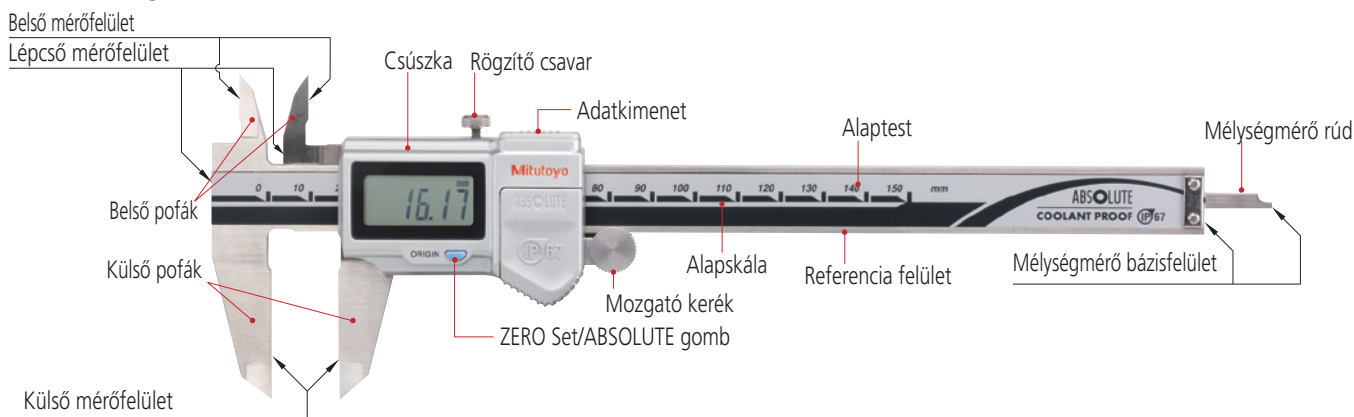
## Tolómérők

### Szakkifejezések

#### Nóniuszos tolómérő

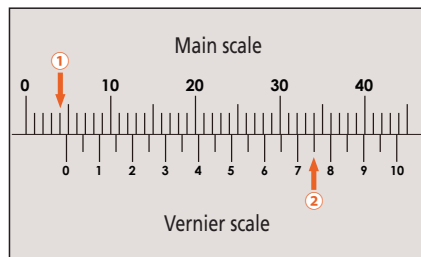


#### Absolute Digimatic Tolómérő



### Skálák leolvasása

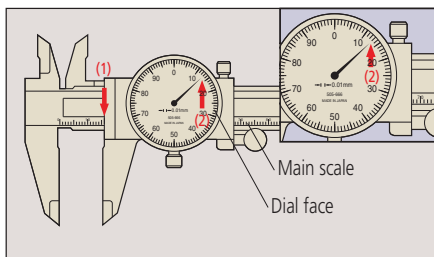
#### Nóniuszos tolómérő



**Osztás 0.05mm**

|                   |         |
|-------------------|---------|
| (1) Alapskála     | 4.00 mm |
| (2) Nóniusz skála | 0.75 mm |
| Érték             | 4.75 mm |

#### Órás tolómérő



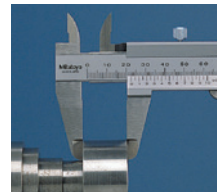
**Osztás 0.01mm**

|                   |          |
|-------------------|----------|
| (1) Alapskála     | 16 mm    |
| (2) Mérőóra skála | 0.13 mm  |
| Érték             | 16.13 mm |

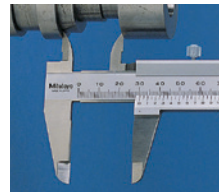
Megj.: Fent bal oldal, a 0.75 mm (2) leolvasott tag az alapskála és nóniusz skála fedéséből adódik.

### Pédák mérési módszerekre

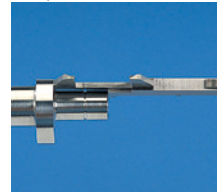
#### 1. Külső méret mérés



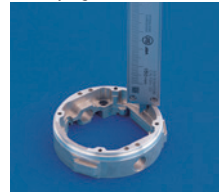
#### 2. Belső méret mérés



#### 3. Lépcső mérés

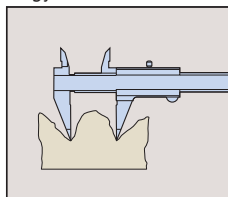


#### 4. Mélység mérés

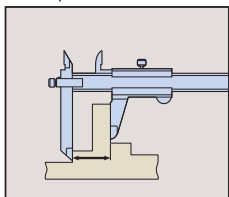


### Speciális tolómérők és alkalmazásai

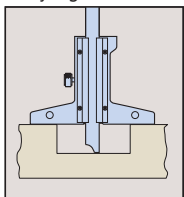
#### Hegyes kivitel



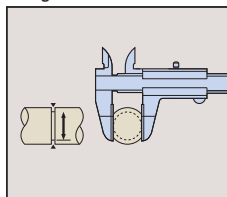
#### Eltolt pófás kivitel



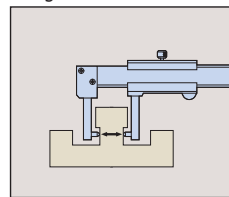
#### Mélységmérő



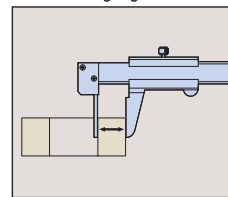
#### Pengés kivitel



#### Horgas kivitel



#### Csőfalvastagság-mérő



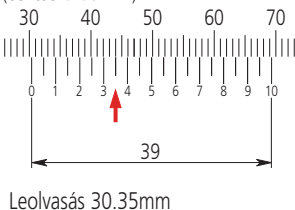
## Nóniusz skála típusok

A nóniusz skála a csúszka egységen található, amelyen minden egyes skálaosztás 0.05mm-rel rövidebb mint 1 mm. Ez azt jelenti, hogy a csúszka minden 0.05mm-rel történő elmozdításakor az alapskála a nóniusz skála valamely osztásával egyvonalba kerül. Hosszabbított nóniusz skála esetén a nóniusz osztás nem egy hanem kettő skála hosszától rövidebb 0.05mm-rel. Ez egyszerűbb és jobban látható leolvasást eredményez, de az alapelv mindkét esetben azonos.

● Standard nóniusz skála (osztás 0.05mm)



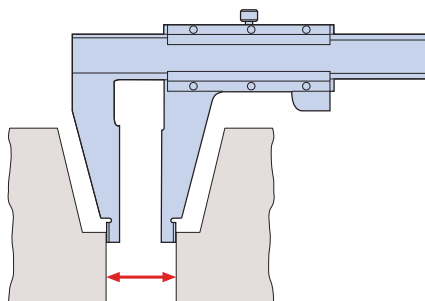
● Hosszú nóniusz skála (osztás 0.05mm)



## Hosszú tolómérők

Acél mérővonalzók gyakran alkalmazottak nagyméretű darabok mérésére, de pontosabb mérésekhez mindenképpen hosszú méréstartományú tolómérő a megfelelő választás. A hosszú tolómérők igen barátságos kezelhetőséget nyújtanak, de némi gyakorlatra szükség van, hogy azt megfelelően is használjuk. Első és fontos szabály, hogy a felbontás és a pontosság között nincs semmi féle közvetlen kapcsolat. Részleteket lásd a katalógusban. A felbontási érték mindig állandó a pontosság azonban nagymértékben függ az alkalmazástól.

A mérési módszer, az alapskála torzítása stb. mind mind hatással vannak a mérési hibára, így a pontosság a külső hatások szoros pillanatnyi függvénye. Tehát, ügyeljünk arra, hogy ne használjunk nagy mérőerőt a mérés során, amely a külső méret mérésénél fejti ki legkedvezőtlenebb hatását amikor a külső pofa legkülső pontja érinti a mérendő felületet.



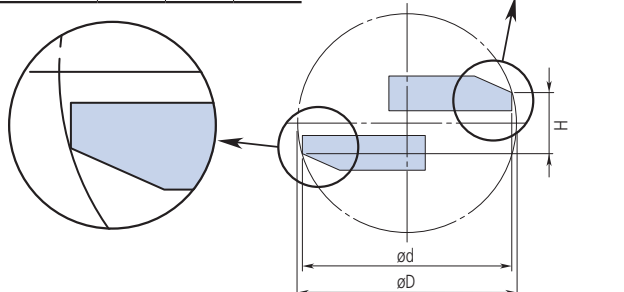
## Kis furat mérése normál tolómérővel

Strukturális d hiba lép fel ha a mérendő furat átmérője igen kicsi méretű.

$\emptyset D$ : Valódi belső átmérő  
 $\emptyset d$ : Kijelzett belső átmérő  
 $\Delta d$ : Mérési hiba ( $\emptyset D - \emptyset d$ )

Valódi belső átmérő ( $\emptyset D$ : 5mm)

| H          | 0.3   | 0.5   | 0.7   |
|------------|-------|-------|-------|
| $\Delta d$ | 0.009 | 0.026 | 0.047 |

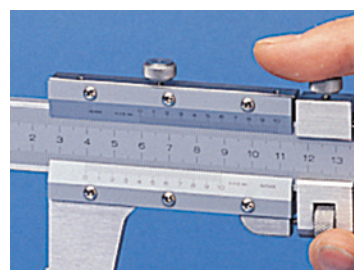
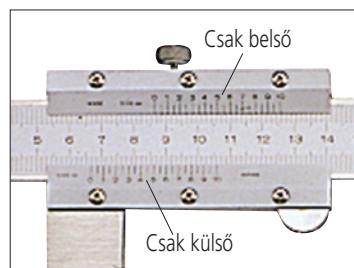


## Belső átmérő mérése speciális tolómérővel

Mivel a belső átmérő mérése a mérőcsőr végén valósítható meg, annak párhuzamossága - amely igen erősen mérőerő függő - igen nagy hatással van a mérés pontosságára.

Ellentétben a standard tolómérővel, az ilyen típusú tolómérőkkel kis furatok mérése nem kivitelezhető, amelynek határát a mérőcsőr geometriai kialakítása adja. Természetesen a belső mérőfelület kellő görbülettel rendelkezik ahhoz, hogy a mérést megbízhatóan végezzük.

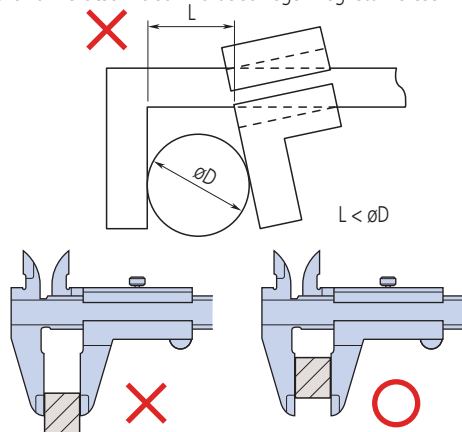
E típusú Mitutoyo tolómérőn kettős skála található annak érdekében, hogy a mérési érték közvetlenül leolvasható legyen, akár csak a normál külső méretek esetében. Ezzel kerülhető az a hiba, amely a mérőcsőr geometriai méretével történő méretkompenzáció során keletkezik.



## ■ Általános megjegyzések tolómérős méréshez

### 1. Hibák alapvető okai

Számos tényező fordulhat elő, amely hibás méretek mérését okozhatja. Az egyik ilyen tényező a parallaxis hatás, illetve a mérőerő, amely az Abbe elvnek való nem-megfelelés következménye. További tényezők, a hőmérséklet különbség a tolómérő és munkadarab között, a mérőpofa élének vastagságas tisztasága kis furatok mérésekor. Megemlítendő az alapskala osztásának pontossága, vagy a referencia vezetőfelület egyenessége, az alaptest síklapúsága, a mérőcsőrök merőlegessége, amelyek egytől egyik befolyásolják a mérőeszköz mérési bizonytalansági értékét. Igen szigorú követelmények betartásával ezen hatások minimalizálhatók. A fenti tényezőkön kívül az alkalmazási módszert is igen körültekintően kell megválasztani. Ügyelni kell az állandó alacsony mérőerő alkalmazására. Ügyelni kell arra is, hogy a mérést lehetőség szerint a csőr belső végén végezzük, ui. nagy méreteltérések jelentkezhetnek a mérőcsőr külső ill. a belső végén végzett mérések között.



### 2. Belső méret mérése

A mérőcsőrt pozícionálja olyan mélyre, ameddig csak lehet. Belső mérésnél a legnagyobb méretet vegyük figyelembe. Horonyzálesség mérésnél a legkisebb méret az irányadó.

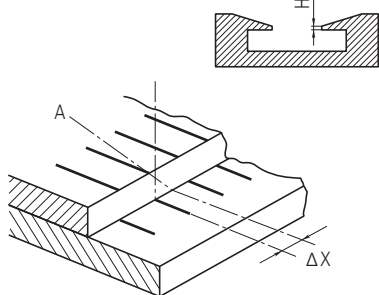
### 3. Mélységmérés

Mélységmérésnél a legkisebb méret az irányadó.

### 4. Parallaxis hiba a skála leolvasásakor

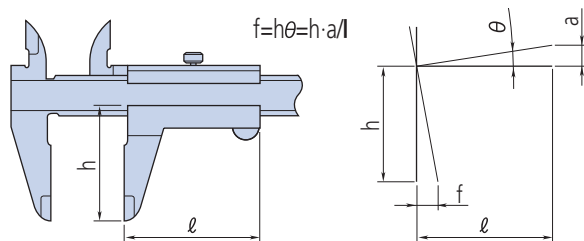
A pontos méretleolvasás az alapskala és nóniusz skála egyvonalba eső helyén történik.

Ha a nóniusz skála megfigyelési iránya (A), a leolvasáskor  $\Delta X$  értékű torzítás keletkezik, amely hatása a (H) vastagság függvénye. Az így leolvasott méret hibás.



### 5. Mozgó pofa billenése okozta hiba

Ha mozgás közben a mozgó pofa nem párhuzamos az álló pofával, akkor vagy az alkalmazott mérőerő túl nagy vagy a megvezetés nem egyenletes. Ekkor az ábra által szemléltetett hiba áll elő. E hibaforrás jól mutatja, hogy a tolómérő kialakításánál fogva nem felel meg az Abbe elvnek.



Példa: Tegyük fel, hogy a mozgópofa billenése 50mm-en 0.01mm és a külső mérőpofa hossza 40mm. Ekkor a mérőpofa végén számítható hiba  $(40/50) \times 0.01 \text{ mm} = 0.008 \text{ mm}$ .

Kopott vezetőfelület esetén a hiba akkor is fennáll, ha az alkalmazott mérőerő megfelelő is.

### 6. Mért érték és hőmérséklet kapcsolata

A tolómérő alapteste rozsdamentes acélból készül, amely lineáris hőtágulási együtthatója jó közelítéssel megegyezik a leginkább alkalmazott mdb. anyagokkal, pl.  $(10.2 \pm 1) \times 10^{-6} / \text{K}$ . Más anyagok esetén a környezet és a mdb hőmérséklete jelentős hatással lehet a mérés pontosságára.

### 7. Kezelés

A tolómérő mérőcsőre éles éllel rendelkezik, amellyel nagyon körültekintően kell bánni.

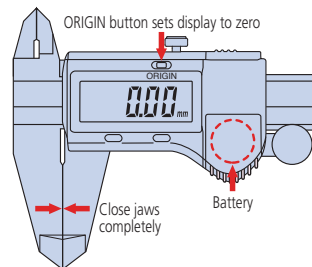
Kerüljük a digitális tolómérők mérőskálájának megsértését és ne gravírozunk a skálára egyedi azonosító számokat vagy ne használjunk elektronikus jelölő tollat. Kerüljük a tolómérő erőhatásoknak való kitételét, ne üssük kemény tárgyakhoz vagy ne ejtsük a földre vagy a mérőasztalra.

### 8. Mérő- és csúszófelületek karbantartása

Használat előtt minden esetben töröljük puha szálmentes ruhával tisztára mind a mérő- mind pedig a csúszófelületeket.

### 9. Nullapont ellenőrzése és beállítása

Tisztítsuk meg a párhuzamos mérőfelületeket tiszta törlőpapírral. Zárjuk egymáshoz a mérőfelületeket és ellenőrizzük, hogy a nóniusz skála (vagy kijelző) nulla értéket mutat-e. Digimatic tolómérő esetén elemcsere után minden esetben nyomja meg a nullázó gombot (ORIGIN gomb).



### 10. Kezelés használat után

A tolómérőt használat után tisztítsuk meg az olajtól vagy egyéb szennyeződésektől. Kenjük be vékonyan rozsdagátló olajjal, és eltevés előtt töröljük jól át.

A vízálló tolómérőkről is távolítsunk el minden szennyeződést, mert azok is korrozív hatással lehetnek.

### 11. Megjegyzés a tároláshoz

Kerüljük a közvetlen napsugárzást, magas és alacsony hőmérsékletet, magas páratartalmat.

Ha a tolómérőt 3 hónapnál hosszabb ideig nem használja, távolítsa el az elemet mielőtt elteszi.

A tolómérőket ne tárolja teljesen összetolt pofákkal!

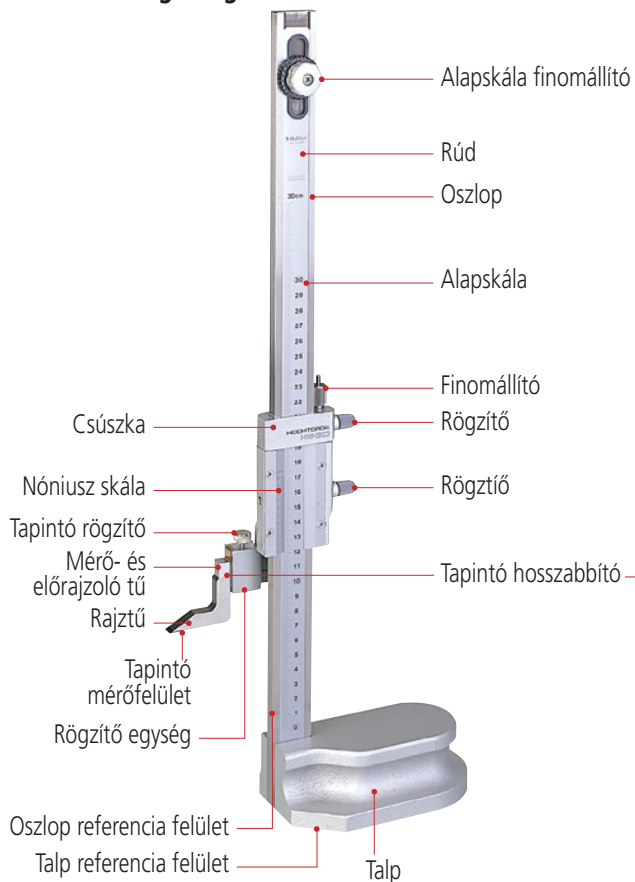
# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



