

Budapesti Műszaki Főiskola

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai mérnöki Kar

Anyag és Gyártástechnológia Intézet

Gépgyártástechnológiai Szakcsoport

Galla Jánosné – Kis Ferenc

Gépipari minőségellenőrzés gyakorlati útmutató és segédlet

Budapest, 2008

Lektorok:

Dr Palásti Kovács Béla főiskolai tanár

Dr. Szilágyi László ny. főiskolai tanár

Bevezetés

A minőségi szemlélet térhódításával, illetve a minőségirányítási rendszerek bevezetésének terjedésével a méréstechnika jelentősége fokozott mértékben emelkedett.

Termékeink, termék-előállító folyamataink, szolgáltatásaink megfelelősége, a hibák feltárása, a javító, hibamegelőző tevékenységek meghatározása objektíven, pontosan, hatékonyan csak mérési eredmények birtokában és azok feldolgozása útján lehetséges.

A termelésben közvetlenül részt vevő szakemberek számára a minőségügyi rendszerek lehetőségeket és egyben jogokat is biztosítanak a minőségi munka végzésére. A megfelelő minőségű munka igényli a feladatra alkalmas mérési módszer, műszer, mérőgép kiválasztását és szakszerű alkalmazását.

A segédlet célja, hogy a Méréstechnika c. tantárgy ismereteinek birtokában, a gépiparban leggyakrabban előforduló mérési feladatokhoz alapismereteket nyújtó gyakorlatok elvégzéséhez segítséget nyújtson.

Laboratóriumi szabályzat

Általános előírások

- A laboratóriumban dolgozó hallgatók ismerjék és tartsák be a munkavédelmi-, balesetvédelmi előírásokat és a laboratóriumi szabályzatot!
- A laboratóriumba csak a mérés elvégzéséhez szükséges eszközöket (írószer, számológép, füzet) lehet bevinni!
- A laboratóriumban étel és ital fogyasztása tilos!
- A hallgatók a gyakorlatra felkészülten érkeznek. A felkészüléshez felhasználják a segédletet és az ajánlott szakirodalmat!
- A mérési gyakorlatot a hallgatók önállóan vagy csoportosan végzik. Utóbbi esetben az oktató jelöli ki a mérési csoport vezetőjét.
- Ügyelni kell a mérőszoba tisztaságára! Az eszközök használata cérnakesztyűben történik.
- A műszerekkel kapcsolatos bármilyen rendellenességet az oktatónak jelezni kell!
- A mérés befejezése után a mérőeszközöket és a munkadarabokat a kijelölt tároló helyre vissza kell helyezni.

Munka- és balesetvédelmi előírások

- A laboratórium használata során a személy- és vagyonbiztonság figyelembevételével, a legnagyobb gondossággal kell eljárni!
- A mérési összeállításokat használat előtt ellenőrizni kell!
- Áramütéses baleset vagy egyéb veszély esetén a berendezéseket először feszültségmentesíteni kell a főkapcsoló kikapcsolásával.
- Esetleges tűz esetén azonnal értesíteni kell a tűzoltóságot, és ha az a személybiztonság nem veszélyezteteti, meg kell kezdeni a tűz oltását a laboratórium

bejárati ajtaja mellett elhelyezett tűzoltó készülékkel. Elektromos tüzet vízzel oltani tilos!

A mérési jegyzőkönyv kitöltésének és értékelésének módja

- A mérési feladatról készülő jegyzőkönyv a következőket tartalmazza: mérési elrendezés, mérési eredmény, szükséges számítások, időpont, aláírás.
- A mérési jegyzőkönyvet legkésőbb a mérési gyakorlatot követő héten mutatja be a hallgató.
- A jegyzőkönyv elfogadását megelőzően a hallgatók a méréssel kapcsolatos ismereteikről beszámolnak írásban vagy szóban.
- A rendelkezésre álló, az órarendben biztosított idő a jártasság megszerzését természetesen nem teszi lehetővé, ezért a feladathoz való hozzáállást, a minél korrektebb, pontosabb eredményre való törekvést, az igényességet az értékelésnél figyelembe kell venni.
- Egy-egy mérési gyakorlat összes tevékenysége a feladatlapokon feltüntetésre került. A feladatlap úgy került kialakításra, hogy azon a gyakorlat összes számítását, a mérési eredmények bejegyzését, a diagramok elkészítését el lehessen végezni. Egyes kiegészítő számítások, ábrák, feljegyzések a jegyzőkönyv üres hátoldalára vagy külön lapra kerülhetnek.