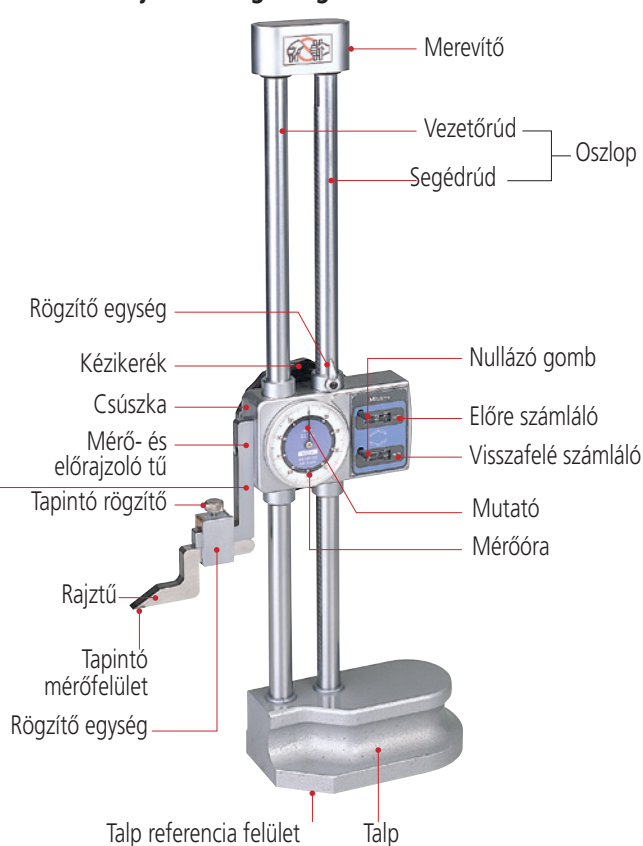
## Mérőhasábok

### Szakkifejezések

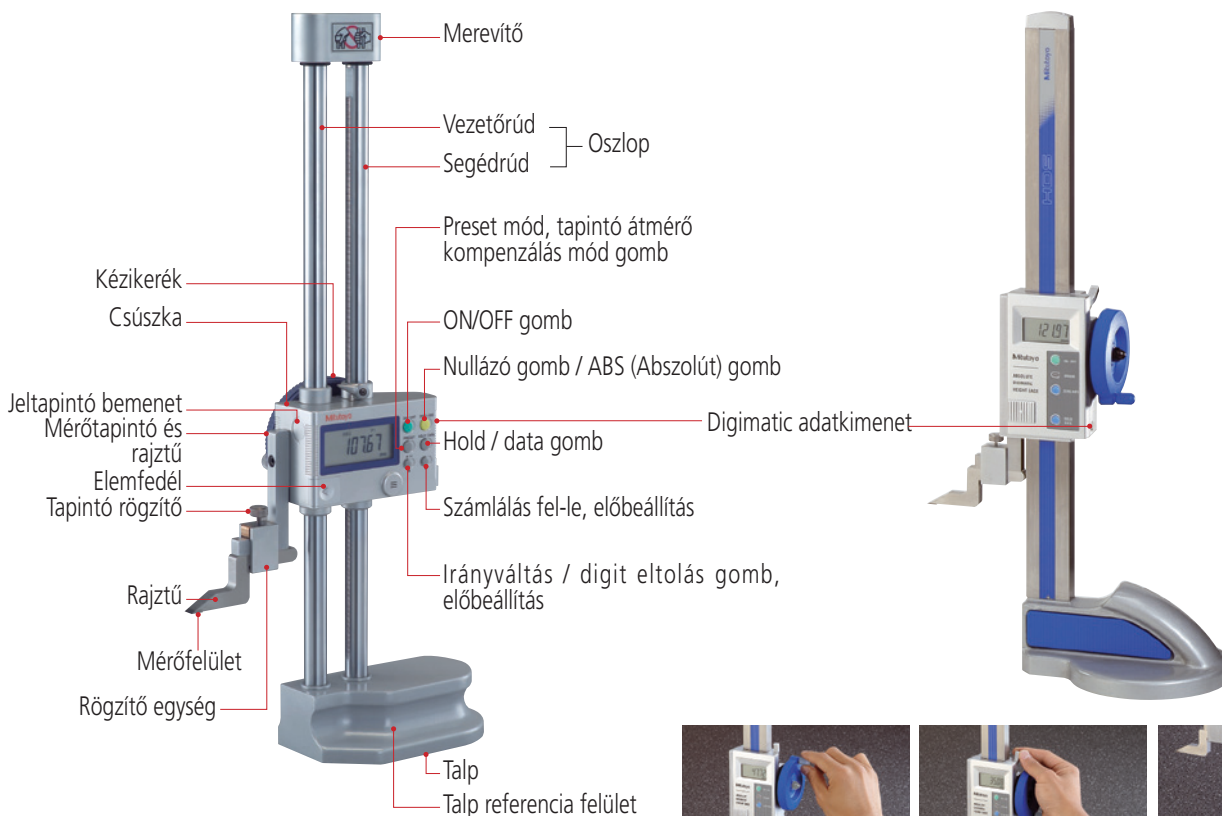
#### Nóniuszos magasságmérő



#### Mechanikus kijelzős magasságmérő



#### Digimatic magasságmérő



Kézikerék használat



Csúszka rögzítő kar

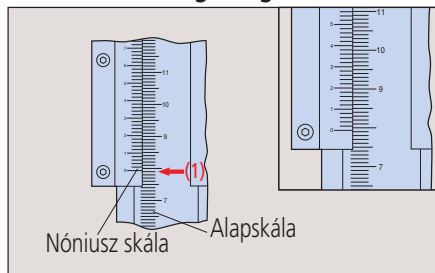


Ergonómikus talp



## ■ Skálák leolvasása

### ● Nóniuszos magasságmérő



**Osztás 0.02mm**

|                   |          |
|-------------------|----------|
| (1) Alapskala     | 79 mm    |
| (2) Nóniusz skála | 0.36 mm  |
| Érték             | 79.36 mm |

## ■ Általános megjegyzések magasságmérőhöz

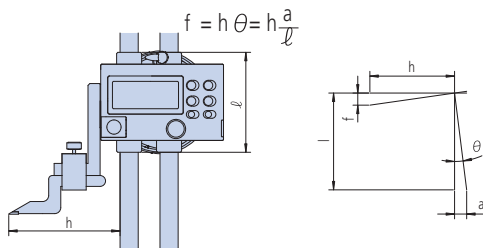
### 1. Alapvető hibalehetőségek

Úgy mint tolómérők esetében, a parallaxis hatás, a túlzott mérőerő jelentős mértékben befolyásolja az eszköz pontosságát, ugyanis a magasságmérő sem felel meg az Abbe elv kritériumának. A eltérő hőtágulási együttható révén a magasságmérő és a mdb. között jelentkező hőmérsékletkülönbség is hibát eredményez.

Természetesen léteznek egyéb tényezők is, amelyek a pontosságot negatívan befolyásolják, úgy mint vetemedett referencia oszlop és deformálódott tapintó.

### 2. Referencia oszlop és rajztű beállítása

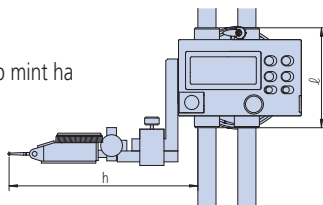
Úgy mint tolómérők esetén, és ahogy az alábbi ábra is mutatja, a mérési hiba értékére a referencia oszlop egyenessége, vetemedése nagy hatást gyakorol. A számítási képlet is azonos formában írható fel.



A rajztű (vagy a szögtapintós mérőóra) telepítése is nagy körütekintést igényel, mert annak nem-megfelelősége is növeli a magasságmérő pontatlanságát. Továbbá a hosszabb kinyúlással rendelkező tapintó okozta hiba is nagyobb mértékű.

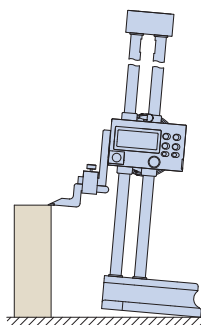
Példa: Pozíció mérés

Ha  $h=150$  mm, a hiba 1.5x nagyobb mint ha  $h=100$  mm.



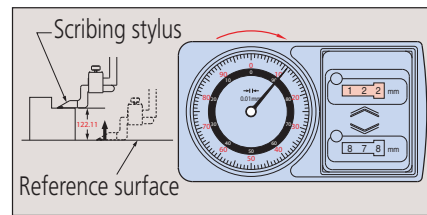
### 3. Talp elemelkedése a referencia síktól

A rajztű mérőhasábbal történő beállításakor, vagy egyszerűen mérés közben túl nagy mérőerőt alkalmazunk, a talp elemelkedhet a referencia síktól, amely mérési hibát okoz. A pontosság növelése érdekében a csúszkát mindig lassan mozgassuk mielőtt kontaktusba hozzuk a mérendő felülettel. Korrekt mérést akkor kapunk, ha a tapintó éppen csak megérinti a mdb. felületét. Szintén szükséges követelmény, hogy mind a mérendő felület mind pedig a referencia sík tiszta, szennyeződés-mentes legyen a használat közben.



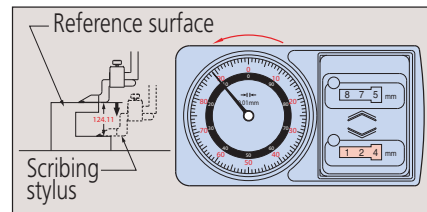
## ● Mechanikus kijelzős magasságmérő

### Mérés a referencia felülettől felfelé



|          |           |
|----------|-----------|
| Számláló | 122 mm    |
| Óra      | 0.11 mm   |
| Érték    | 122.11 mm |

### Mérés a referencia felülettől lefelé



|          |           |
|----------|-----------|
| Számláló | 124 mm    |
| Óra      | 0.11 mm   |
| Érték    | 124.11 mm |

### 4. Kapcsolat a pontosság és hőmérséklet között

A magasságmérő különböző típusú anyagokból áll. A különböző anyagkombinációk, környezeti- és mdb. hőmérséklet különbség mind-mind pontosság befolyásoló tényezők.

5. A magasságmérő tapintója (rajztű) igen éles, nem megfelelő használat esetén sérülést okozhat.

6. Ne gravírozson a magasságmérő skálájára mert az megrongálhatja a berendezést ill. pontatlanná válhat.

7. Kerülje az erőteljes külső behatásokat, amelyek a készüléket érhetik.

## ■ Megjegyzések a magasságmérő használatához

1. Az oszlopot tartsa mindig tisztán. Ha az szennyezett vagy rozsdás, a csúszka mozgása akadózhat, amely jelentős mérési hibát eredményez.

2. Előrajzolásakor a csúszka rögzítése elengedhetetlenül szükséges. A rögzítés után minden képpen ellenőrizze a beállított méretet, mert az a rögzítéssel egy kis mértékben elállítható.

3. A tapintó mérőfelülete és a referencia felület közötti párhuzamossági hiba nem haladhatja meg a 0.01 mm-t.

Tapintó (rajztű, szögtapintós mérőóra) csere során a rögzítési helyet gondosan tisztítsa meg, majd rögzítse azt biztonságosan.

4. Ha az alapskala elmozdítható, akkor annak segítségével minden esetben állítsa be a nullapontot.

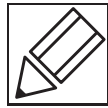
5. Kerülje a parallaxis okozta hibás kezelést. A leolvasást minden esetben a skálára merőlegesen végezze.

6. Kezelés használat után: Teljesen tisztítsa meg a magasságmérőt. Gondosan kenje le rozsdagátló olajjal, majd törölje azt le a készülékről mielőtt elraktározza.

7. Megjegyzés a tároláshoz:

Kerülje a napsugárzást, magas- vagy alacsony hőmérsékletet és a magas páratartalmat a tárolás környezetében.

Ha a digitális típus 3 hónapnál tovább nem használja, vegye ki belőle az elemet. Ha van porvédő takaró, akkor a tárolás során azt helyezze a magasságmérőre, hogy az ne porosodhasson.



### A méter egység definíciója

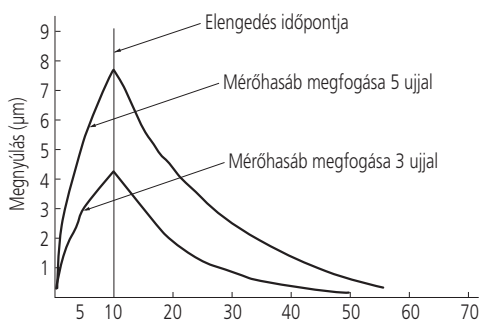
A 17. Súly és Mérték konferencián 1983-ban döntöttek a méter új definíciója felől, amely a fénynek vákuumban 1/299 792 458 másodperc alatt megtett útja. A mérőhasábok e hossz mérték megtestesítői, amelyet az ipar igen előszeretettel használ.

### A tökéletes mérőhasáb összetapasztás

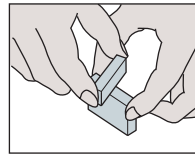
- Tapasztás mindig tiszta körülmények között puha asztal felett végezze, hogy ha a mérőhasáb kicsúszik a kezéből, akkor se sérülhessen meg.
- A szennyeződések a mérőhasáb felületéről minden esetben szálmentes puha ruhával távolítsa el és a tisztításhoz használjon petróleumot.
- Ezen első szintű tisztítás után a felületeket tisztítását puha kefével vagy szabad levegőnyomással véglegesítse.
- Soha ne használjon alkoholt vagy benzint a tisztításhoz; azok károsíthatják vagy korrodálhatják is a mérőhasáb felületét.
- A tisztításhoz mikroszálas kendő javasolt.
- Ellenőrizze a tiszta mérőhasáb felületét, hogy az rozsdá- és karcmentes-e.
- Ha a mérőhasáb mérőfelülete karcos, sérült, körültekintően használjon speciális ceraston követ. Alacsony mérőerő mellett húzza végig a mérőhasábot a ceraston felületén.
- Ha mérőfelület megfelelő, de a tapasztás sikertelen, törölje át a mérőfelület egészségügyi vattával.

### Termikus stabilizálódás

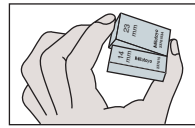
Az alábbi diagram a méretváltozás fokát mutatja egy 100mm-es acél mérőhasáb esetén.



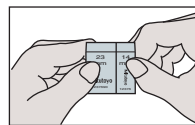
a. Vastag mérőhasábok tapasztása



Helyezze egymásra a mérőhasábokat 90° elforgatott pozícióban.

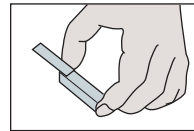


Forgassa addig a mérőhasábokat, amíg azok mérőfelülete teljesen fedésbe nem kerül.

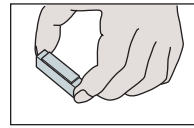


Illessze össze a mérőfelületeket.

b. Vastag és vékony mérőhasábok tapasztása

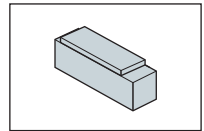


Helyezze a fenti helyzetben a vékony hasábot a vastag hasábra

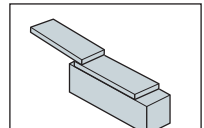


A vékony hasábot csúszassa addig, amíg az a vastag hasáb mérőfelületével teljesen fedésbe nem kerül.

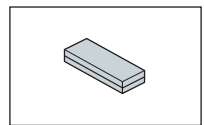
c. Vékony mérőhasábok tapasztása



Elcsúszás elleni biztosításként csúsztassa a vékony hasábot egy vastagabb hasábra.

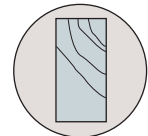
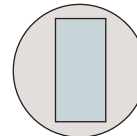


Ezek után a vékony hasábra csúsztassa rá a másik vékony hasábot.

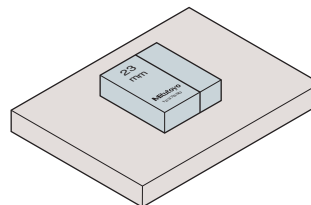


Vegye le a vékony mérőhasábot a segédhasábról.

Optikai sík alkalmazásával ellenőrizze a mérőfelületek állapotát.



Szabálytalan interferencia csíkok



Törölje meg újból a mérőfelületek és igény szerint folytassa a fentiek szerint a folyamatot

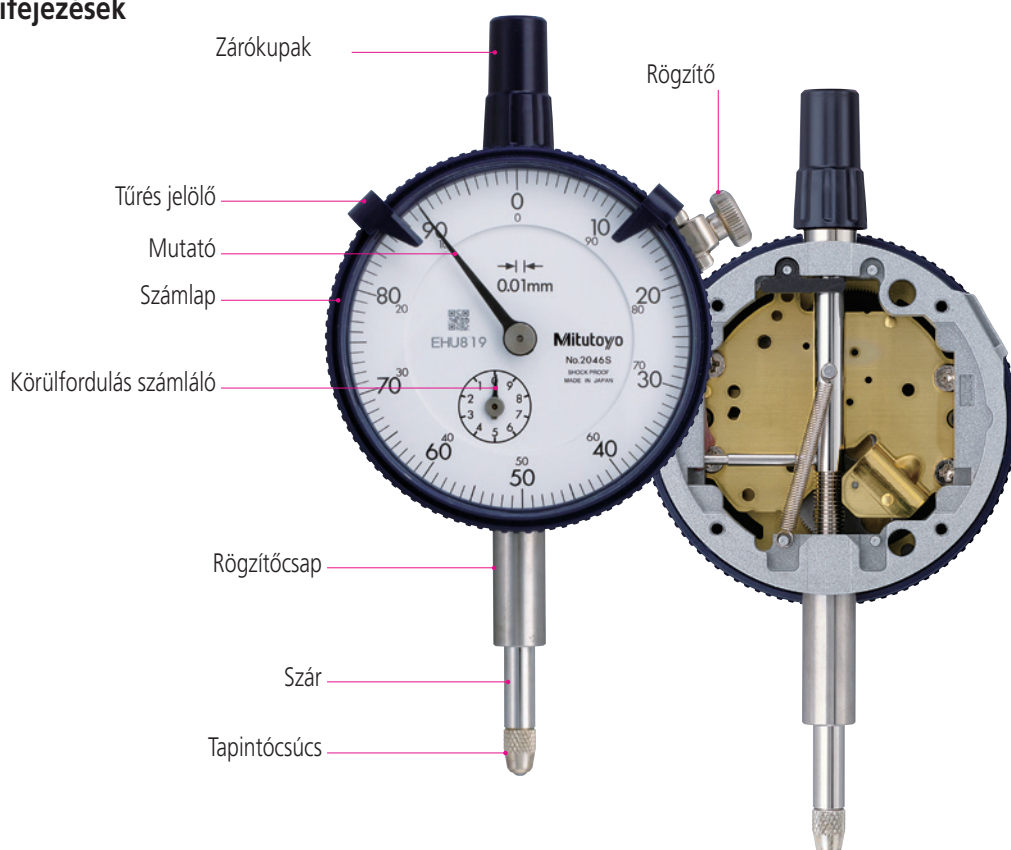


# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



## Mérő- és indikátorórák

### Szakkifejezések



### Számlapok

0.01mm



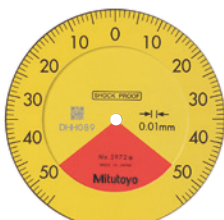
Folyamatos (kétirányú skála)



Szimmetrikus (több fordulatos)



Folyamatos (fordított leolvasás)

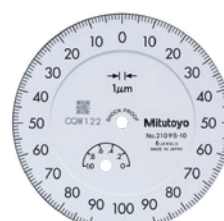


Szimmetrikus (1-körülfordulás)

0.001mm



Folyamatos (standard skálaosztás)



Szimmetrikus (több fordulatos)



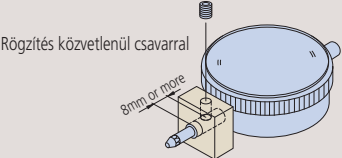
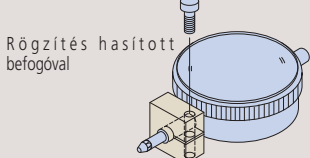
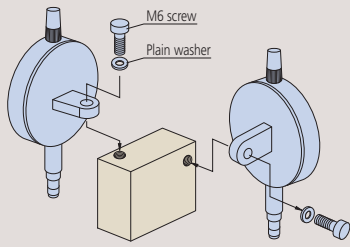
Folyamatos (kétirányú skála)



Szimmetrikus (1-körülfordulás)

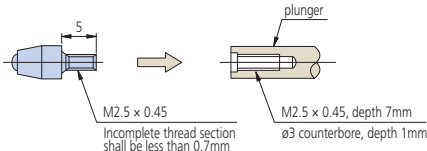
Folyamatos: közvetlen leolvasáshoz  
 Szimmetrikus: etalon mérettől való eltérés leolvasásához  
 Fordított: mélységméréshez  
 1-körülfordulás: kis eltérések hibamentes leolvasására

Mérőórák rögzítése

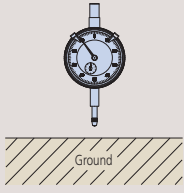
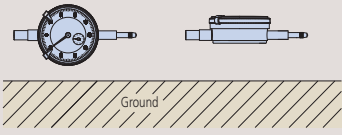
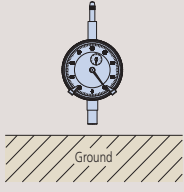
|                  |         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                     |
|------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rögzítés szárral | Módszer |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                   |
|                  | Megj.   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Rögzítő furat tűrése: <math>\varnothing 8G7(+0.005 - 0.02)</math></li><li>• Rögzítő csavar: M4 - M6</li><li>• Rögzítési pozíció: 8mm vagy több az alsó éltől</li><li>• Maximum nyomaték: 150N·cm M5 csavar esetén</li><li>• A túlzott meghúzási nyomaték akadályozhatja az orsó szabad mozgását.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Rögzítő furat tűrése: <math>\varnothing 8G7(+0.005 - 0.02)</math></li></ul> |
| Rögzítés füllel  | Módszer |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                     |
|                  | Megj.   | <ul style="list-style-type: none"><li>• A fül 90 fokkal elfordítható (alaphelyzetben vízszintes).</li><li>• A fül néhány sorozat 1 modellen (No.1911, 1913-10&amp;1003) nem állítható.</li><li>• A cos hiba elkerülése érdekében ügyeljen arra, hogy a mérés iránya megegyezzen a mérőóra szárának irányával.</li></ul>                            |                                                                                                                     |

Tapintócsúcsok

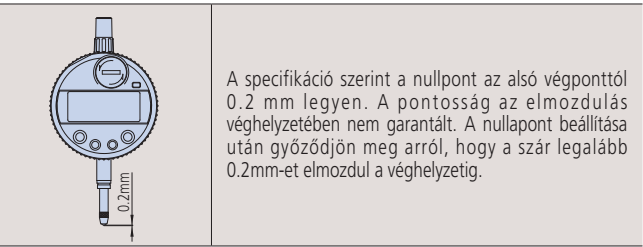
- Csatlakozó menet: M2.5x0.45 (hossz: 5mm).
- Nem teljes menet hossza: 0.7mm.



Írányítottság hatása a mérőerőre

| Pozíció                                                                                                                                    | Megjegyzés                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Tapintás lefelé<br>(normál pozíció)                 | <p>E két esetben a mérőerő kisebb, mint a normál lefelé tapintás esetén. Ekkor a mérés ismételhetőségének vizsgálata kifejezetten javasolt. További részleteket a katalógus adott fejezetében találhat.</p> |
| <br>Szárr vízszintes helyzetben<br>(vízszintes pozíció) |                                                                                                                                                                                                             |
| <br>Tapintás felfelé<br>(fordított pozíció)             |                                                                                                                                                                                                             |

Mérőóra nullpontjának beállítása

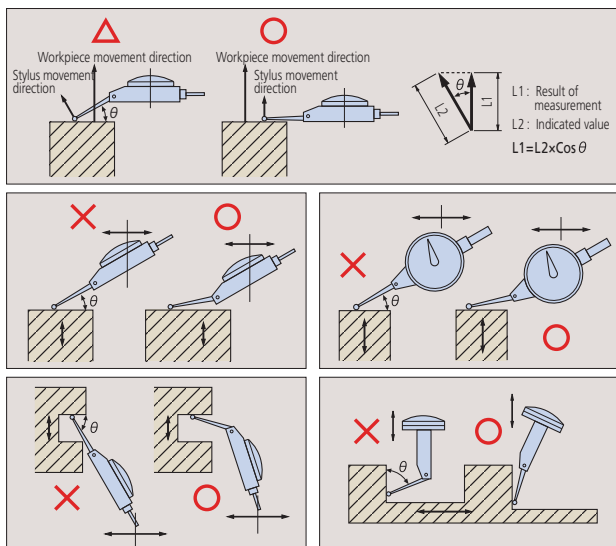


Mérőóra szárának kezelése

- A szár kenése nem szükséges. Az hibás működéshez és meghibásodáshoz vezethet.
- Ha a szár nehezen mozgatható, törölje alkoholos ruhával tisztára. Ha nem tapasztal javulást, vegye fel a kapcsolatot a Mitutoyo képviselővel.
- A mérés és kalibrálás előtt győződjön meg róla, hogy a szár könnyen mozgatható fel és le, illetve a nullapontja stabil.

## Szögtapintós mérőóra és koszinusz hibája

Törekedjünk a minél kisebb szöghelyzetre a mérőóra szára és a mérendő felület között.



A beállítás okozta nagy eltér mérési pontatlanságot eredményez (koszinusz hiba). A mérőóra mérési iránya merőleges a tapintócsúcson keresztül húzott vonalra. E hatás úgy minimalizálható, hogy a  $\theta$  szöget minél kisebbre kell beállítani (lásd a melléklet ábrán). Ha szükséges, a  $\theta$  szög okozta hibát kompenzálni tudjuk a lenti táblázat alapján.  
Mérési eredmény = Mérőóra érték x Kompenzációs faktor

### Szöghelyzet kompenzálás

| Szög | Kompenzációs faktor |
|------|---------------------|
| 10°  | 0.98                |
| 20°  | 0.94                |
| 30°  | 0.86                |
| 40°  | 0.76                |
| 50°  | 0.64                |
| 60°  | 0.50                |

### Példa

Ha 0.200mm a kijelzett érték a mérőórán akkor a  $\theta$  függvényében a helyes érték:

$\theta = 10^\circ$ ,  $0.200\text{mm} \times 0.98 = 0.196\text{mm}$

$\theta = 20^\circ$ ,  $0.200\text{mm} \times 0.94 = 0.188\text{mm}$

$\theta = 30^\circ$ ,  $0.200\text{mm} \times 0.86 = 0.172\text{mm}$

# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője

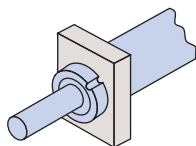


## Linear Gages

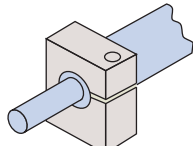
### Mérőegység

#### ■ Sima szár és szár anyával

A Linear Gage két típus rögzítővel érhető el, ahogy azt az alábbi ábrák is mutatják. Az anyás kivitel gyorsabb és biztonságosabb rögzítést biztosít. A sima szár nagy előnye a széles körben való alkalmazhatóságában és a finomabb pozicionálhatóságában rejlik. Tengely irányban való rögzítés azonban a készülék feladata. Ügyeljen arra, hogy ne terhelje erővel a szárát.



Szármű anyával



Sima szár

#### ■ Mérőerő

Az a Newton-ban kifejezett erő, amellyel a Linear Gage terheli a mérőfelületet a mérés közben.

#### ■ Összehasonlító mérés

Olyan mérési módszer, ahol a mérendő méretet hasonlítjuk egy mesterdarabhoz vagy etalonhoz, amely névleges mérete megegyezik a mérendő jellemző névleges méretével.

#### ■ IP kódolás

##### IP54 védelmi osztály

| Típus                                         | Szint                    | Leírás                                             |
|-----------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|
| Védelem az emberi testtől és külső hatásoktól | 5: Porvédelem            | Védelem a káros portól                             |
| Védelem a víz ellen                           | 4: Freccsenő víz védelem | Freccsenő víz elleni védelem iránytól függetlenül. |

##### IP66 védelmi osztály

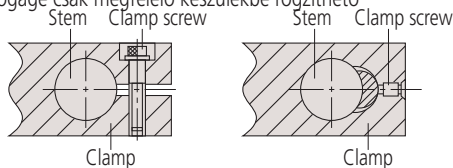
| Típus                                         | Szint        | Leírás                                   |
|-----------------------------------------------|--------------|------------------------------------------|
| Védelem az emberi testtől és külső hatásoktól | 6: Porvédett | Porvédelem és érintés védelem            |
| Védelem a víz ellen                           | 6: Vízáll    | Víz elleni védelem iránytól függetlenül. |

### ■ Mérőegység szerelési óvintézkedések

- A szárát a furatba helyezés után óvatosan rögzítjük a rögzítő csavarral.
- A túlzott meghúzás akadályozza az orsó szabad mozgását.
- Soha ne rögzítsük a szárát úgy a rögzítőcsavarral, hogy az közvetlenül érintkezzen azzal.
- Csak a szár segítségével szabad a Linear Gage eszközt rögzíteni.
- A rögzítés csak a mérési iránnyal megegyező irányban szabad. A szöghiba mérési hibát eredményez.
- Az adatkábel soha ne feszüljön.

### ■ Laser Hologage szerelési óvintézkedések

A Laser Hologage csak megfelelő készülékbe rögzíthető



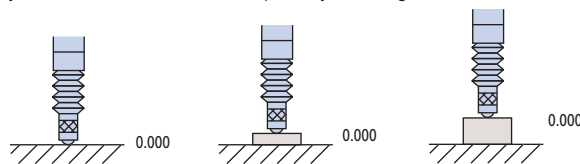
Javasolt készülék furatátmérő: 15mm +0.034/-0.014

- A rögzítés csak a mérési iránnyal megegyező irányban szabad. A szöghiba mérési hibát eredményez.
- A Laser Hologage szárát soha ne rögzítsük túlzottan a rögzítőcsavarral. A túlzott meghúzás akadályozza az orsó szabad mozgását.
- Az adatkábel soha ne feszüljön.

### Kijelző egység

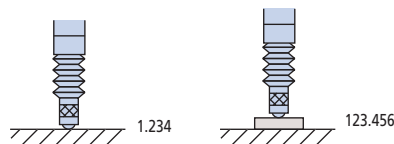
#### ■ Nullázás

A kijelző nullázása az orsó minden pozíciójában megvalósítható.



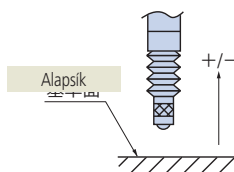
#### ■ Előbeállítás

Alapértéknek tetszőleges érték beállítható.



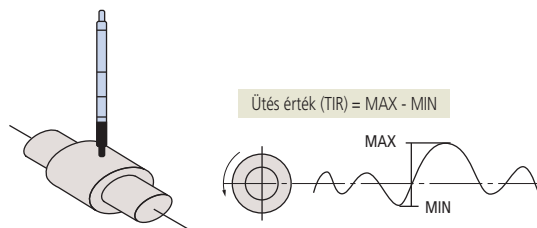
#### ■ Irányváltás

A mérési irány - az orsó elmozdulása - (+) vagy (-) értékre állítható.



#### ■ MAX, MIN, TIR beállítás

A kijelző a (MAX) és (MIN) vagy a (MAX - MIN) értéket tudja a kijelzőn megtartani..



#### ■ Tűrés beállítás

A tűrésérték tetszőleges szerint beállítható, amely állapotokat a kijelző automatikusan kijelzi a mérés közben.

#### ■ Nyitott kollektoros kimenet

Egy külső egység, pl. relé vagy PLC vezérelhető a nyitott kollektoros kimenettel a tűrésösszehasonlítás eredményének függvényében.

#### ■ Relé kimenet

Kontakt nyitot/zárt jelkimenet.

#### ■ Digimatic kód

Adatkiemeneti formátum Mitutoyo adatfeldolgozó processzorok számára. Pl. Digimatic Mini Processor DP-1VR statisztikai számításához, stb.

#### ■ BCD Kimenet

Bináris kódolású decimális kimenet.

#### ■ RS-232C kimenet

EIA szabványos soros porti kétirányú kimenet. További részletek az egyes eszközöknél találhatók.

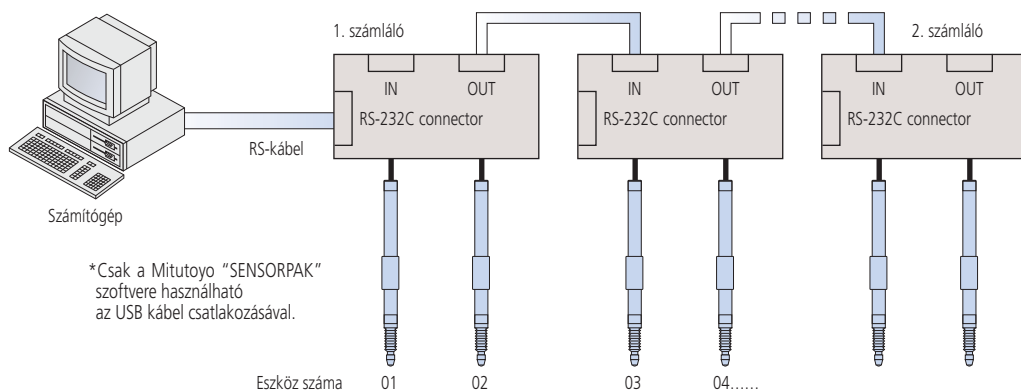
## RS Link funkció Multi-point mérés EH vagy EV kijelzők RS Link kábellel történő összekötésével.

### ■ RS Link EH számlálóhoz

A maximálisan összekapcsolható számlálók száma 10, amellyel 20 csatornás multi-point mérés valósítható meg egy azon időben.

RS Link kábelek: **No.02ADD950** (0.5m), **No.936937** (1m) or **No.965014** (2m).

(Az RS Link kábel hossza nem haladhatja meg a 10m-t.)



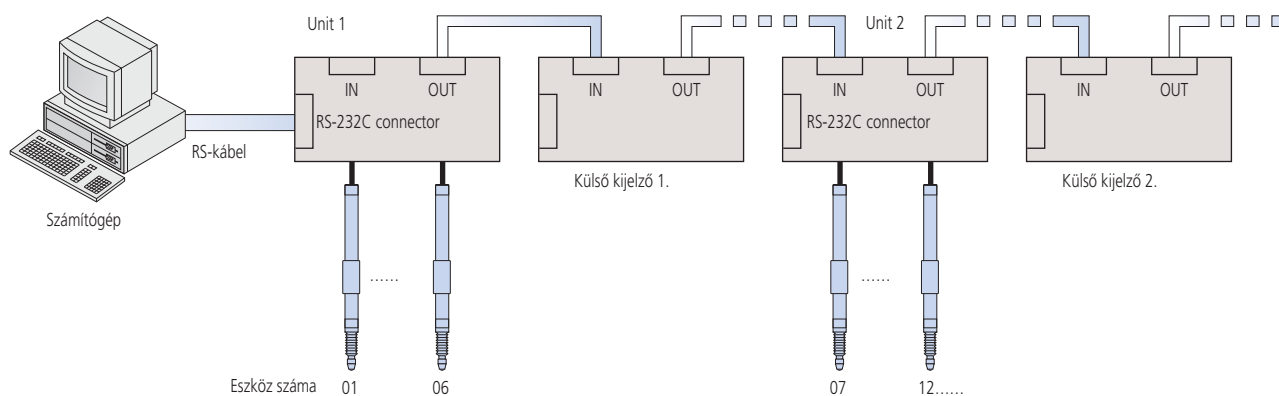
### ■ RS Link EV számlálóhoz

A maximálisan összekapcsolható számlálók száma 10\*, amellyel 60 csatornás multi-point mérés valósítható meg egy azon időben.

RS Link kábelek: **No.02ADD950** (0.5m), **No.936937** (1m) or **No.965014** (2m).

(Az RS Link kábel hossza nem haladhatja meg a 10m-t.)

\* A maximálisan csatlakoztatható számlálók száma 6 (hat) ha a sor EH számlálót is tartalmaz.



# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



## Laser Scan mikrométerek

### Kompatibilitás

A Laser Scan mikrométerek ID kulccsal együtt kerülnek szállításra, amely azonos a kijelzőn találhatóval. Csak az azonos kódszámmal és sorozatszámmal rendelkező mérő és kijelző egységeket szabad összekapcsolni. Ez azt jelenti, hogy mérőegység cseréje során az ID egységet is cserélni kell.

### Mdb-al kapcsoltos mérési előírások

A látható vagy nem látható lézervény függvényében a mdb. alakja, és felületi érdessége mérési hibát eredményezhet. Ebben az esetben a kalibrálást végezze el a mérendő darabbal azonos mesterdarabbal.

Ha a mérés túl nagy szórást mutat, akkor növelje a szkennelési sebességet, ahol a számított átlag érték javítja a mérési pontosságot.

### Elektronikus interfészek

A kezelésből eredő hibák elkerülése végett ne keresztezze a jelkábel és relékábel egymást, ahol az elektromos zajok hibás átviteli eredményezhetnek. Minden egységet külön földeljen le.

### Csatlakoztatás számítógéphez

Ha a Laser Scan mikrométer számítógéphez kívánja csatlakoztatni az RS-232C interfészen keresztül, ellenőrizze a kábel típus megfelelőségét.

### Laser biztonság

Mitutoyo Laser Scan mikrométer kisteljesítményű lézert tartalmaz, amely CLASS 2 EN/IEC60825-1 (2007) besorolású. A figyelmeztető címkéket lásd a Laser Scan mikrométer készüléken.

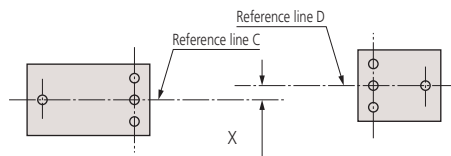
### Átszerelés más készülékbe

Átszerelés esetén ügyeljen az adó- és vevőegység tengelybeállításának nagyfokú pontosságára. A hibás beállítás mérési hibát vagy működésképtelenséget okozhat

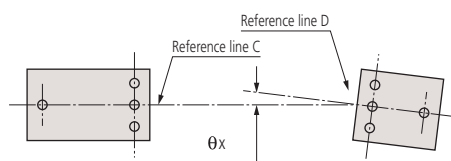
#### Beállítás vízszintes síkon

a. Párhuzam hiba C és D felületek között:

X (keresztirányban)

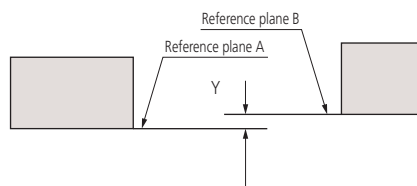


b. Szöghiba C és D között:  $\theta_x$  (szög)

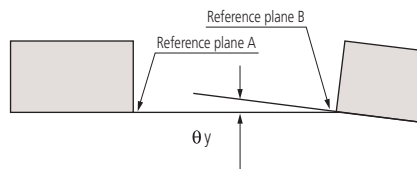


#### Beállítás függőleges síkon

c. Párhuzamossági hiba az A és B felületek között : Y (magasságban)



d. Szöghiba A és B között:  $\theta_y$  (szög)



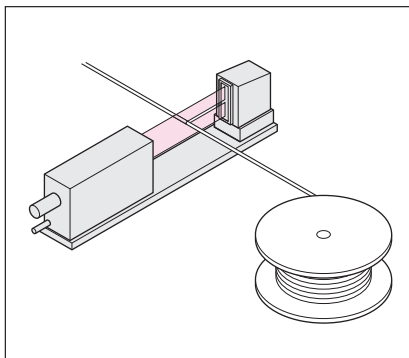
### Optikai tengely megengedett hibája

| Modell   | Az adó és vevő közötti távolság | X és Y             | $\theta_x$ és $\theta_y$ |
|----------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| LSM-501S | 68mm ( 2.68" ) or less          | max. 0.5mm (.02" ) | max. 0.4° (7mrad)        |
|          | 100mm ( 3.94" ) or less         | max. 0.5mm (.02" ) | max. 0.3° (5.2mrad)      |
| LSM-503S | 130mm ( 5.12" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.4° (7mrad)        |
|          | 350mm (13.78" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.16° (2.8mrad)     |
| LSM-506S | 273mm (10.75" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.2° (3.5mrad)      |
|          | 700mm (27.56" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.08° (1.4mrad)     |
| LSM-512S | 321mm (12.64" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.18° (3.6mrad)     |
|          | 700mm (27.56" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.08° (1.4mrad)     |
| LSM-516S | 800mm (31.50" ) or less         | max. 1mm (.04" )   | max. 0.09° (1.6mrad)     |

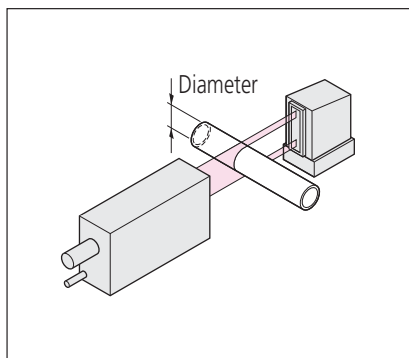


## ■ Mérési példák

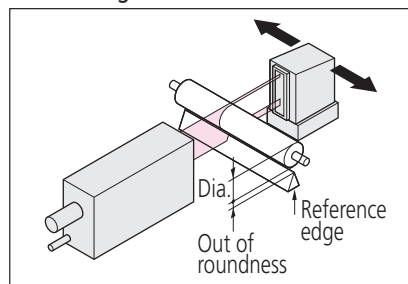
Finom vezetékek vagy üvegszálak mérése



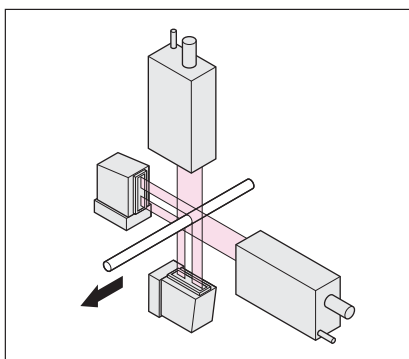
Henger külső átmérőjének mérése



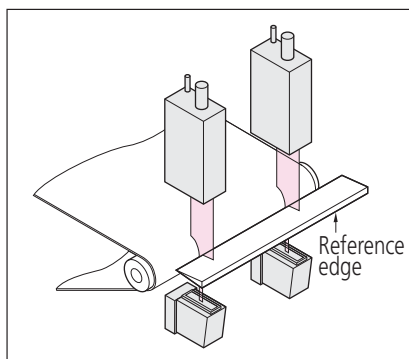
Henger külső átmérőjének és kőrkörösségének mérése



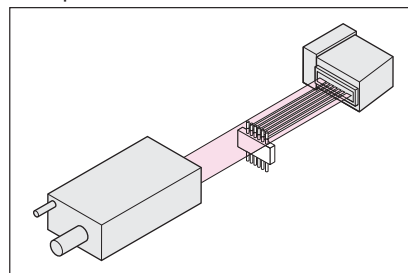
Villamos kábel X- és Y-tengelyirányú mérése