1. Furatok mérése, ellenőrzése

A mérés célja.

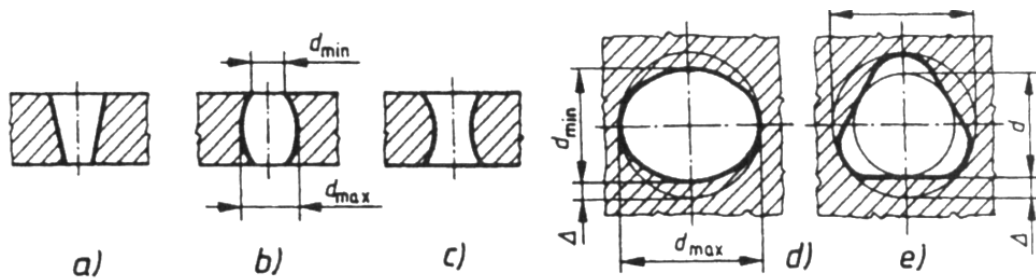
Az egyszerű mechanikus működésű két- és három ponton mérő furatmérő eszközök megismerése, használatuk, a helyes méretre állításuk és leolvasásuk gyakorlása.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

1.1 Furatok mérése

A furatot átmérője és középpontjának helyzete határozza meg. A középpont eltérését a helyzethibák közé sorolva, a furatra jellemző hiba a megadott átmérőtől való eltérés.

A furathibákat – a sugár változását – tengelymetszetben, illetve a tengelyre merőleges metszetben a középponti szög függvényében vizsgálhatjuk. Néhány jellegzetes furathibát mutat az **1.1. ábra**.



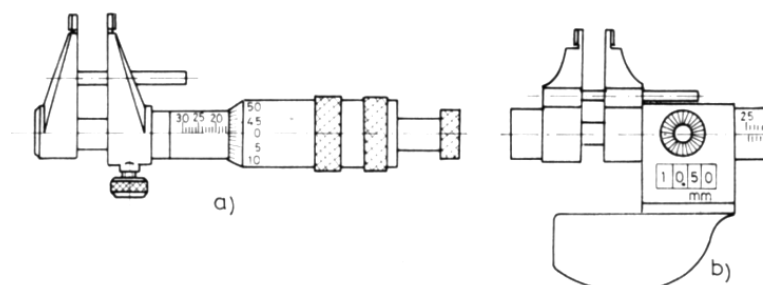
1.1. ábra. Jellegzetes furathibák [1]

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

A mechanikus furatmérő eszközök lehetnek **közvetlen leolvasású** (a normál mikrométer furatmérésre alkalmas változatai) vagy **különbségmérő** (a normál mérőórák furatmérésre alkalmas mérőcsappal ellátott változatai) eszközök. Csoportosíthatók a mérőpofák száma szerint is, így lehetnek **két-** vagy **három ponton mérő műszerek**. Kialakításuk a mérendő furat méretétől függően különböző. A méret kijelzése **analog** vagy **digitális**.

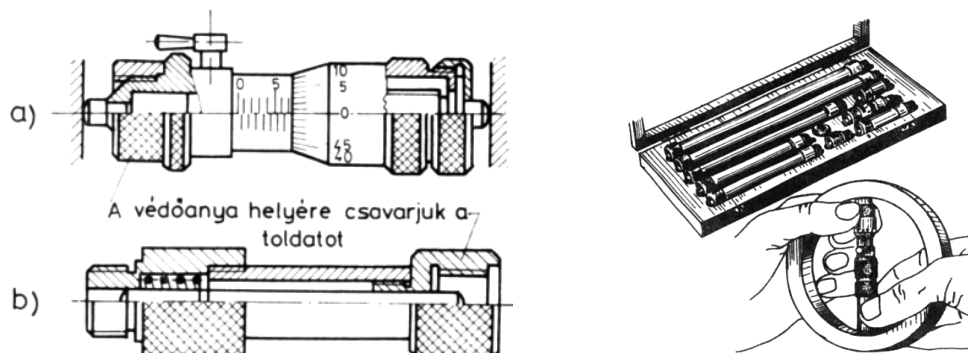
A két ponton mérő furatmérők csak az ovalitást tudják érzékelni, sokszögűségi hibák kimutatására nem alkalmasak. A körháromszögűség (K profil) olyan furathiba (csap esetén is előfordulhat), amelyre jellemző, hogy a furat szemben fekvő pontjai egymástól egyenlő távolságra vannak, de a furat alakja jellegzetesen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