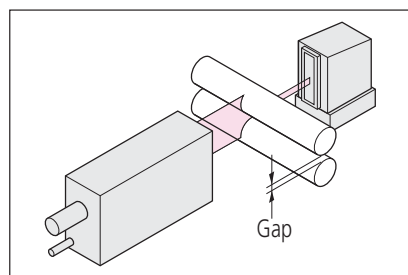
Film vagy lemez vastagságának mérése



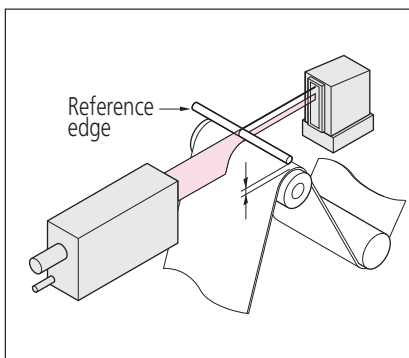
IC chip lábosztásának mérése



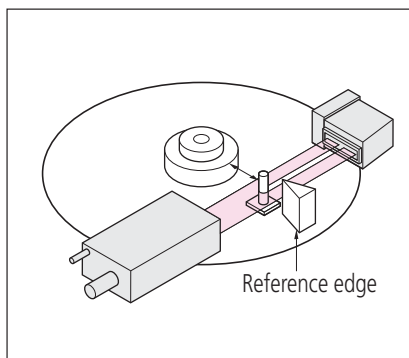
Görgők közötti rés mérése



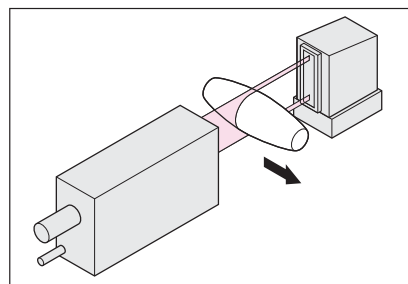
Filmlémez vastagságának mérése



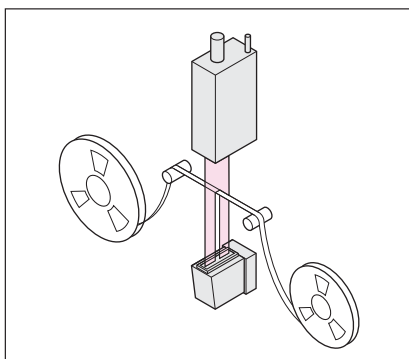
Mágnes vagy lézertárcsa elmozdulásának mérése



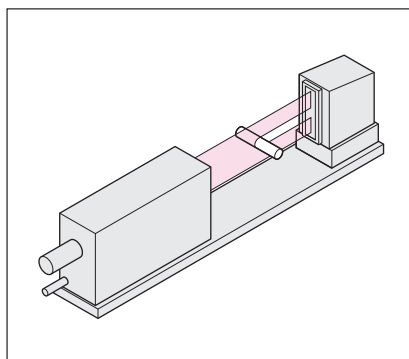
Alakmérés



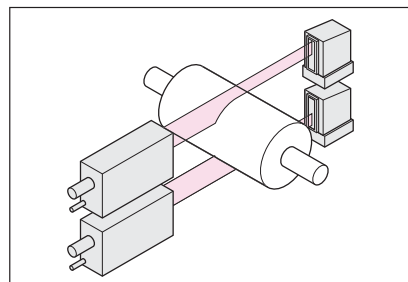
Szalagvastagság mérése



Csatlakozó külső átmérőjének mérése



Duál kialakítás nagyméretű hengerek méréséhez





### Linear Scales vizsgálati eredmények

#### 1. Teszt szerviz hőmérséklet tartományon belül

Serviz hőmérsékelt tartományon belül nem lép fel abnormális működési állapot és az adatátvitel is normális.

#### 2. Hőmérséklet ciklus (dinamikus) teszt

Ciklikus hőmérséklet változás hatására nem lép fel abnormális működési állapot és az adatátvitel is normális.

#### 3. Rezgés teszt

30Hz - 300Hz tartományban maximum  $3g_n$  gyorsulás mellett az útmérő rendszer biztonságosan üzemelt

#### 4. Rezgés teszt (gyorsulás teszt)

Nem rezonáns frekvencia tartományban nem lép fel abnormális működési állapot.

#### 5. Zaj teszt

Zajt vizsgálat EMC Directive EN61326-1+A1:1998 szerint.

#### 6. Csomagolás teszt

Teszt JISZ0200 szerint.

### Szójegyzék

#### ■ Abszolút rendszer

Az a mérési mód, ahol minden egyes pozíció a rögzített nullapponthoz képest kerül meghatározásra.

#### ■ Inkrementális rendszer

Az a mérési mód, ahol minden egyes pozíció a tetszőleges definiált nullapponthoz képest kerül meghatározásra.

#### ■ Nullapont eltolás

Az a funkció, ahol a koordináta rendszer nullapontja egy másik, a rögzített nullapponthoz képest eltolt pontba kerül áthelyezésre. A funkció megfelelő működéséhez a rendszernek tárolni kell az aktuális nullapontot.

#### ■ Nullapont felvétel

A funkció blokkol minden tengelymozgást egy specifikus pontban egy integrált végálláskapcsoló kapcsoló jelére.

#### ■ Szekvenciális vezérlés

Egymás után végrehajtott ellenőrző lépések sorozata.

#### ■ Számjegyvezérlés

Mozgásvezérlési mód, ahol a kódolt utasításokat egy számítógép állítja elő (CNC). A parancsok szekvenciája nem más, mint az alkatrészprogram egyes utasításai.

#### ■ Bináris kimenet

Adatkimenet kétállapotú jellel (1 vagy 0) kettes számrendszerben képzett számokkal.

#### ■ RS-232C

Standard soros interfész, amely asszinkron soros átvitelt valósít meg, ahol az adó és vevőegység relatíve közel van egymáshoz. Tipikus alkalmazása számítógép és periféria között.

#### ■ Vonalkimenet

Néhány század vagy nano-másodperc sebességgel történő jelfeldolgozás, amely akár több 100 m távolságot is áthidalhat. A fáziseltolt megoldásokat (RS422A kompatibilis) gyakran alkalmazzák NC vezérlésű útmérő rendszerekben.

#### ■ BCD

A 0 - 9 számokkal képezett számok minden egyes digitje 4-bit bináris szekvenciával kerül leképezésre. Az egyirányú adatátvitel TTL szinten vagy nyitott kollektoron keresztül történik.

#### ■ RS-422

Bit szintű soros átviteli forma kiegyensúlyozott átviteli vonalon keresztül. RS-422 kiváló adatátviteli jellemzővel rendelkezik, amely működéséhez csupán egyetlen +5V tápellátás szükséges.

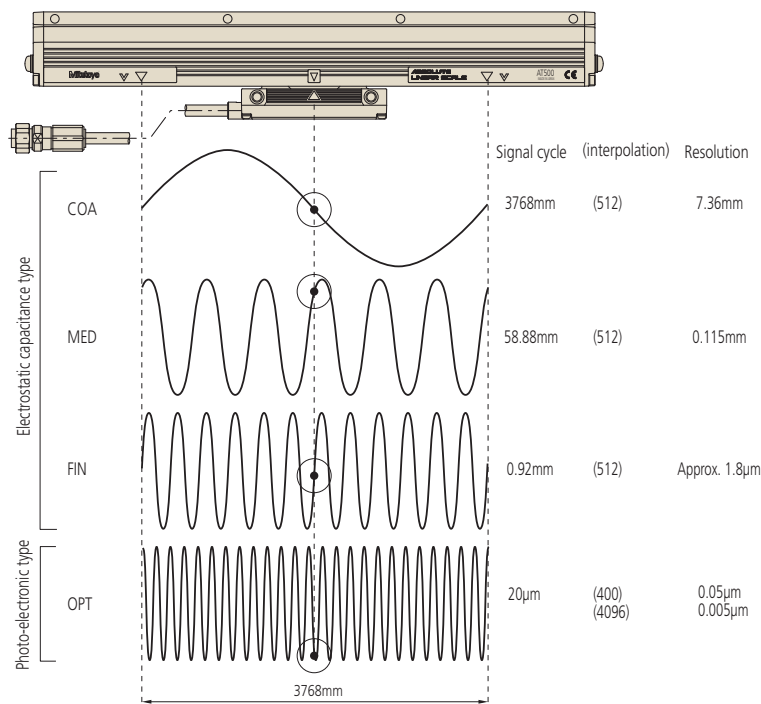
#### ■ Pontosság

Az útmérő rendszer pontossága az a maximális érték, amely pontossággal a tartományon belüli tetszőleges pozíciót 20°C-on mérni képes. Nem létezik nemzetközi szabvány az útmérő rendszerekre, minden egyes gyártó saját pontossági specifikációs leírást alkalmaz. A katalógusban megadott értékek nagypontosságú lézerinterferométeres méréssel kerültek meghatározásra.

#### ■ Pontosság szűkített tartományban

Az útmérő rendszer üvegskálájának osztása általában 20µm. A szűkített tartomány pontossága az egyes osztásokra érvényes a felbontás tartományon belül (pl. 1µm).

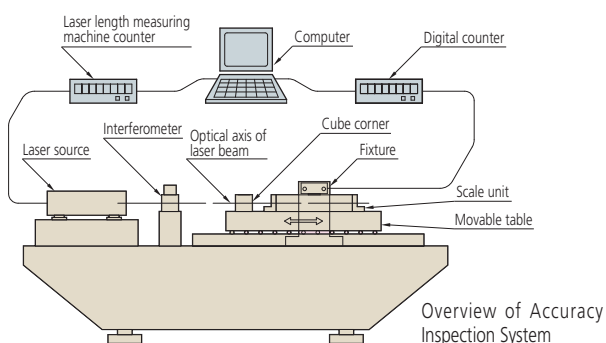
## Absolute Linear Scale működési elve (PI: AT300, 500-S/H)



## Linear Scale pontosságának meghatározása

### Pozícionálási pontosság

Az útmérő rendszer pontossága komparatív módon kerül meghatározásra lézeres hossz mérő berendezés segítségével, ahogy azt a lenti ábra is szemlélteti. A környezeti hőmérséklet 20°C, amelyen kerül az útmérő rendszer pontossági értéke is specifikálásra. Belső előírások alapján más hőmérsékleteken is meghatározható e pontossági érték.



A pontosság meghatározásakor az útmérő hibája a következő formában kerül megadásra:

**HIBA = Útmérő rendszer által kijelzett érték - lézeres mérés által mutatott érték**

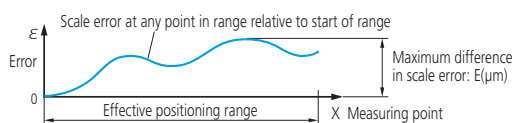
Az egyes mérési pontokban kapott értékeket az un. pontossági diagramban ábrázolják.

Két módszer létezik a pontossági érték megadására, kiegyensúlyozatlan és kiegyensúlyozott.

### (1) Kiegyensúlyozatlan pontosság - maximum - minimum hiba

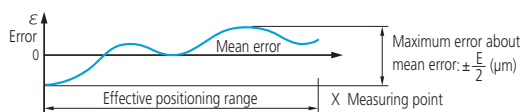
A módszer egyszerűen a maximum hiba mínusz a minimum hiba értékét adja a pontossági diagram alapján, ahogy az lenti látható. Formája:  $E = (A - B) \mu m$ . L a hasznos mérési hossz (mm-ben), és A és B a modellre jellemző faktor.

Példa, ha a pontossági specifikáció  $(3 + \frac{3L}{1000}) \mu m$  és a hasznos mérési hossz 1000mm, akkor  $E = 6 \mu m$ .



### (2) Kiegyensúlyozott pontosság - átlaghiba körüli (+)(-) érték

A módszer a maximum relatív hibát adja az átlag körül a pontossági diagram alapján. Formája:  $e = \pm \frac{E}{2} (\mu m)$ . Ezeket inkább egyedi mérőlécek esetén alkalmazzák.

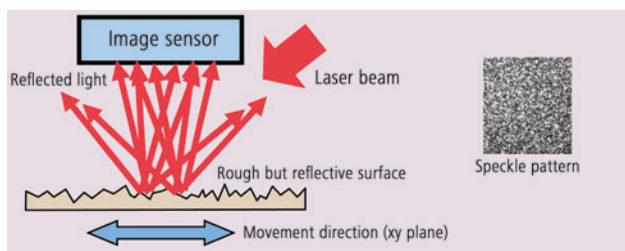


A skála állandó osztással jeleket tartalmaz a felületén, amely felhasználásával kettős, fáziseltolt szinusz jel állítható az osztással azonos periódussal. Így az osztás térféltől kisebb térféltől leolvasás is megvalósítható az illesztett áramkörrel által. Ez adja az útmérő felbontását. Például, ha az alaposztás 20µm, az interpolációs inkrementum lehet 1µm. E folyamat nem hibamentes, így külön megadandó az inkrementális pontossági érték is. Az útmérő rendszerhez megadott specifikációja természetesen már tartalmazza az alaposztás és az inkrementális pontossági hibát is.

## ■ Képi korreláció és a MICSYS két-dimenziós enkóder

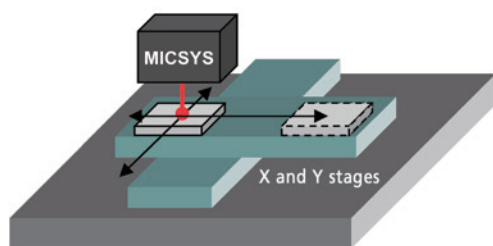
### Mérés elve

A nyers felületet lézer nyalábbal bombázzuk, amely koherens fény szóródik a felületen és interferenciát eredményez a képalkotó szenzoron és pontmintázat keletkezik. Az objektum XY síkban mozogva a pontmintázat szinkronban elmozdul. Az objektum elmozdulása ezek alapján számítható. Ezt az alapelvet használja a nagy pontosságú MICSYS mérőrendszer.

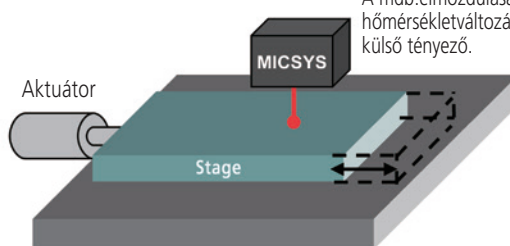


### Alkalmazások

#### 1. Asztalbeállítási művelet



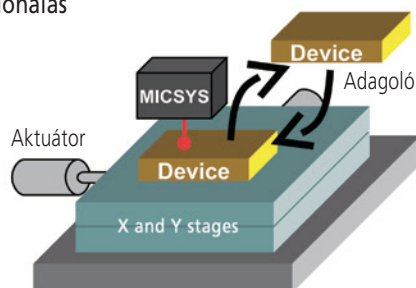
a) Ismételhetőségi vizsgálat



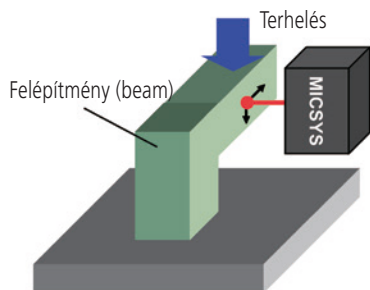
b) Kúszás és stabilitás vizsgálat

A mdb.elmozdulását okozhatja a hőmérsékletváltozás vagy egyéb külső tényező.

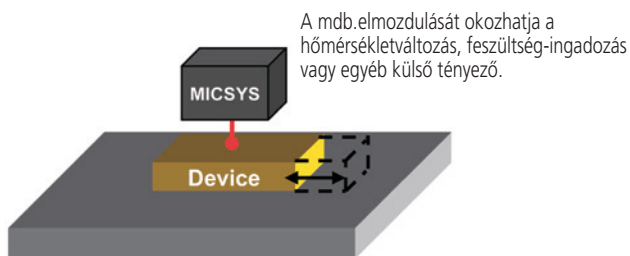
#### 2. Nagy pontosságú mdb. pozicionálás



#### 3. Elmozdulás mérés



a) Felépítmény lehajlásának mérése



b) Munkadarab elmozdulásának mérése

A mdb.elmozdulását okozhatja a hőmérsékletváltozás, feszültség-ingadozás vagy egyéb külső tényező.

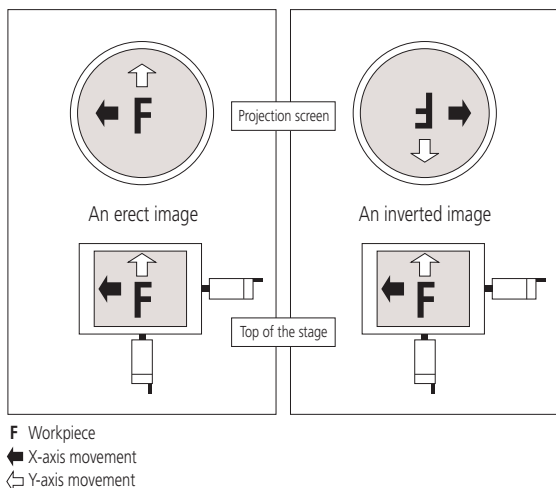
# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



## Profilprojektorok

### Egyenes- és fordított állású kép

Egyenes állású képről akkor beszélünk, ha egy objektum képe a tárgyasztalon és az ernyőn azonos. A keletkezett kép fordított, fentről lefelé ill. jobbról balra, és a mozgás iránya a tárgyasztalon éppen ellentétes a képernyőn tapasztalt elmozdulással (lásd képek lent). Meg kell jegyeznünk, hogy a fordított állású képek pontossága nagyobb.



### Nagyítási pontosság

Projektor nagyítási pontossága egy objektum nagyított képén mért méret viszonyítva az objektum valódi méretéhez. A lenti képlet alkalmazásával a projektor százalékos nagyítási pontosságát kapjuk (a lencsén feltüntetett nagyítási értéket figyelembe véve). Az objektum valódi méretét a projektor beépített útmérő rendszerével, míg a nagyított képernyőképét külön mérőskálával mérjük.

(Meg kell jegyezni, hogy a projektor nagyítási pontossága nem azonos a projektor pontosságával.)

$$\Delta M(\%) = \frac{L - \ell M}{\ell M} \times 100$$

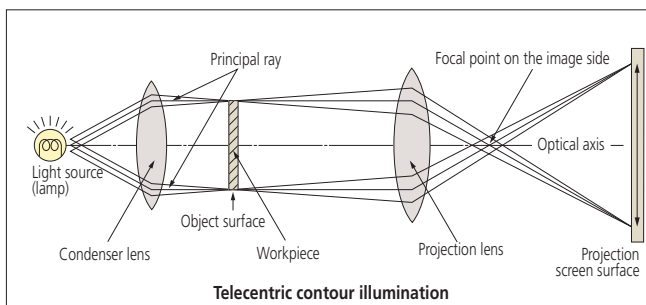
$\Delta M(\%)$ : Nagyítási pontosság százalékban kifejezve az objektív nagyítását alapul véve  
 L: Vetített kép hosszamérete a referencia objektumon a vetített képen mérve  
 $\ell$ : A referencia objektum valódi hosszamérete  
 M: Objektív nagyítása

### Megvilágítási módok

- Alsó megvilágítás: Ennél a megvilágítási módnál a fény alulról érkezik, és többnyire a mdb. külső kontúrját vetíti ki a képernyőre.
- Felső megvilágítás: Itt a fény az objektív irányból érkezve fentről világítja meg a mdb. felső felületét. (Félig áteresztő tükör vagy vetítő lencse szükséges.)
- Oldalsó megvilágítás: A módszer segítségével szintén a mdb. felső felülete világítható meg. Ezzel a kép kontrasztján érhetünk el minőségi változást, ahol a felső felület erősen strukturált. Vegyük figyelembe, hogy a megvilágítási módok hatással vannak a mérés pontosságára. (Ferde tükör szükséges. A PJ-H30 sorozat tartalmazza a ferde tükrös kialakítást.)

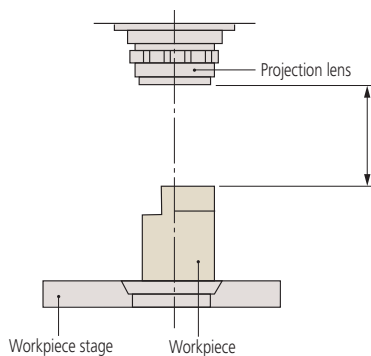
### Telecentrikus objektív rendszer

A hagyományos optikáknál az optika leképzése miatt elkerülhetetlenek a perspektíva más néven paralaxis hibák. Vagyis a közelebb lévő tárgyakat nagyobbak látjuk, mint a távolabbi tárgyakat. A metrológia és a kamerás mérések számára kifejlesztve rendelkezésre állnak az u.n. Telecentrikus optikák. A telecentrikus objektívek jellegzetessége a párhuzamos sugarak, és speciális tulajdonságai, csak a lencse átmérőjének méretében teljesülnek, vagyis a sugarak ott párhuzamosak. A lencse átmérőjét meghaladó látómezőben, a hagyományos optikákhoz hasonlóan látnak.