A két ponton mérő **mérőcsőrös furatmikrométer** (**1.2. ábra**) 3 mm (5mm) feletti belső méretek mérésére alkalmas általában 5 ...30 mm vagy 30 ...55 mm mérési tartományban. A mérőfelületek stabil helyzetét vezetőcsap teszi lehetővé. A mérőcsőrök vastagságát a méret leolvasásakor nem kell figyelembe venni, mert a skála ennek megfelelően készül.



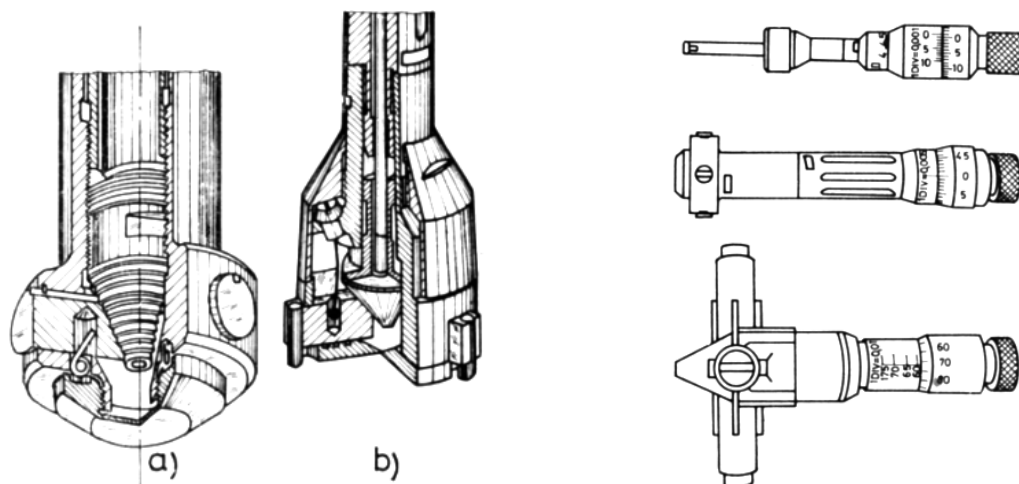
1.2. ábra Mérőcsőrös furatmikrométer [2]

Szintén két ponton mérő a **pálcás furatmikrométer (1.3. ábra)**. Az alpmikrométer mérési tartománya a védőanya helyére csavart hosszabbítókkal bővíthető 50 mm-től akár 1500 mm-re is. Helyes használatkor arra kell ügyelni, hogy a furat tényleges átmérőjét mérjük. Akkor járunk el helyesen, ha a mérőeszköz a furat középvonalára merőlegesen áll és középvonala átmegy a furat középvonalán. Mivel finombeállító nincs a műszeren, a mérőnyomás változhat. Használata nagy gyakorlatot igényel.



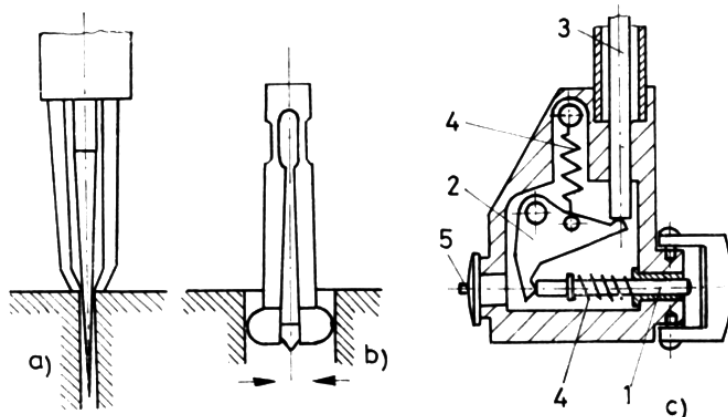
1.3. ábra Pálcás furatmikrométer és használata [1,2,3]

Három ponton mérő furatmikrométereket mutat be az **1.4. ábra**. A mérőcsapok mozgatása lépcsős menettel vagy kúppal történik.



1.4. ábra Három ponton mérő furatmérő mikrométerek [1,2,3]

A **mérőórás furatmérő eszközök** a beállított névleges furatátmérő és a tényleges átmérő közötti különbséget érzékelik. Az **1.5. ábra** a furat-mérőórák mérőfejének leggyakrabban alkalmazott kialakításait mutatja be. Az 1.5. a) ábrán **tűszerűen** kialakított mérőcsap látható, amelyet két oldalról rugós támaszték fog közre. A mérés során a kúpos tűt a furatba helyezzük úgy, hogy a támaszok a munkadarab felületén támaszkodjanak fel. A tapintócsap (tű) elmozdulását mérőóra jelzi ki. A furat szélén felfekvő támaszok alatti sorja vagy leélezés a mérést meghamisítja. Nagyobb furatokat **kúpos** áttételezésű mérőórával mérünk (1.5. b. ábra). A kúp a felhasított, rugózó hüvelyben hengeres nyomórugó hatására mozog. A hüvely alsó része gömb, felső része menettel csatlakozik a mérőóra tartóhoz. A mérési tartomány változtatását a cserélhető hasított hüvelyek teszik lehetővé. 15 ...20 mm-nél nagyobb átmérőjű furatok különbségmérő eszköze lehet a **szögemeltyűs** mérőórás furatmérő. A szerkezet egyszerűsített vázlatát az 1.5. c) ábra mutatja be. Az 1. mozgató tapintó a 2 szögemelőnek támaszkodik, hogy mozgását a mérőóra meghosszabbított 3 csapjának átadja. Az állandó kapcsolatot a két 4 rugó biztosítja. A fej másik 5 mérőcsapja mereven rögzített. A mérési tartomány változtatását itt is a mérőtapintó 5 cseréjével valósítjuk meg. A különbségmérés elvén működő eszközök beállításához (0-ra állítás) ismert átmérőjű un. kalibergyűrűt használunk.



1.5. ábra Furat-mérőórák mérőfejének kialakítása [2]

2. Csavarmenetek mérése

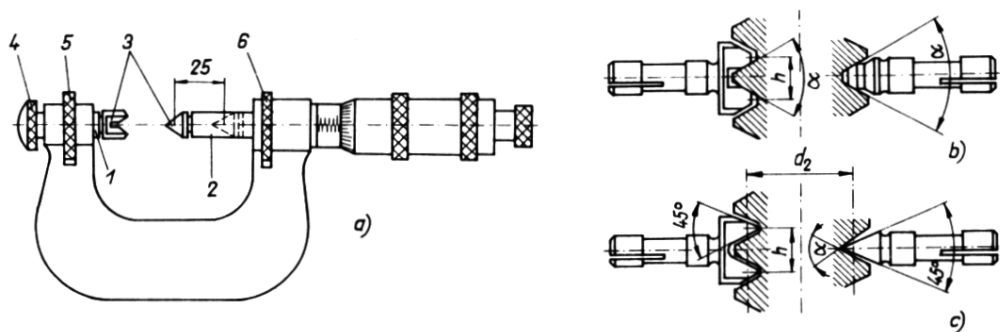
A mérés célja.

A normál métermenet fontosabb jellemzői (középátmérő, menetemelkedés, szelvényyszög, külső átmérő, magátmérő) mérésére, illetve ellenőrzésére alkalmas egyszerű eszközök megismerése, a helyes használatuk, leolvasásuk gyakorlása.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

A csavarmenet legfontosabb jellemzője a **középátmérő**. A mérőeszköz- és mérési módszer választást befolyásolja a mérés pontossága, a mérendő munkadarabok száma.