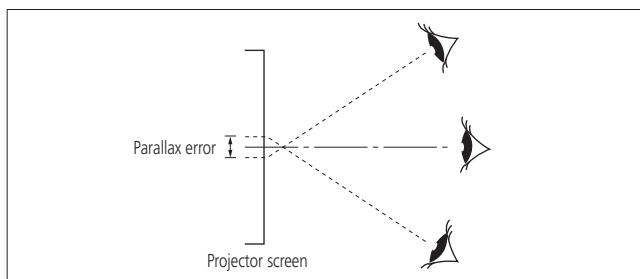
### Fókusz távolság

Alapvetően a projekciós lencse felülete és a fókuszált mdb. felülete közötti távolság a fókusz távolság. Itt L paraméterrel jelölve.



### Parallax hiba

A skála geometriai kialakításából adódóan a különböző vizsgálati pozíciókban kimutatható méreteltérés, vagyis hiba.



### Látómező átmérő

A mdb. maximális átmérője, amelyet az objektív a vetítő ernyőre vetíteni képes.

$$\text{Látómező átmérő (mm)} = \frac{\text{Profilprojektor képernyő átmérője}}{\text{Alkalmazott lencse nagyítása}}$$

Példa: Ha az objektív nagyítása 5X és a projektor képernyő átmérője 500mm:

$$\text{A látómező átmérője: } \frac{500\text{mm}}{5} = 100\text{mm}$$



### Numerikus apertúra (NA)

A numerikus apertúra az optikai lencserendszerek fénygyűjtő képességének egység nélküli mérőszáma, mely meghatározza a felbontóképességet és a mélységélességet. A numerikus apertúra értékét megkapjuk, ha a szinuszt vesszük a beérkező lézersugár félkúpszögének ( $\theta$ ) és ezt összeszorozzuk a lencse anyag, vagy közeg (légtér, víz, stb...) törésmutatójával ( $n$ ).

$$NA = n \cdot \sin \theta$$

Vákuumban a numerikus apertúra értéke definíció szerint 1.

### Felbontóképesség (R)

A minimálisan érzékelhető távolság két képpont között, amely a felbontás határa. A felbontási teljesítmény (R) a numerikus apertúra (NA) és a megvilágítás ( $\lambda$ ) hullámhossza alapján számítható.

$$R = \frac{\lambda}{2 \cdot NA} \quad (\mu m)$$

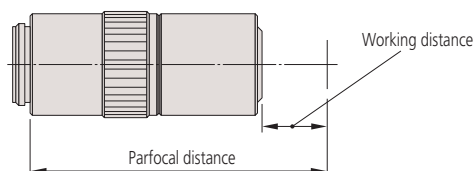
$\lambda = 0.55 \mu m$  a leggyakrabban alkalmazott hullámhossz

### Fókusz távolság (W.D.)

Élesre állított kép esetén az objektív alsó felülete és a mdb. felülete közötti távolság.

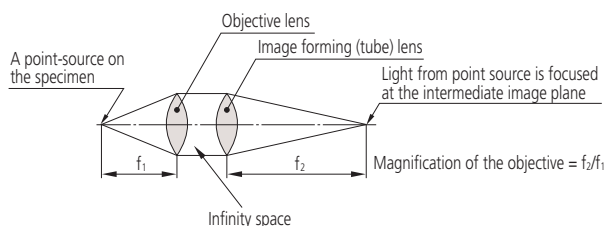
### Parfokális távolság

Élesre állított kép esetén az objektív felső illesztett felülete és a mdb. felülete közötti távolság. Ha több objektívet illesztünk egy revolver tárbba, akkor azok parfokális távolsága azonos, így váltás esetén az újrafókuszálás nem feltétlenül szükséges..



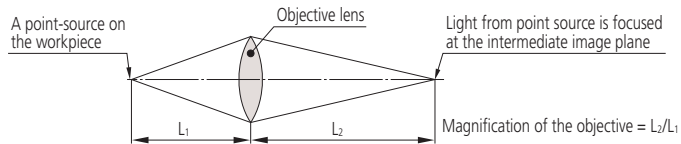
### Végtelenre korrigált optikai rendszer

Ez az objektív és a binokuláris tubus közé szerelve tartalmaz egy párhuzamosított fényutat két párhuzamos tengelyű optikai csatornával. Ez teszi lehetővé a különböző tartozékok egyszerű beszerelését a fej és a test közé, úgy, mint a fényosztó, koaxiális ráesőfényű megvilágítás, fotó vagy videó tubus, rajzoló tubus, szemmagasság emelő.



### Végesre korrigált optikai rendszer

Olyan optikai rendszer, ahol az objektív látszólagos képet állít elő adott véges pozícióban. A mdb.-ról érkező fény áthaladva az objektíven közvetlenül vetül a látszólagos képsíkra (szemlencse fókuszpont-jának síkja).



### Fokális hossz (f)

unit: mm

Távolság az objektív fókuszpontjától: ha  $f_1$  az objektív fokális távolsága és  $f_2$  tubus-lencse fokális távolsága akkor a nagyítás e két érték alapján meghatározható. (végtelenre korrigált lencsék esetén.)

$$\text{Objektív nagyítása} = \frac{\text{Tubus lencse fokális hossza}}{\text{Objektív fokális hossza}}$$

$$\text{Példa: } 1X = \frac{200}{200} \quad \text{Példa: } 10X = \frac{200}{20}$$

### Fokális pont

A lencserendszeren keresztül az optikai tengellyel párhuzamosan haladó fény sugar metszi a tengelyt. Ez a hátsó fokális pont vagy képfokális pont.

### Mélységélesség (DOF)

unit: mm

A fókuszmélység az a két sík közötti optikai tengely irányában mért távolság, amely felületeken éles képet kapunk az objektumra fókuszált helyzetben. Ha a numerikus apertúra (NA) növekszik, a fókuszmélység csökken, ahogy azt az alábbi képlet is mutatja:

$$DOF = \frac{\lambda}{2 \cdot (NA)^2} \quad \lambda = 0.55 \mu m \text{ a leggyakrabban használt hullámhossz}$$

Példa: **M Plan Apo 100X** objektív ( $NA = 0.7$ )

Fókusz mélység:

$$\frac{0.55 \mu m}{2 \times 0.7^2} = 0.6 \mu m$$

### Fényezmező és Sötétmező megvilágítás

Fényezmező megvilágítás esetén a teljes fénykúp a felületre fókuszálódik az objektív által. Ez a normál vizsgálati módszer mikroszkópok esetén. Sötétmező megvilágításnál a fénykúp belső területe blokkolt, így csak a kúpszög mentén történik a megvilágítás. A sötétmező megvilágítás igen jól alkalmazható karcok és szennyeződések kimutatására.

### Apochromat és Achromat objektívek

Az apochromat objektívek esetén a lencsék kromatikus aberrációja 3 színtartományban korrigált (vörös, kék, sárga).

Az achromat objektívek esetén a lencsék kromatikus aberrációja 2 színtartományban korrigált (vörös, kék).



## Nagyítás

Az objektum nagyított képének mérete és valódi mérete közötti arány. A nagyítás alatt általában a vízszintes (síkbeli) nagyítást értjük, de létezik függőkeges és szögirányú nagyítás is.

## Fő sugármenet

A sugár az optikai tengelyen haladva jut át a apertura diaphragma közepén a lencsébe.

## Apertura diaphragma

Állítható körkörös apertura, amely szabályozza az objektíven átjutó fény mennyiségét. Fényrekesz zárnak is nevezik és ennek mérete hatással van a kép fényességére és fókuszmélységére.

## Mezőzár

Zár, amely szabályozza a látómezőt az optikai készüléken.

## Telecentrikus rendszer

A hagyományos optikáknál az optika leképezése miatt elkerülhetetlenek a perspektíva más néven paralaxis hibák. Vagyis a közelebb lévő tárgyakat nagyobbak látjuk, mint a távolabbi tárgyakat. A metrológia és a kamerás mérések számára kifejlesztve rendelkezésre állnak az u.n. Telecentrikus optikák. A telecentrikus objektívek jellegzetessége a párhuzamos sugarak, és speciális tulajdonságai, csak a lencse átmérőjének méretében teljesülnek, vagyis a sugarak ott párhuzamosak. A lencse átmérőjét meghaladó látómezőben, a hagyományos optikákhoz hasonlóan látnak.

## Egyállású kép

Egyenes állású képről akkor beszélünk, ha egy objektum képe a tárgyasztalon és az ernyőn azonos.

## Mezőszám (FN), valós látómező, és képernyő nagyítás

egység: mm

Az okulár diafragma mérete mm-ben (a minta képalkotási területe, növelése ld. MIA / panoráma); a gyakorlatban: FoV = OkulárFN / objektív nagyítás (mm). Ezzel szemben, a valós látómező a mdb. felületének azon mérete amelyet az adott valós nagyítás mellett az objektív lencse leképez. A valós látómező a következő képlet alapján számítható:

### (1) Mdb tartomány amely a mikroszkóppal vizsgálható (átmérő)

$$\text{Valódi látómező} = \frac{\text{FN (szemlencse)}}{\text{Objektív lencse nagyítása}}$$

Példa: 1X lencse valós látómező értéke  $24 = \frac{24}{1}$   
10X lencse valós látómező értéke  $2.4 = \frac{24}{10}$

### (2) Monitor vizsgálati tartománya

$$\text{Monitor vizsgálati tart.} = \frac{\text{Kamera képszenzorának mérete (átló hossza)}}{\text{Objektív lencse nagyítása}}$$

● Képszenzorok mérete

| Formátum        | Átló hossza | Hossz | Magasság |
|-----------------|-------------|-------|----------|
| 0,847 cm / 1/3" | 6.0         | 4.8   | 3.6      |
| 1,270 cm / 1/2" | 8.0         | 6.4   | 4.8      |
| 1,693 cm / 2/3" | 11.0        | 8.8   | 6.6      |

### (3) Képernyő nagyítása

$$\text{Képernyő nagyítása} = \text{Objektív lencse nagyítása} \times \frac{\text{Képernyő átlójának hossza}}{\text{Kamera képszenzorának átlóhossza}}$$

# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



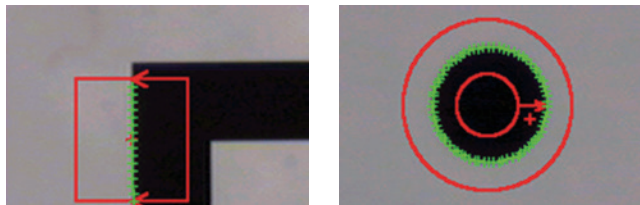
## Képfeldolgozó rendszerek

### Képfeldolgozás

A képfeldolgozó rendszerek alapvetően a következő feladatokra képesek.

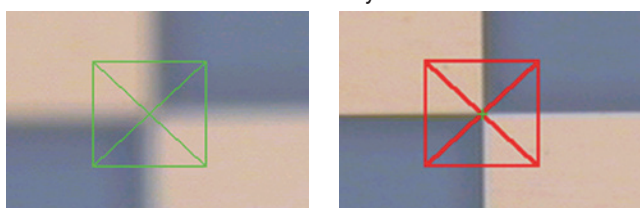
#### Éldetektálás

Élek detektálása és mérése az XY síkban



#### Auto fókuszálás

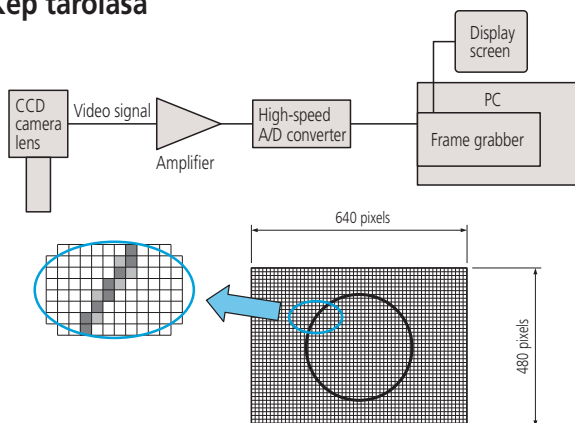
Fókuszálás és Z irányú mérés



#### Mintázat elemzés

Sajátosságok illesztése, mérése, keresése

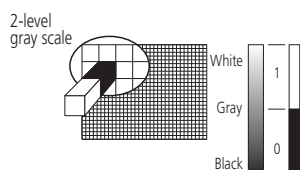
### Kép tárolása



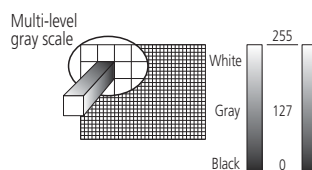
Egy kép képpontok rendezett halmazának felel meg.

### Szürke skála

A PC a képek tárolásához azt numerikus adatokra bontja. Ezen adatok írják le kép minden egyes képpontját. A kép minősége attól függ, mennyi szintre képes felbontani a szürke skálát a numerikus adatok által. A PC-k alapvetően két szürkeskálát ismernek: két-szintű és több-szintű. A képek nagy általánosságban 256-szintű szürke skálával kerülnek leírásra.



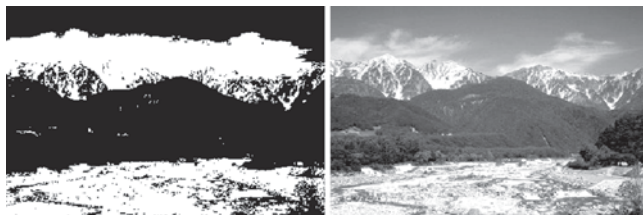
A kép egyes képpontjainak értéke 0 ha fekete és 1 ha fehér.



A kép egyes képpontjai a szürke árnyalatának megfelelően a fehér és fekete között 256 részre kerülnek felbontásra.

### Képmínőségek különbsége

Különbség a 2-szintű és a 256-szintű kép között



Minta 2-szintű szürke skálára

Minta 256-szintű szürke skálára

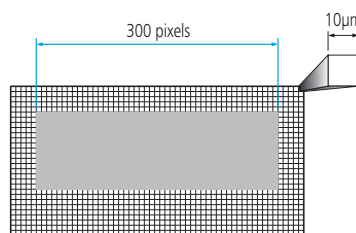
### Képvariációk különböző küszöbértékekkel



A fenti három kép egy 2-szintű kép különböző küszöbértékekkel módosított változatait szemlélteti. Mivel a kép struktúrája kis változtatás hatására is nagymértékben változik, így a 2-szintű szürkeskála képeket a precíz mérések során nem használják.

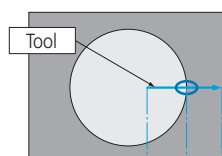
### Dimenzionális mérés 2D képen

A kép képpontokból, un. pixelekből áll. Ha egy tartományon belül megszámoljuk a pixelek számát, akkor a pixelméret alapján az hosszegységgé alakítható. Például, tételezzük fel, hogy a pixelek száma egy négyzet alakzat esetén 300 pixel, ahogy az a lenti ábrán is látható. Ha a pixelméret  $10\mu\text{m}$  adott nagyítás mellett, akkor a teljes hossz  $10\mu\text{m} \times 300 \text{ pixel} = 3000\mu\text{m} = 3\text{mm}$ .



### Éldetektálás

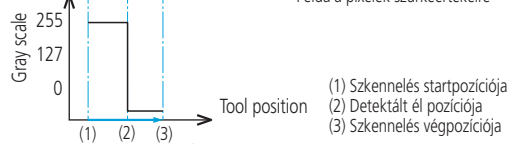
Az a módszer, ahol a képen megjelenő mdb. kontúrja által definiált élt analitikus úton megkeressük. Ehhez lássuk a lenti monokróm képet. Legyen adott egy keresési tartomány, amely itt egy vonal (nyíl). Ez mentén kerülnek a kép képpontjai feldolgozásra.



Az éldetektálás során a pixelértékek alapján kerül meghatározásra az a pozíció, ahol a fényes és sötét rész jól kivehetően elválik egymástól.

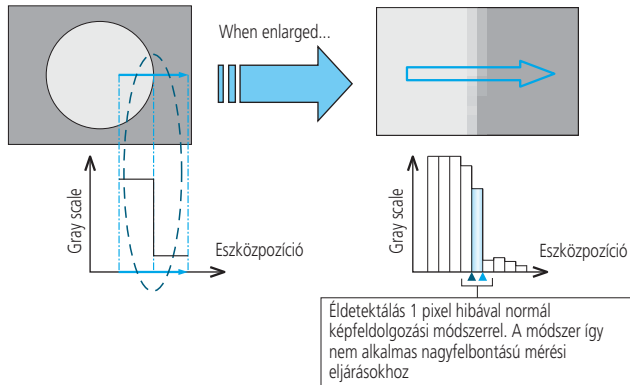
|     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |
|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 244 | 241 | 220 | 193 | 97 | 76 | 67 | 52 | 53 | 53 |
| 243 | 242 | 220 | 195 | 94 | 73 | 66 | 54 | 53 | 55 |
| 244 | 246 | 220 | 195 | 94 | 75 | 64 | 56 | 51 | 50 |

Példa a pixelek szürkeértékeire

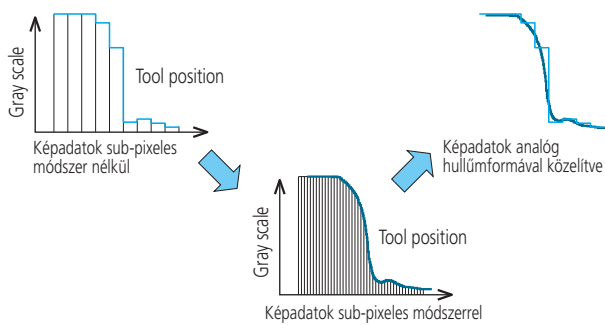


- (1) Szkennelés startpozíciója
- (2) Detektált él pozíciója
- (3) Szkennelés végpozíciója

## Nagyfelbontású mérés

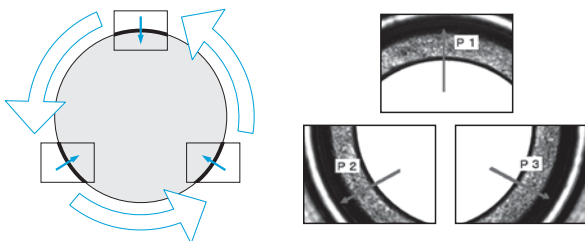


Az éldetektálás pontosságának növelése érdekében, sub-pixeles eljárásokat alkalmaznak. Ekkor az éldetektálás során a pixeladatokra egy görbét illesztünk, ahogy azt lejjebb is látható. Az él pontos helyének meghatározásához e görbe kerül részletesen kiértékelésre. Így a felbontás nagyobb lehet mint 1 pixel.

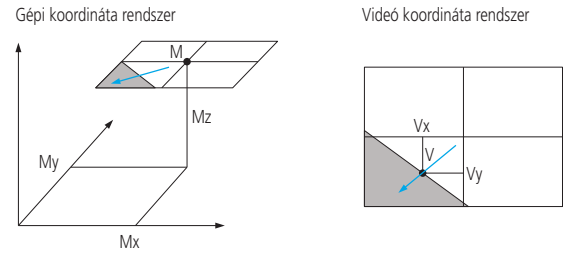


## Egy kép több szegmensének mérése

Nagy kiterjedésű sajátosságok nem jeleníthetők meg egy képen. A teljes méréshez az asztalnak is el kell mozdulnia, hogy a CCD szenzor képet alkosson a többi szegmensről. E sajátosság lehet egy nagy furat, ahogy lent is szemléltetjük, ahol mozgás közben kerülnek az élek detektálásra és kiértékelésre.



## Pontok kompozit koordinátái



Mérőgép asztalpozíciója  
 $M = (M_x, M_y, M_z)$

Detektált él pozíciója (a kép középpontjához képest)  
 $V = (V_x, V_y)$

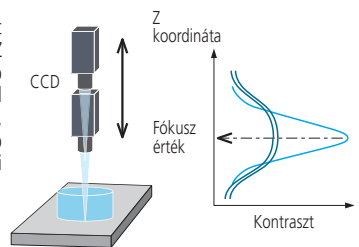
Aktuális koordináták így:  $X = (M_x + V_x)$ ,  $Y = (M_y + V_y)$ ,  
 és  $Z = M_z$ .

A mérési pozíció tárolása közben a mérés már végrehajtásra kerül.

## Autó fókuszlás alapelve

A rendszer XY-síkban pontos mérést tud megvalósítani, de a CCD kamera képe által nem tudunk Z irányú méreteket mérni. A magassági méretek Z irányú méréséhez alkalmazzuk az Auto Focus (AF) funkciót. Az alábbiakban az AF mechanizmus lényegét szemléltetjük egy közös képen. Néhány rendszer lézeres AF módszert alkalmaz.

Az AF rendszer gyors képfeldolgozást végez, miközben a CCD kamera Z irányú mozgást hajt végre. Ekkor a kép kontrasztossága kerül figyelemre. Ahol legcsúcsosabb a kontraszt diagramm, abban a magasságban találjuk a kép fókuszált állapotát, azaz a magassági értékét.



## Kép kontrasztja különböző magassági állapotokban

Életlen kép, alulfókuszált állapot.

Éles él a képen, megfelelő fókuszállapot.



# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



## Surftest (Felületi érdességmérő készülék)

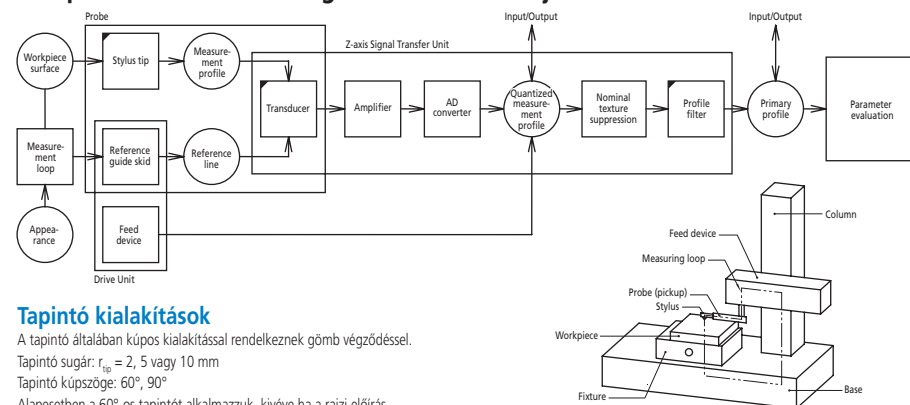
■ ISO 1302: 2002 Felületi strukturák jelölési módszerei

■ ISO 4287: 1997 Geometriai termékspecifikáció (GPS)–Felületi textúra: Profil módszer – Kifejezések, feltételek, és felületi textúra paraméterek

■ ISO 4288: 1996 Geometriai termékspecifikáció (GPS)–Felületi textúra: Profil módszer – Felületi textúra kiértékelésének szabályai és eljárásai

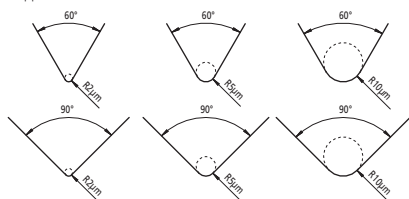
■ ISO 3274: 1996 Geometriai termékspecifikáció (GPS)–Felületi textúra: Profil módszer – Tapintós berendezések névleges karakterisztikája

### ■ Tapintós készülék névleges karakterisztikája



### Tapintó kialakítások

A tapintó általában kúpos kialakítással rendelkeznek gömb végződésel.  
 Tapintó sugár:  $r_{tp} = 2, 5$  vagy  $10 \text{ mm}$   
 Tapintó kúpszöge:  $60^\circ, 90^\circ$   
 Alapesetben a  $60^\circ$ -os tapintót alkalmazzuk, kivéve ha a rajzi előírás másképpen nem rendelkezik.



### Statikus mérőerő

| Névleges tapintósugár: $\mu\text{m}$ | Statikus mérőerő a tapintó középpozíciójában: $\text{mN}$ | Statikus mérőerő túrése: $\text{mN}/\mu\text{m}$ |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 2                                    | 0.75                                                      | 0.035                                            |
| 5                                    | 0.75 (4.0) Note 1                                         | 0.2                                              |
| 10                                   |                                                           |                                                  |

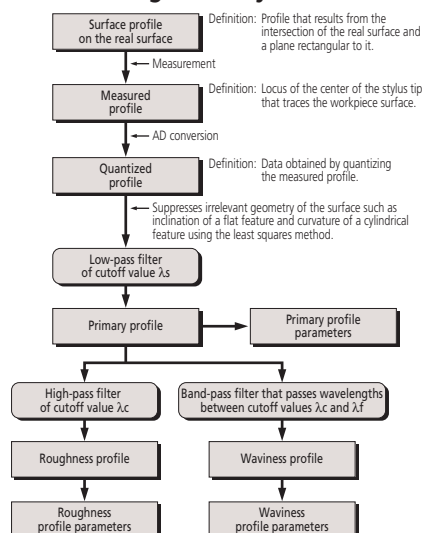
Megj: Speciális cserélhető tapintó esetén a statikus mérőerő maximális értéke az átlagos pozícióban  $4.0 \text{ mN}$ .

### ■ Fáziskorrektíós szűrők metrológiai jellemzői

A profilszűrő fáziskorrigált szűrő fáziskésés nélkül (profiltorzulás a hullámhossz függvénye).  
 A fáziskorrigált szűrő súlyfüggvénye normál eloszlás esetén az amplitúdó átvitel 50%-a vágási hullámhosszon.

ISO 11562: 1996

### ■ Adatfeldolgozás folyamata



### Kapcsolat a Cutoff és a tapintósugár között

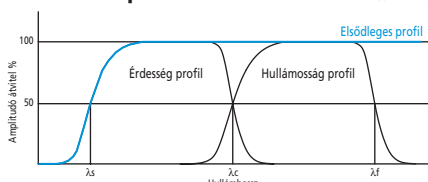
A következő táblázat az érdességi profil cutoff értéke  $\lambda_c$ , tapintósugár értéke  $r_{tp}$  és a  $\lambda_c/\lambda_s$  cutoff arány kapcsolatát ismerteti.

| $\lambda_c \text{ mm}$ | $\lambda_s \text{ }\mu\text{m}$ | $\lambda_c/\lambda_s$ | Maximum $r_{tp} \text{ }\mu\text{m}$ | Maximum sampling length $\text{mm}$ |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 0.08                   | 2.5                             | 30                    | 2                                    | 0.5                                 |
| 0.25                   | 2.5                             | 100                   | 2                                    | 0.5                                 |
| 0.8                    | 2.5                             | 300                   | 2 Note 1                             | 0.5                                 |
| 2.5                    | 8                               | 300                   | 5 Note 2                             | 1.5                                 |
| 8                      | 25                              | 300                   | 10 Note 2                            | 5                                   |

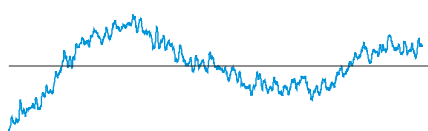
Megj. 1: Ha  $R_{a0.5 \text{ mm}}$  és  $R_{a2.5 \text{ mm}}$  nem követünk el nagy hibát ha  $r_{tp} = 5 \text{ mm}$   
 Megj. 2: Ha  $\lambda_s \geq 2.5 \text{ mm}$  vagy  $0.8 \text{ mm}$ , az ajánlott tapintónak annak méretezési szűrése miatt hatása van a profilra. A sugár vagy a tapintó alakjának kicsiny hibája nincs hatással a számított paraméterekre. Speciális cutoff esetén az arány külön meghatározandó!

### ■ Felületi profilok

ISO 4287: 1997



### Elsődleges profil



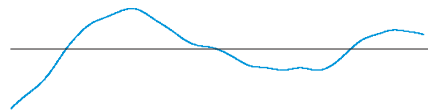
### Érdesség profil

A nagy hullámhosszú komponensek leválasztásával, felületeresztő szűrővel és  $\lambda_c$  cutoff értéken mért profil.



### Hullámosság profil

A  $\lambda_f - \lambda_c$  tartományba eső hullámhosszú komponensek megtartásával, ún. sávszűrő mellett mért profil.



### ■ Paraméterek definíciója

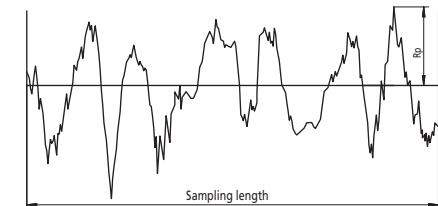
ISO 4287: 1997

#### Amplitúdó paraméterek (csúcsok és völgyek)

Elsődleges profil maximális csúcsmagassága  $P_p$

Érdesség profil maximális csúcsmagassága  $R_p$

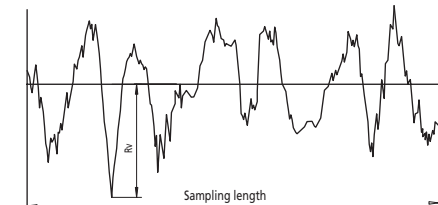
Hullámosság profil maximális csúcsmagassága  $W_p$



Elsődleges profil maximális völgymélysége  $P_v$

Érdesség profil maximális völgymélysége  $R_v$

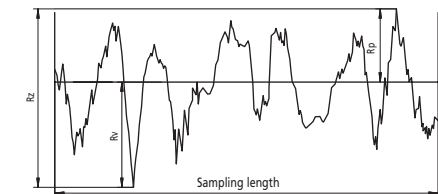
Hullámosság profil maximális völgymélysége  $W_v$



Elsődleges profil maximális magassága  $P_z$

Érdesség profil maximális magassága  $R_z$

Hullámosság profil maximális magassága  $W_z$

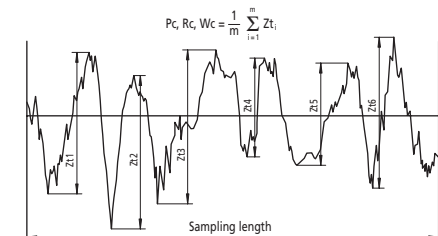


⚠ A régi JIS és ISO 4287-1:1984 szabványban az  $R_z$  értéke a 10 legmagasabb csúcs értékét vette alapul. Úgyelni kell arra, hogy az új szabvány szerinti értelmezés szerinti  $R_z$  érték eltérhet a régi szabvány szerint számítottól. ( $R_z$  esetén minden képpen ellenőrizze a pontos rajzi előírást.)

Elsődleges profil átlagos magassága  $P_c$

Érdesség profil átlagos magassága  $R_c$

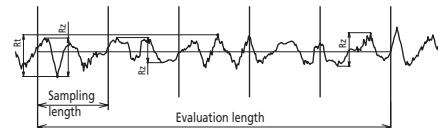
Hullámosság profil átlagos magassága  $W_c$



Elsődleges profil teljes magassága  $P_t$

Érdesség profil teljes magassága  $R_t$

Hullámosság profil teljes magassága  $W_t$



## Amplitúdó paraméterek (ordináta átlagérték)

Elsődleges profil eltéréseinek számtani átlaga Pa  
Érdesség profil eltéréseinek számtani átlaga Ra  
Hullámosság profil eltéréseinek számtani átlaga Wa

$$Pa, Ra, Wa = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

with l as lp, lr, or lw according to the case.

Elsődleges profil eltéréseinek négyzetes középértéke Pq  
Érdesség profil eltéréseinek négyzetes középértéke Rq  
Hullámosság profil eltéréseinek négyzetes középértéke Wq

$$Pq, Rq, Wq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}$$

with l as lp, lr, or lw according to the case.

Elsődleges profil ferdesége Psk  
Érdesség profil ferdesége Rsk  
Hullámosság profil ferdesége Wsk

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[ \frac{1}{lr} \int_0^l Z^3(x) dx \right]$$

A fenti képlet az Rsk-t definiálja. A Psk és Wsk számítása azonos analógiával történik. Psk, Rsk és Wsk a mintasűrűség asszimetriájára ad mérőszámot az ordináta mentén.

Elsődleges profil csúcossága Pku  
Érdesség profil csúcossága Rku  
Hullámosság profil csúcossága Wku

Quotient of the mean quartic value of the ordinate values Z(x) and the fourth power of Pq, Rq, or Wq respectively, within a sampling length

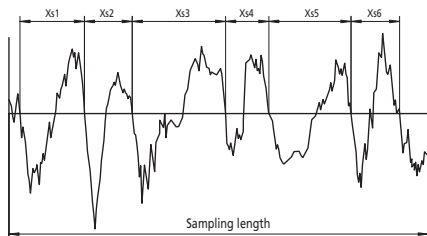
$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \left[ \frac{1}{lr} \int_0^l Z^4(x) dx \right]$$

A fenti képlet az Rku-t definiálja. A Pku és Wku számítása azonos analógiával történik. Pku, Rku és Wku a mintasűrűség élességére ad mérőszámot az ordináta mentén.

## Térköz paraméterek

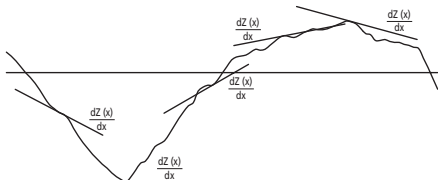
Elsődleges profil elemeinek átlagos szélessége PSm  
Érdesség profil elemeinek átlagos szélessége RSm  
Hullámosság profil elemeinek átlagos szélessége WSm

$$PSm, RSm, WSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{Si}$$



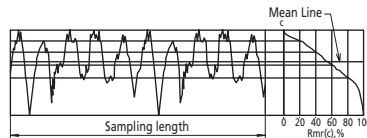
## Hybrid paraméterek

Elsődleges profil meredekségének négyzetes középértéke PΔq  
Érdesség profil meredekségének négyzetes középértéke RΔq  
Hullámosság profil meredekségének négyzetes középértéke WΔq



## Görbék, Valószínűségi sűrűségfüggvény és kapcsolódó paraméterek

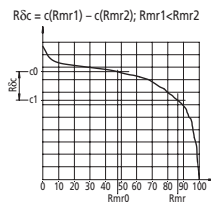
Profil anyaghányad görbéje (Abbott-Firestone görbe)



Elsődleges profil anyaghányad értéke Pmr(c)  
Érdesség profil anyaghányad értéke Rmr(c)  
Hullámosság profil anyaghányad értéke Wmr(c)

$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{M(c)}{ln}$$

Elsődleges profil metszet magasságkülönbsége Pdc  
Érdesség profil metszet magasságkülönbsége Rdc  
Hullámosság profil metszet magasságkülönbsége Wdc

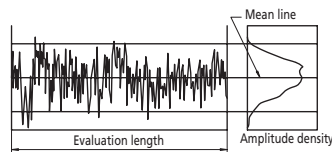


Elsődleges profil relatív anyaghányad értéke Pmr  
Érdesség profil relatív anyaghányad értéke Rmr  
Hullámosság profil relatív anyaghányad értéke Wmr

$$Pmr, Rmr, Wmr = Pmr(c1), Rmr(c1), Wmr(c1)$$

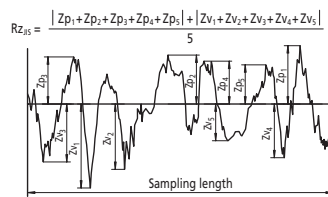
where  $c1 = c0 - Rdc(Rdc, Wdc)$   
 $c0 = c(Pm0, Rm0, Wm0)$

Valószínűségi sűrűségfüggvény  
(profilmagasság amplitúdó eloszlás görbe)



## JIS szerinti paraméterek

Valószínűségi sűrűségfüggvény  
Szabálytalanságok 10 legmagasabb pontja, RzJIS



| Symbol  | Használt profil                                                              |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|
| RzJISB2 | Mért felületi profil                                                         |
| RzJIS94 | Az elsődleges profilból a felület-áteresztő szűrővel kapott érdességi profil |

Profilértékek számtani átlaga, Ra75

$$Ra_{75} = \frac{1}{ln} \int_0^l |Z(x)| dx$$

## Mintahosszok érdességi paraméterek esetén

ISO 4288: 1996

1. táblázat: mintavételi hosszok asszimétrikus érdességi profil (Ra, Rq, Rsk, Rku, RΔq), anyaghányad görbe, sűrűségfüggvény, és kapcsolódó paraméterek esetén

| Ra<br>μm            | Sampling length lr<br>mm | Evaluation length ln<br>mm |
|---------------------|--------------------------|----------------------------|
| (0.006) < Ra ≤ 0.02 | 0.08                     | 0.4                        |
| 0.02 < Ra ≤ 0.1     | 0.25                     | 1.25                       |
| 0.1 < Ra ≤ 2        | 0.8                      | 4                          |
| 2 < Ra ≤ 10         | 2.5                      | 12.5                       |
| 10 < Ra ≤ 80        | 8                        | 40                         |

2. táblázat: mintavételi hosszok asszimétrikus érdességi profil (Rz, Rv, Rp, Rc, Rt) esetén

| Rz<br>Rz1max<br>μm         | Sampling length lr<br>mm | Evaluation length ln<br>mm |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| (0.025) < Rz, Rz1max ≤ 0.1 | 0.08                     | 0.4                        |
| 0.1 < Rz, Rz1max ≤ 0.5     | 0.25                     | 1.25                       |
| 0.5 < Rz, Rz1max ≤ 10      | 0.8                      | 4                          |
| 10 < Rz, Rz1max ≤ 50       | 2.5                      | 12.5                       |
| 50 < Rz, Rz1max ≤ 200      | 8                        | 40                         |

1) Rz az Rz, Rv, Rp, Rc és Rt esetén  
2) Rz1max csak Rz1max, Rv1max, Rp1max és Rc1max esetén

3. táblázat: mintavételi hosszok asszimétrikus érdességi profil paraméterek és Rsm periodikus vagy aperiodikus paraméter esetén

| Rsm<br>mm          | Sampling length lr<br>mm | Evaluation length ln<br>mm |
|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| 0.013 < Rsm ≤ 0.04 | 0.08                     | 0.4                        |
| 0.04 < Rsm ≤ 0.13  | 0.25                     | 1.25                       |
| 0.13 < Rsm ≤ 0.4   | 0.8                      | 4                          |
| 0.4 < Rsm ≤ 1.3    | 2.5                      | 12.5                       |
| 1.3 < Rsm ≤ 4      | 8                        | 40                         |

## Mintahossz meghatározásának folyamata, ha az nem ismert

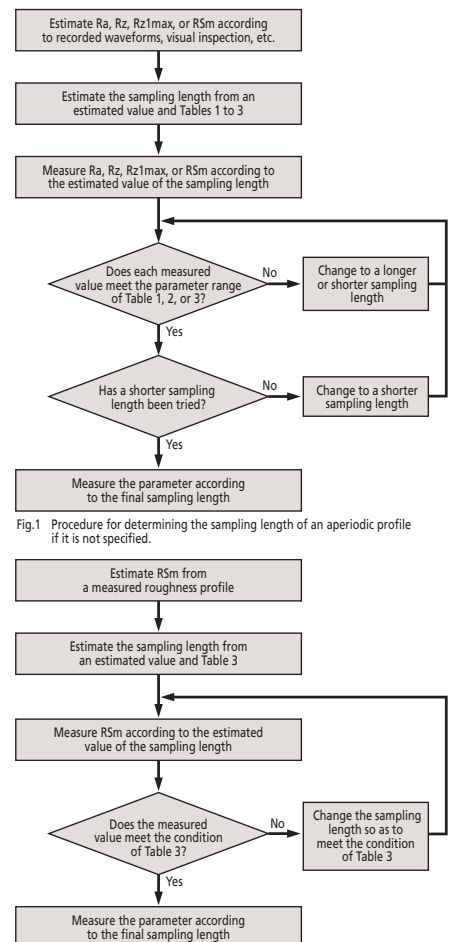


Fig.1 Procedure for determining the sampling length of an aperiodic profile if it is not specified.

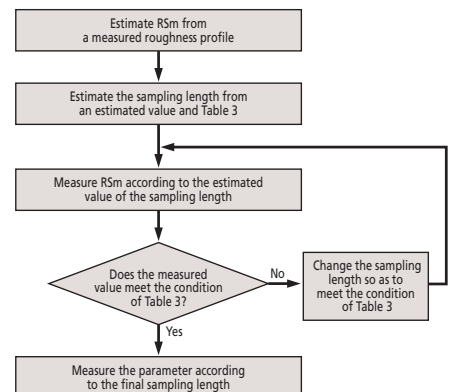


Fig.2 Procedure for determining the sampling length of a periodic profile if it is not specified.

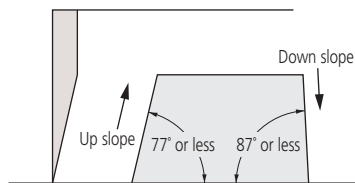


# Precíziós mérőeszközök rövid ismertetője



## Contracer (Kontúrmérő berendezés)

### Elmozdulási szögek

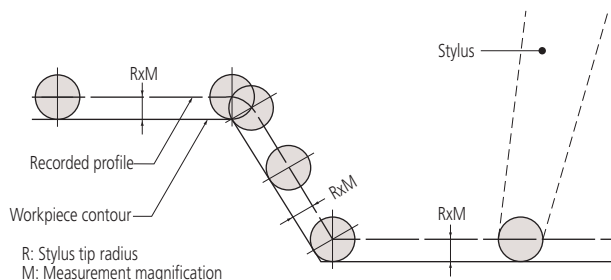


A maximum szög amin a tapintó le vagy fel tud menni, határozza meg az elmozdulási szögek értékét. Az egyoldalon lapolt tapintók csúcshöge 12° (lásd fenti ábra) maximum 77° emelkedőn illetve maximum 87° lejtőn képes mozogni. A kúpos tapintó (30° kúpszöggel) esetén ez a szög kisebb. Egy 77° vagy kisebb emelkedésű lejtő is tartalmazhat 77°-nál meredekebb szakaszokat a felületi érdeség figyelembevételével. A mérőő értéke szintén befolyásoló tényező.