A **menetmikrométer** (2.1.a. ábra) mérőcsapjaiba a menetemelkedéstől (vagy az 1"-ra eső menetszámtól) függően cserélhető mérőbetétek helyezhetők. A mérés előfeltétele, hogy a mérőbetétek a középátmérőn, ill. annak közvetlen környezetében feküdjenek fel. Ezért minden menetemelkedéshez más betétpár tartozik. A betétpár egy villás és egy kúpos részből áll. A 2.1.b. ábra középátmérő, a 2.1.c. ábra magátmérő mérésére alkalmas menetmérő betéteket mutat. A menetmikrométerek készletben kerülnek forgalomba. Mérési tartománya 0–25 mm, 25–50 mm... stb. A mérés megkezdése előtt a helyes beállításról meg kell győződni. A betétpárokat összeérintjük (25 mm felett a beállító idomszert érintjük), majd a mikrométert nullára állítjuk (a mikrométer mozgató orsójaival szemközti csap is mozgatható).



2.1. ábra Menetmikrométer [2]

Pontosabb mérést tesz lehetővé a **mérőcsapos középátmérő mérés** (2.2. ábra). A méréshez 2 + 1 darab, készletben forgalmazott mérőcsapot használunk. A készlet a menetemelkedéstől függően tartalmazza a mérőcsap párokat. A megfelelő méretű mérőcsapokat a menetszelvénybe helyezük és azokat kívülről érintjük. Ehhez használható pl. mikrométer, hossz mérőgép, optiméter, stb. Az L leolvasott értékből számítással kapjuk a középátmérő méretét:

$$d_2 = L - d_D \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right) + \frac{P}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \text{ métermenetnél: } d_2 = L - 3 d_D + 0,86603 \cdot P$$

A mérőcsapok a névleges elméleti mérettől eltérnek, ezért a három csap átlagos méretével számolunk (d_D). A legkedvezőbb csapméret (a középmátmérőn érinti a menetoldalt): $d_{D0} = P / (2\cos\alpha/2)$.

A mérés során fellépő hibákat korrekciós tényezőkkel vesszük figyelembe, ezek a következők:

K_1 – a mérőcsapok nem merőlegesek a tengelyre, hanem ferdék a menetemelkedés szögének megfelelően.

K_2 – A mérőerő belapolást okoz a meneten és a mérőcsapokon.

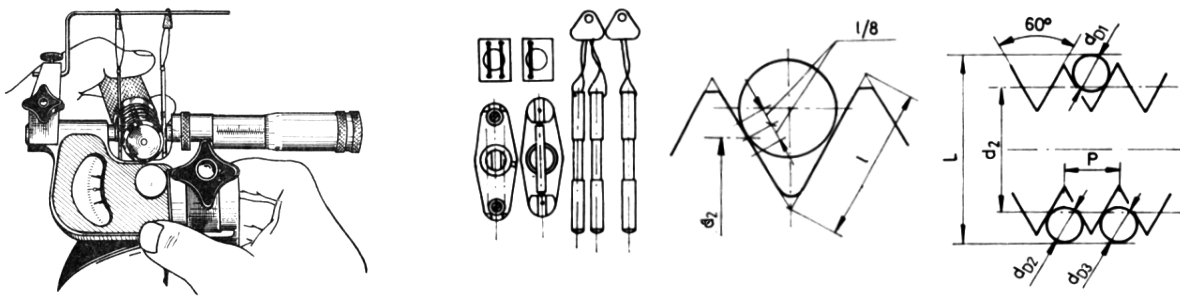
K_3 – A menetemelkedés a valóságban eltér az elméleti értéktől.

K_4 – A mérőcsapok mérete különbözik.

K_5 – A szelvényyszög a valóságban eltér az elméleti értéktől.

A korrekciós tényezők számíthatók. A hibákat algebrailag összegezzük és a d_2 értéket korrigáljuk.