A CV-3200/4500 modellek esetén, azonos tapintónál (SPH-71: egyoldalon lapolt, 12° csúcshögű tapintó) a maximum emelkedő 77° a maximum lejtő 83°.

### Tapintósugár kompenzálás

A profil mérése során nagy pontossággal a tapintóközéppont pályája kerül meghatározásra (tipikus lekerekítési sugár 0.025mm), amely nem azonos a mért felület kontúrájával. A középponti pályát a tapintó lekerekítési sugarával kompenzálni kell. Ez a tapintósugár kompenzáció.

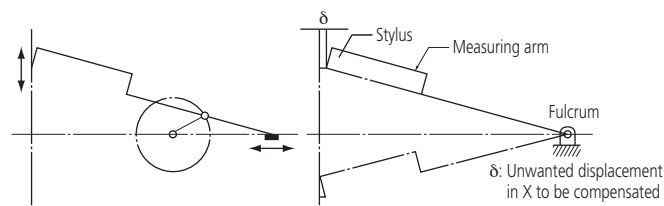


Ha a mért profil pontjait transzformálni szükséges, akkor azt csak a kompenzálás után szabad végrehajtani.

### Karelfordulás kompenzáció

A tapintó elmozdulása során a felület magassági méretei a mérőkar elfordulása alapján kerülnek mérésre, amely nem csak a Z irányú összetevőre gyakorol hatást, hanem a billenésből adódóan az X irányú összetevővel is számítani kell. Ez az ún. karelfordulás kompenzáció.

- 1: Mechanikus kompenzálás
- 2: Elektronikus kompenzálás



- 3: Szoftveres kompenzálás.

### Pontosság

Az érzékelő egység X és Z irányú eltérés mérésére képes. A nagyítási pontosság nem százalékos formában jelenik meg, hanem kitérés pontossággént mindkét irányban.

### Túlterhelés

A tapintóra gyakorolt túlzott erő (túlterhelés) koptathatja, vagy karcosíthatja a mdb. felületét. Ekkor a biztonsági funkciók azonnal leállítják a mozgást és figyelmeztető hangjelzést adnak. A két mérési irány külön-külön rendelkezik ilyen biztonsági funkcióval.

A CV-3200/4500 modelleknél a kar ilyenkor automatikusan leold.

### Egyszerű vagy komplex kar megvezetés

Egyszerű megvezetés esetén a kismértékű Z kitérés kismértékű X elmozdulást eredményez. Azonban ha a Z kitérés nagy, akkor az X másodlagos elmozdulás is növekszik. Ezen releváns X elmozdulást ( $\delta$ ) kompenzálni kell. (lásd ábra lejjebb balra.) A komplex megoldás esetén a Z irányú elmozdulás lineáris szinttartással valósul meg, így a kompenzáció nem szükséges.

### Z-tengely irányú mérés

Amíg az X-irányú elmozdulás mérése a hagyományos útmérő rendszerek segítségével könnyen kivitelezhető, addig a Z-irányú elmozdulás mérésére analóg módszert és digitális skálát alkalmazunk.

Az analóg módszer esetén a Z irányú felbontás függ a mérés nagyításától és tartományától. A digitális skálának kötött felbontása van.

Általánosságban elmondható, hogy a digitális skála nagyobb pontosságot garantál mint az analóg megoldás.



## Kontúr kiértékelés

A mérés után a mért pontok feldolgozása a következő funkciókkal lehetséges.

### Adatfeldolgozó és kiértékelő program

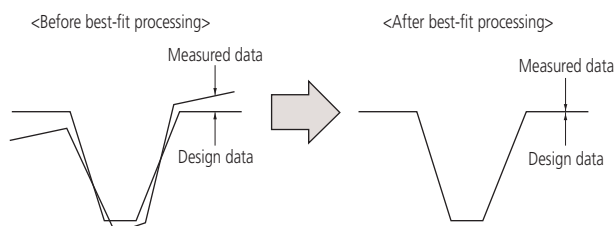
A mért kontúrponthoz az erre kifejlesztett kiértékelő szoftverbe automatikusan átkerülnek, ahol a kiértékelés igen egyszerűen és hatékonyan megvalósítható. Szögek, sugár és átmérő értékek, lépcsők, osztás értékek és számos egyéb paraméter kiszámítása válik igen egyszerűvé az alapfunkciók által. A referencia alapkoordináta rendszer felvételére is számos jól konstruált funkció áll készenlétben. A kompenzált profil tetszés szerint nyomtatható is.

## Tűrésezés CAD adatokkal

A mérési pontok közvetlenül összehasonlíthatók a tervezés során készített CAD adatokkal. Ekkor a névleges kontúrtól való eltérések minden egyes pont esetében meghatározásra és megjelenítésre kerülnek. Mesterdarab mérésével mesteradatfájl is létrehozhatunk, amely összehasonlításhoz szolgálhat a további mérésekhez.

## Legjobb illesztés

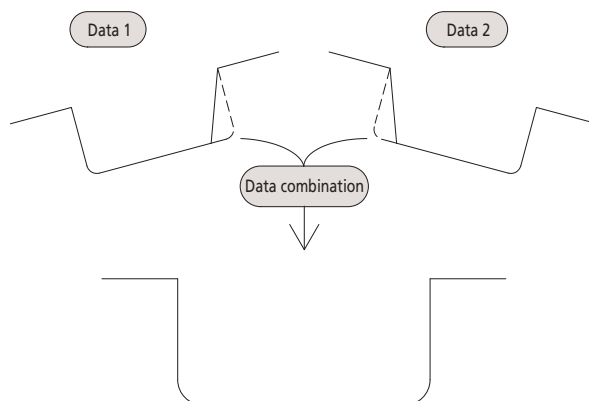
Azonos referencia rendszer esetén a mért pontok közvetlenül összehasonlíthatók a CAD adatokkal. Ennek hiányában az összefűrészt a legjobb illesztés funkcióval valósíthatjuk meg a legegyszerűbben.



A legjobb illesztés úgy transzformálja a pontok koordinátáit, hogy azok eltéréseinek négyzetösszege a CAD adatokhoz képest minimumot adjon.

## Adatok kombinálása

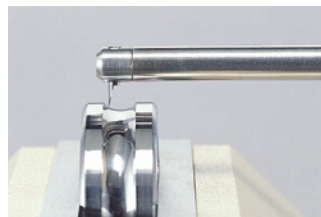
Előfordulhat, hogy a mdb kontúrjainak szöge nem teszi lehetővé a teljes kontúr egy felfogásban történő mérését, hanem azokat különböző szakaszokban tudjuk csak kivitelezni. E funkció szolgál arra, hogy e szakaszokból egy teljes kontúrt képezzon az átfedő szakaszok pontjainak utólagos elemzésével és kiszűrésével. Így a végleges kiértékelést már a teljes kontúr pontjai alapján végezhetjük.



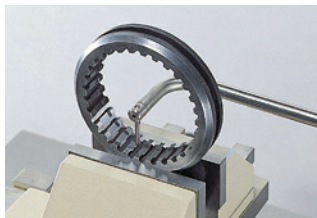
## Mérési példák



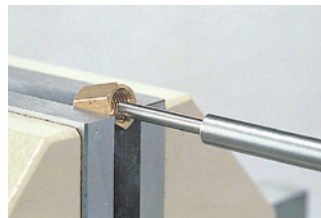
Kettős tapintó fent-lent tapintáshoz



Csapágygyűrű belső/külső kontúrjának mérése



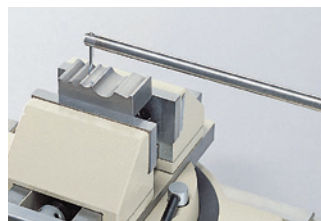
Belső fogazat mérése



Anyamenet mérése



Külső menet mérése



Készülék mérése

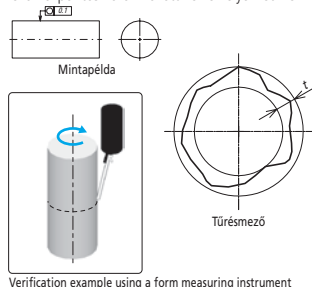


### ISO 4291: 1985 Körkörösségi adatokból egyéb összetevők meghatározása -- Mérési módok sugármeghatározásra

### ISO 1101: 2012 Geometriai termékspecifikáció (GPS) -- Geometriai tűrésezés-- Alak-, irányítottság, helyzet és ütés tűrés

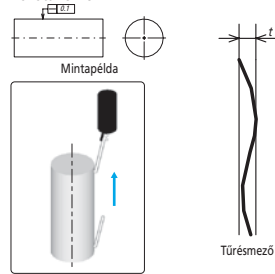
#### Körkörösség

A valóságos kör pontjainak a forgásfelület tengelyére mérőleges bármely síkban egymástól  $t$  távolságra lévő központos körök között kell elhelyezkednie.



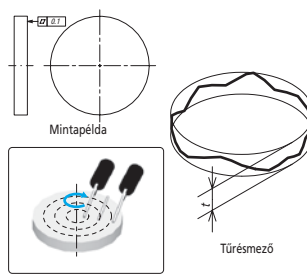
#### Egyenesség

A valóságos egyenesnek (profilnak) két egymástól  $t$  távolságra lévő, egy síkban fekvő egyenesek között kell lennie.



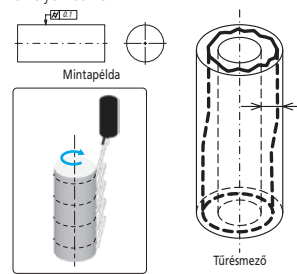
#### Síklapúság

A valóságos síknak két egymástól  $t$  távolságra lévő párhuzamos síkok között kell elhelyezkednie.



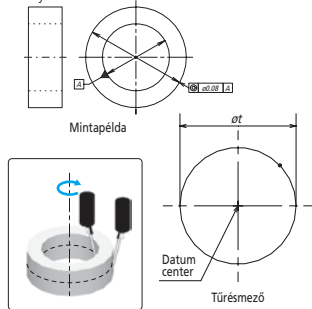
#### Hengeresség

A valóságos felületnek két egymástól  $t$  távolságra lévő, közös tengelyű hengerfelület között kell elhelyezkednie.



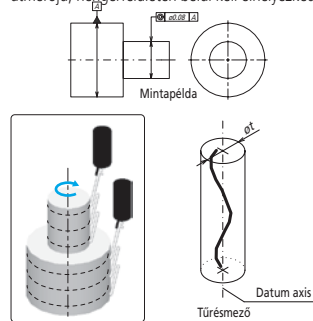
#### Koncentricitás

A furat tűrészett középpontjának az átmérőszerűen megadott  $t$  koncentricitástűrésnek megfelelő átmérőjű, központos körökön belül kell elhelyezkednie



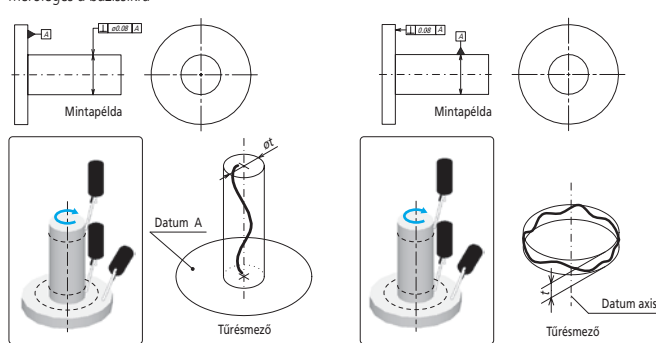
#### Egytengelyűség

A furat tűrészett tengelyének az átmérőszerűen megadott  $t$  egytengelyűségűtűrésnek megfelelő átmérőjű, hengerfelületen belül kell elhelyezkednie



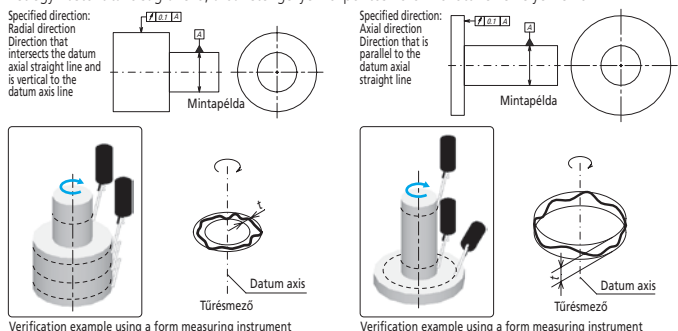
#### Merőlegesség

A tűrészett tengelynek egy olyan  $t$  átmérőjű hengeren belül kell elhelyezkednie, amelyek tengelye merőleges a bázissíkra



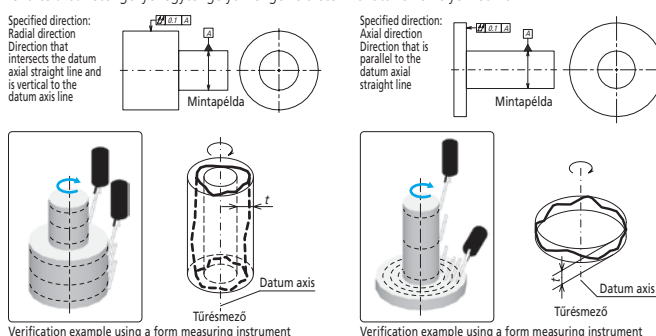
#### Radiális ütés

A forgásfelület tűrészett valóságos profil pontjainak a bázistengelyre (a közös tengelyre) bármely síkban, két egymástól  $t$  távolságra lévő, a bázistengellyel központos körök között kell elhelyezkedniük.



#### Tejes ütés

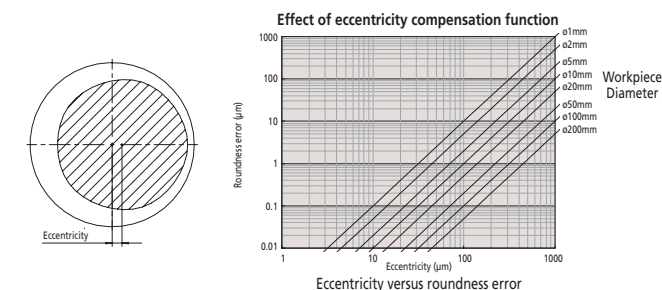
A tűrészett valóságos hengerfelületnek két, egymástól  $t$  teljes radiális ütés  $t$  tűrésnek megfelelő távolságra lévő és a bázistengellyel egytengelyű hengerfelületek között kell elhelyezkedniük.



### Mérés előtti beállítások

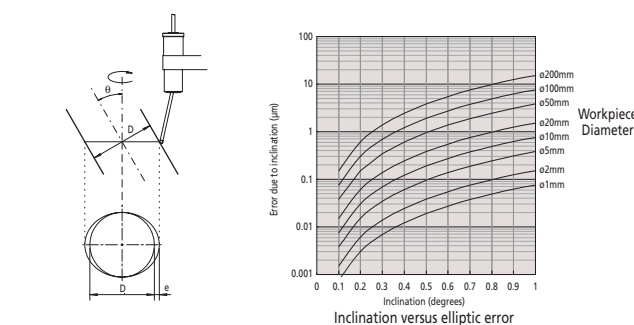
#### Központozás

A körasztal forgástengelye és a munkadarab tengelye közötti eltolódás, eltérés torzulást eredményez (Limacon hiba) a mért felületben, amely kihatással van a számított köralakeltérés értékére. Ahogy növekszik a koncentricitás értéke, úgy növekszik a köralakeltérés értékének hibája. Ennek elkerülése érdekében a munkadarabot minden esetben központosítani kell a körasztal forgástengelyével. Egyes köralakvizsgáló berendezés típusok már integráltan rendelkeznek ún. Limacon kompenzációval. E kompenzáció hatékonyságát az alábbi diagram szemlélteti.



#### Szintezés

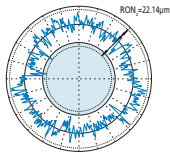
Ha a körasztal forgástengelye és a munkadarab tengelye nem egytengelyű, akkor elliptikus hiba jelentkezik a mérési adatokban. A szintezési eljárással az elliptikus hiba kiküszöbölhető. Az eljárás lényege, hogy a körasztal és a munkadarab tengelyeket párhuzamos helyzetbe állítsuk.



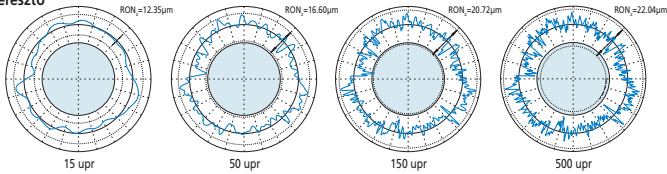
## Szűrőbeállítások hatása a mért profilra

A mérési pontok alapján számított köralakeltérés értéke nagymértékben függ az alkalmazott szűrő típusától és vágási hosszától (CutOff). A kiértékelés során a műszaki rajzi előírás alapján választjuk meg a megfelelő beállítást.

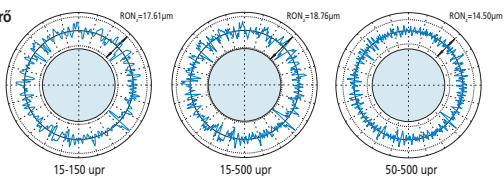
Nincs szűrő



Alul-áteresztő szűrő



Sávszűrő



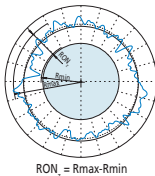
## Körkörösségi profil kiértékelése

A köralkmérő berendezés a mérési adatok alapján a referenciakör köralakeltérését határozza meg.

A referenciakör meghatározására 4 módszer áll rendelkezésre, amelyek mind-mind egyedi karakterisztikákkal rendelkeznek. A mérés során a műszaki rajzi előírás alapján választjuk meg a megfelelő kiértékelési metódust.

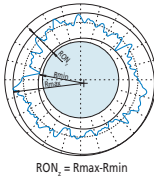
### Least Square Circle (LSC) Method

A legkisebb négyzetek körének középpontja olyan kör középpontja, amelyen a köralakeltérések négyzetösszege minimális.



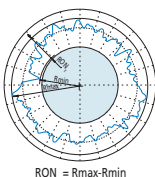
### Minimum Zone Circles (MZC) Method

A legkisebb körgyűrű középpontja a mért profilt közrefogó két olyan koncentrikus kör középpontja, amelyek sugárirányú távolsága a legkisebb.



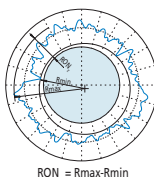
### Minimum Circumscribed Circle (MCC) Method

A körülírt ráfekvő kör középpontja a mért profil köré rajzolható legkisebb sugarú kör középpontja.



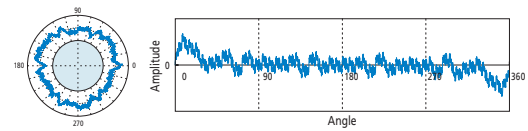
### Maximum inscribed Circle (MIC) Method

A beírt ráfekvő kör középpontja a mért profilra rajzolható legnagyobb sugarú kör középpontja.

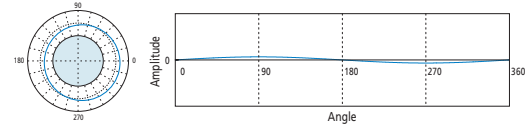


## Fordulatonkénti hullámszám (UPR) adatok grafikonnal

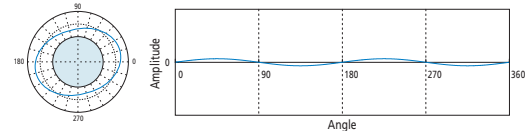
A mérési pontok diagramja



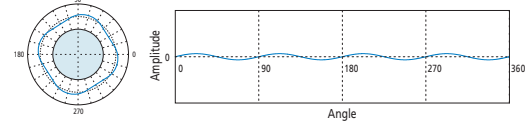
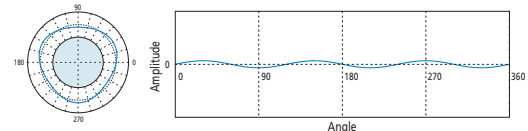
1 UPR paraméter nem más, mint a munkadarab relatív koncentricitás helyzeteltérése a mérőeszközhöz képest. A hullámszám amplitúdója a szintezés pontosságának függvénye.



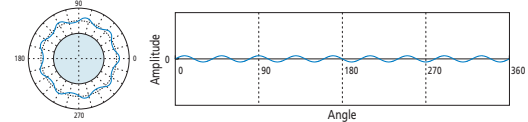
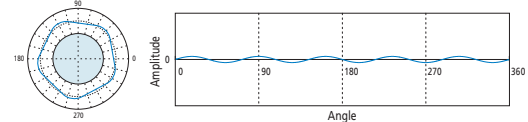
2 UPR paraméter jelentése: (1) sikertelen szintezési eljárás a mérő berendezésen. (2) sugárirányú ütés a helytelen szerszám v. készülék beállításából adódóan. (3) eredetileg is elliptikus alakú munkadarab felület, pl. motordugattyú



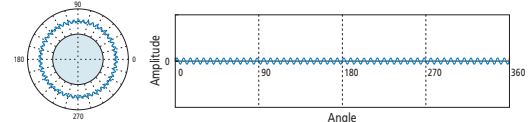
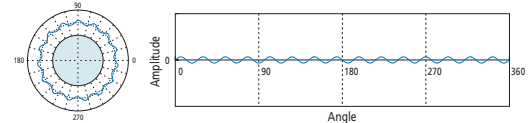
3 - 5 UPR paraméter jelentése: (1) túlzott meghúzási nyomaték alkalmazása a mérőgép befogó tokmányon. (2) maradó alakváltozás a túlzott tokmánymeghúzásnál a szerszámgépen, miután a munkadarab eltávolításra került.



5 - 15 UPR paraméter jelentése: kiegyensúlyozatlansági tényezők a gyártás során. Helytelen megmunkálási módszerre vagy folyamatra utal.



15 - (nagyobb) UPR paraméter jelentése: szerszámrögzítési probléma, szerszámgép káros rezgése, helytelen hűtési eljárás, inhomogén anyagminőség, stb. A munkadarab rögzítésére nagyobb hangsúlyt kell fektetni.





### Keménységmérési módszerek és iránymutatás a berendezések kiválasztásához

| Módszerek                                                                         | Mikro-keménység (Mikro-Vickers) | Mikro felületi karakterisztikák | Vickers | Rockwell | Super-Rockwell | Brinell | Shore | Szivacs, gumi, és műanyag esetén | Hordozható Visszapat-tanás elvén működő |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------|----------|----------------|---------|-------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Anyag</b>                                                                      |                                 |                                 |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| IC tok                                                                            | ●                               | ●                               |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Keményfém, kerámia (vágószerszámok)                                               |                                 | ▲                               | ●       | ●        |                |         |       |                                  |                                         |
| Acél (hőkezelt anyagok, nyersanyagok)                                             | ●                               | ▲                               | ●       | ●        | ●              |         | ●     |                                  | ●                                       |
| Színesfémek                                                                       | ●                               | ▲                               | ●       | ●        | ●              |         |       |                                  | ●                                       |
| Műanyagok                                                                         |                                 | ▲                               |         | ●        |                |         |       | ●                                |                                         |
| Köszörűkő                                                                         |                                 |                                 |         | ●        |                |         |       |                                  |                                         |
| Öntvény                                                                           |                                 |                                 |         |          |                | ●       |       |                                  |                                         |
| Szivacs, gumi                                                                     |                                 |                                 |         |          |                |         |       | ●                                |                                         |
| <b>Alak</b>                                                                       |                                 |                                 |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Vékony lemez (borotva, fémfólia)                                                  | ●                               | ●                               | ●       |          | ●              |         |       |                                  |                                         |
| Vékony film, galvanizált, festett felület (nitrid réteg)                          | ●                               | ●                               |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Kis alkatrészek, tűszerű alkatrészek (karóra, varrógéptű)                         | ●                               | ▲                               |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Nagy minta (szerkezet)                                                            |                                 |                                 |         |          |                | ●       | ●     |                                  | ●                                       |
| Fémes anyag-összetételek (edzett fázisú multi-öntvények)                          | ●                               | ●                               |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Műanyag lemez                                                                     | ▲                               | ▲                               |         | ●        |                |         |       | ●                                |                                         |
| Szivacs, gumilap                                                                  |                                 |                                 |         |          |                |         |       | ●                                |                                         |
| <b>Alkalmazás</b>                                                                 |                                 |                                 |         |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Anyagok fizikai tulajdonságai                                                     | ●                               | ●                               | ●       | ●        | ●              | ●       | ●     | ●                                | ▲                                       |
| Hőkezelési folyamat                                                               | ●                               |                                 | ●       | ●        | ●              |         | ▲     |                                  | ▲                                       |
| Mély-cementálás                                                                   | ●                               |                                 | ●       |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Nemesítés                                                                         | ●                               |                                 | ●       |          | ●              |         |       |                                  |                                         |
| Láng- vagy nagyfrekvenciás edzés                                                  | ●                               |                                 | ●       | ●        |                |         |       |                                  |                                         |
| Edzhetőségi vizsgálat                                                             |                                 |                                 | ●       | ●        |                |         |       |                                  |                                         |
| Hegesztés maximum keménysége                                                      |                                 |                                 | ●       |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Hegesztési keménység                                                              |                                 |                                 | ●       | ●        |                |         |       |                                  |                                         |
| Magas hőmérsékletű edzés (magas hőmérsékleti karakterisztikák, meleg-megmunkálás) |                                 |                                 | ●       |          |                |         |       |                                  |                                         |
| Törési szívósság (kerámia)                                                        | ●                               |                                 | ●       |          |                |         |       |                                  |                                         |

Jelek: ● Alkalmas ▲ Igen alkalmas

### Keménységmérési módszerek

#### (1) Vickers

A Vickers keménység a legszélesebb körben alkalmazott vizsgálati eljárás. Széles körű alkalmazhatóságát a kis terhelés alkalmazásának köszönheti, ahol a terhelés kisebb mint **9.807N** (1kgf). Ahogy a lenti képlet is jól mutatja, a Vickers keménység meghatározható az F (N) terhelőerő és a kontaktfelület S (mm<sup>2</sup>) hányadosaként, amely a behatolótest lenyomatának d (mm, a két átló méretének átlaga) átlója alapján számolható (behatolótest egy  $\theta=136^\circ$  lapszögű piramis). A k egy állandó ( $1/g=1/9.80665$ ).

$$HV=k \frac{F}{S}=0.102 \frac{F}{S}=0.102 \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{d^2}=0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F:N \\ d:mm \end{matrix}$$

A Vickers keménység számítási hibája az alábbi képlettel adott, ahol  $\Delta d_1$ ,  $\Delta d_2$ , és 'a' jelenti a mikroszkóp mérési hibáját, a leolvásás hibáját, és a keletkezett élvonal hibáját. A  $\Delta \theta$  egysége szög.

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d_1}{d} - 2 \frac{\Delta d_2}{d} - \frac{a^2}{d^2} 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

#### (2) Knoop

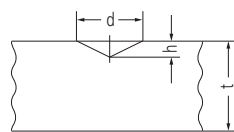
Ahogy a következő képlet is mutatja, a Knoop keménység a lenyomat vetített felületét A (mm<sup>2</sup>) veszi figyelembe, amely a hosszabb d (mm) átló alapján számolható. Itt a behatolótest egy rombusz keresztmetszetű gyémánt gúla (szemközi élszög  $172^\circ 30'$  és  $130^\circ$ ). A Knoop keménység Mikro-Vickers keménységmérő berendezésen is mérhető Knoop behatolótest alkalmazásával.

$$HK=k \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{A}=0.102 \frac{F}{cd^2}=1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F:N \\ d:mm \\ c:\text{állandó} \end{matrix}$$

#### (3) Rockwell és Super-Rockwell

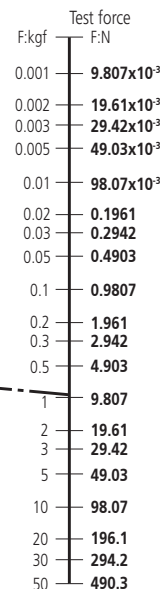
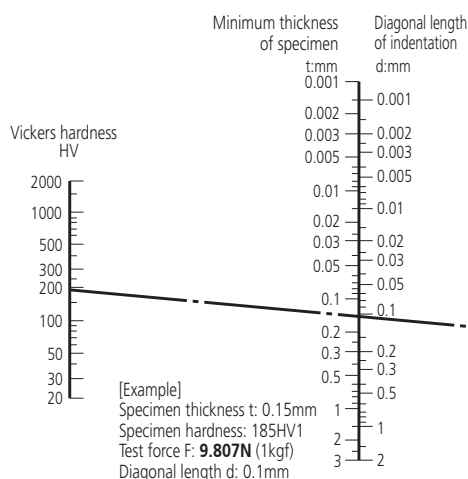
A Rockwell vagy Super-Rockwell keménység esetén minden esetben először előterhelést alkalmazunk, majd azt követi a főterhelés, amely után visszáll az előterhelés. A behatolótest egy gyémántkúp (csúcshög:  $120^\circ$ , csúcshög: 0.2mm) vagy gyémántgömb (acél vagy keményfém golyó). A keménység érték az előterhelés és a főterhelés közötti behatolási mélység különbsége h (μm) alapján számolható. Rockwell esetén az előterhelés 98.07N, Super-Rockwell esetén 29.42N. Az alkalmazott szimbólum megadja a behatolótest típusát, a terhelőerőt és a keménység képletét. A Japanese Industrial Standards (JIS) számos skálát ad meg a kapcsolódó keménységhez.

## Vickers keménység és a minimum mintavastagság közötti kapcsolat

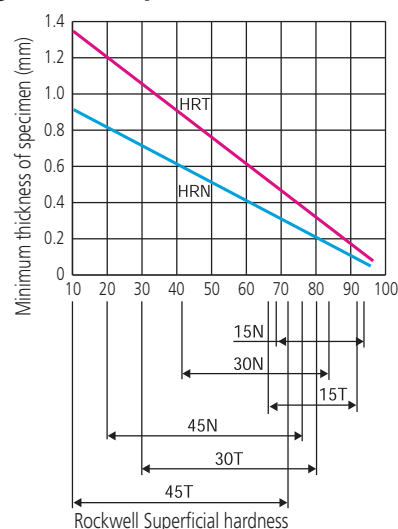
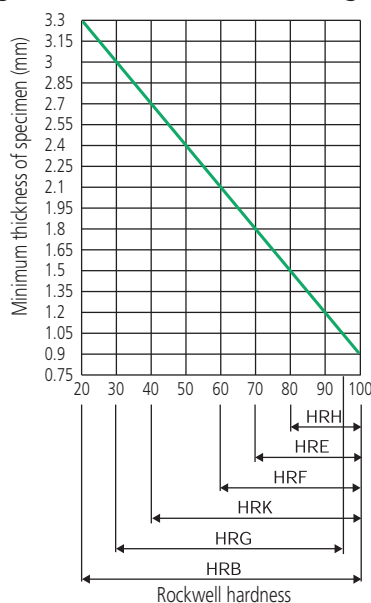
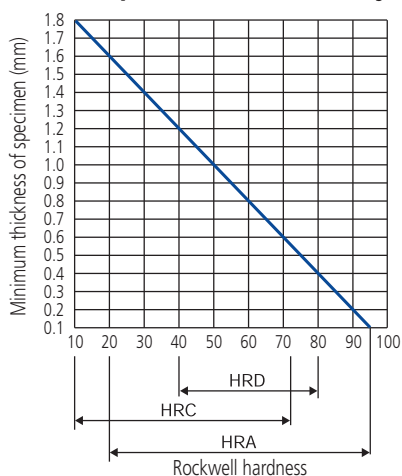


$$HV = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$

$t > 1.5d$   
 $h \approx d/7$   
 t: Thickness of specimen (mm)  
 d: Diagonal length (mm)  
 h: Depth of indentation (mm)



## Rockwell/Super-Rockwell keménység és a minimum mintavastagság közötti kapcsolat



## Rockwell keménység skála

| Skála | Behatolótest           | Erő (N) | Alkalmazás                                                                                           |
|-------|------------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A     | Gyémánt                | 588.4   | Keménység, vékony acéllemez<br>Önkeményedő acél<br>Acél (nagyobb mint 100HRB vagy kisebb mint 70HRC) |
| D     |                        | 980.7   |                                                                                                      |
| C     |                        | 1471    |                                                                                                      |
| F     | Golyó, átmérő 1.5875mm | 588.4   | Csapágyanyagok, lágyított réz<br>Sárgaréz<br>Kemény alumíniumöntvény, berillium-réz, foszfor-bronz   |
| B     |                        | 980.7   |                                                                                                      |
| G     |                        | 1471    |                                                                                                      |
| H     | Golyó, átmérő 3.175mm  | 588.4   | Csapágyanyagok, köszörűkő<br>Csapágyanyagok                                                          |
| E     |                        | 980.7   |                                                                                                      |
| K     |                        | 1471    |                                                                                                      |
| L     | Golyó, átmérő 6.35mm   | 588.4   | Műanyag, vezetők                                                                                     |
| M     |                        | 980.7   |                                                                                                      |
| P     |                        | 1471    |                                                                                                      |
| R     | Golyó, átmérő 12.7mm   | 588.4   | Műanyag                                                                                              |
| S     |                        | 980.7   |                                                                                                      |
| V     |                        | 1471    |                                                                                                      |

## Super-Rockwell keménység skála

| Skála | Behatolótest           | Erő (N) | Alkalmazás                                   |
|-------|------------------------|---------|----------------------------------------------|
| 15N   | Gyémánt                | 147.1   | Vékony, karbid vagy nitrid keménységű acélon |
| 30N   |                        | 294.2   |                                              |
| 45N   |                        | 441.3   |                                              |
| 15T   | Golyó, átmérő 1.5875mm | 147.1   | Vékony lágyacél lemez, sárgaréz, bronz, stb. |
| 30T   |                        | 294.2   |                                              |
| 45T   |                        | 441.3   |                                              |
| 15W   | Golyó, átmérő 3.175mm  | 147.1   | Műanyag, cink, csapágyöntvény                |
| 30W   |                        | 294.2   |                                              |
| 45W   |                        | 441.3   |                                              |
| 15X   | Golyó, átmérő 6.35mm   | 147.1   | Műanyag, cink, csapágyöntvény                |
| 30X   |                        | 294.2   |                                              |
| 45X   |                        | 441.3   |                                              |
| 15Y   | Golyó, átmérő 12.7mm   | 147.1   | Műanyag, cink, csapágyöntvény                |
| 30Y   |                        | 294.2   |                                              |
| 45Y   |                        | 441.3   |                                              |

## Kalibráló hasábok: Terhelőerő Rockwell és Super Rockwell esetén

| No.                  | Rockwell keménység |       |       | Super-Rockwell keménység |       |       |
|----------------------|--------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|
| Előterhelés          | N                  | 98.07 |       | 29.42                    |       |       |
|                      | kgf                | 10    |       | 3                        |       |       |
| Főterhelés           | N                  | 588.4 | 980.7 | 1471                     | 147.1 | 294.2 |
|                      | kgf                | 60    | 100   | 150                      | 15    | 30    |
| Gyémánt behatolótest | A                  | D     | C     | 15N                      | 30N   | 45N   |
| Gömb (coll)          | Ø 1/16"            | F     | B     | G                        | 15T   | 30T   |
|                      | Ø 1/8"             | H     | E     | K                        | 15W   | 30W   |
|                      | Ø 1/4"             | L     | M     | P                        | 15X   | 30X   |
|                      | Ø 1/2"             | R     | S     | V                        | 15Y   | 30Y   |





Koordináta mérőgépek mérési bizonytalanságának ellenőrzésével az EN ISO 10360 szabvány kiterjedten foglalkozik. Mitutoyo arra törekszik, hogy minden körülmények között megfeleljen az aktuális ISO szabványoknak is. E fejezet egy áttekintést ad azokról a paraméterekről, amelyet a Mitutoyo katalógus mérőgépek fejezeteiben találhat.

### Maximum megengedett hosszmérési hiba (MPE) $E_{0,MPE}$ [EN ISO 10360-2]

A szabvány értelmében a koordináta mérőgépek (KMG) mérési eljárása során 7 előre megadott irányban 5 különböző mérési hosszra kell a mérést végrehajtani, ahogy azt a 1. ábra is szemlélteti. Ez összesen 35 mérést jelent, amelyet 3-szori ismétlés mellett kell végrehajtani. Így a teljes mérési folyamat 105 mérésből áll. Ha az eredmények, beleértve a mérési bizonytalanságot azonosak vagy kisebbek, mint a gyártó által megadott specifikáció, akkor a KMG megfelel a gyártó által garantált előírásnak.

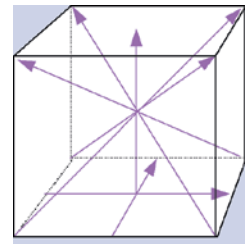
A szabvány megengedi, hogy maximum 5 mérési érték kívül essen a specifikáción (kettő nem-megfelelőség 3-szori ismétlés mellett egy adott pozícióban már nem megengedett). Ha ez az eset áll fenn, akkor további 10-szeres mérési ismétlő ciklust kell beiktatni a releváns pozícióban. Ha mind a 10 eredmény a mérési bizonytalansággal együtt a specifikációs határon belül van, akkor a KMG megfelelő. A mérési bizonytalansági összetevőket mind figyelembe kell venni a maximálisan megengedett mérési hiba meghatározásakor, úgy mint a hossz használati etalon eltéréseit, beállítási hibáját, stb. (Az így meghatározott eredő kombinált mérési bizonytalansági értéknek kisebbnek kell lenni, mint a specifikációban rögzített érték.) A mérési eredmények ábrázolására 3 formátum alkalmazott (egység:  $\mu\text{m}$ ).

$$E_{0,MPE} = A + L/K \leq B$$

$$E_{0,MPE} = A + L/K$$

$$E_{0,MPE} = B$$

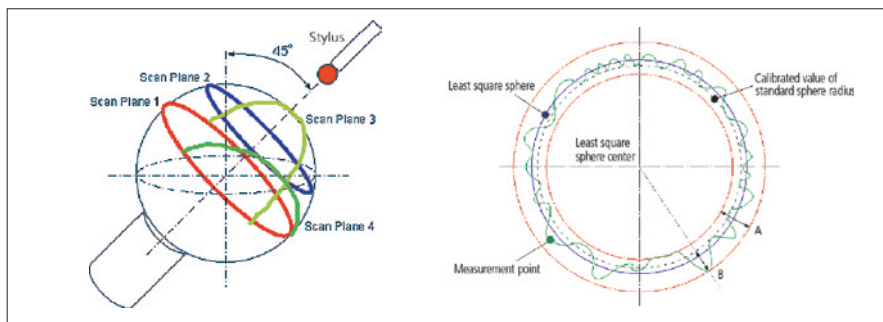
- A: Konstans ( $\mu\text{m}$ ) gyártó által megadott érték
- K: Dimenzió nélküli állandó a gyártó által
- L: Mérési hossz (mm)
- B: Felső határérték ( $\mu\text{m}$ ) a gyártó által



1. ábra Előre definiált mérési irányok a KMG méréstartománya szerint ábrázolva

### Maximum megengedett szkennelés-tapintási hiba $MPE_{THP}$ [EN ISO 10360-4]

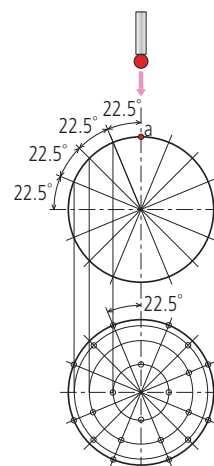
E pontossági előírás szkennelő mérőszennel szerelt KMG-re vonatkozik. A módszer a gömb használati etalon 4 metszeti síkjában végrehajtott szkennelő mérést ír elő, majd a legkisebb négyzetes eltérések módszerével számított gömbközpont alapján kell meghatározni a mérési pontok által közrefogott térrészt (Mért 'A' a 3. ábrán). A legkisebb négyzetes eltérések módszerével számított gömbközponthoz képest kerül meghatározásra a legtávolabbi és legközelebbi pont, amely sugárirányú távolságoknak a használati etalongömb sugarától vett eltérést vizsgáljuk. Az eredő kombinált mérési bizonytalanság meghatározásánál figyelembe kell venni a tapintógömb és az etalongömb mérési bizonytalanságát egyaránt. Ha mindkét számított érték kisebb mint a specifikációban megadott, akkor a szkennelési ellenőrzésünk eredménye megfelelő.



3. ábra Mérési síkok szemléltetése a maximum megengedett szkennelés-tapintási hiba meghatározása esetén

### Maximum megengedett normál tapintási hiba $P_{FTU,MPE}$ [EN ISO 10360-5]

A szabvány értelmében az etalon gömbön előre rögzített pozíciókban mérési pontokat kell felvenni (25 pont a 2. ábra szerint) majd a gömbközpontot a legkisebb négyzetes eltérések módszerével kell meghatároznunk. Ezután kiszámoljuk a mérési pontoknak a számított középponttól vett távolságát, és képezzük az  $R_{max} - R_{min}$  értéket. Az eredő kombinált mérési bizonytalanság meghatározásánál a tapintógömb és az etalongömb mérési bizonytalanságát hozzá kell adnunk a sugárkülönbséghez. Ha a számított érték kisebb mint a specifikációban megadott, akkor az ellenőrzésünk eredménye megfelelő.



2. ábra Rögzített mérési pozíciók a maximálisan megengedett normál tapintási hiba meghatározásához









**Mitutoyo Hungária KFT.**

H-1124 Budapest  
Németvölgyi út 97.  
T +36 (06) 214 - 1447  
F +36 (06) 214 - 1448  
info@mitutoyo.hu  
www.mitutoyo.hu