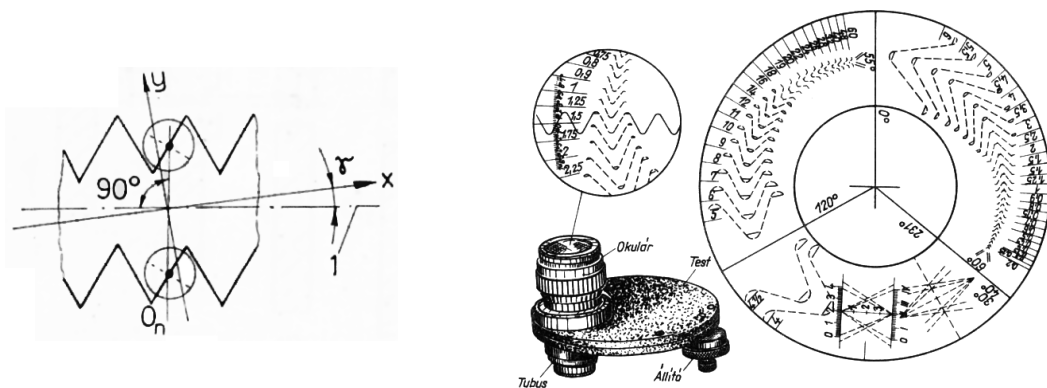
$$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 ; \quad d_2 = l - 3d_D + 0,86603 P + \Sigma K$$



2.2. ábra. Mérőcsapos menetmérés [2, 3]

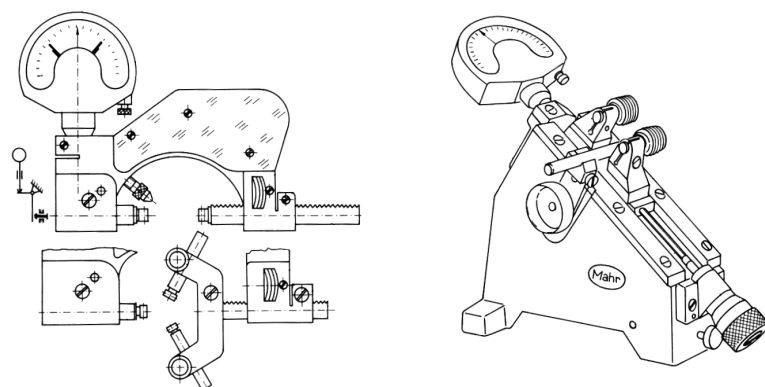
Egyedi méréshez a megfelelő pontosságot adó módszer a **mikroszkópos középmátmérő mérés**, melyet végezhetünk a mikroszkóp szátkeresztjének (2.3. ábra), vagy az un. mérőkések segítségével. Az orsómenetet központosítva, tengelyvonalát koordinátáirányban beállítva helyezzük a mikroszkóp asztalára. A mikroszkóp oszlopát a menetemelkedéstől és középmátmérőtől függően dönteni kell (3. táblázat). Az élesre állított menetszelvényre a szemlencse szátkeresztjével ráállunk úgy, hogy a szátkeresztek metszéspontja a szelvény középső részén legyen. Leolvassuk az asztal helyzetét a mozgató orsóról vagy a digitális kijelzőt nullázzuk. Ezután a szátkereszttel a szemközi menetszelvényre állunk (y irányú elmozdulás), de közben ügyelünk arra, hogy x irányban ne mozdítsuk el a munkadarabot, illetve az asztalt. Az y irányú elmozdulás adja a középmátmérő méretét. Kérőkések segítségével hasonló módon járunk el a mikroszkóp szögmérő okulárját felhasználva.

A mikroszkóp okulár helyére illesztett menetmérő okulár (revolverokulár) (2.3. ábra) testében állítócsavarral forgatható idomlemez található. Az okulárban az idomlemez rajza, mint mérce hasonlítható a tárggyal. A mérés során az idomlemezt az állítócsavarral addig forgatjuk, míg a tárgy az előzőleg élesre állított bevetített körvonalával pontosan fedésbe nem kerül. Az idomlemez típusától függően így közvetlenül határozzuk meg a méreteket. Az ábrán látható idomlemezrel a következő mérések végezhetők: metrikus- és Whitworth menet menetprofil ellenőrzése; kések, marók, trapézmenet mérése; átmérők, szelvényyszög, menetemelkedés, menetmélység mérése; mérőkéses menetmérés.



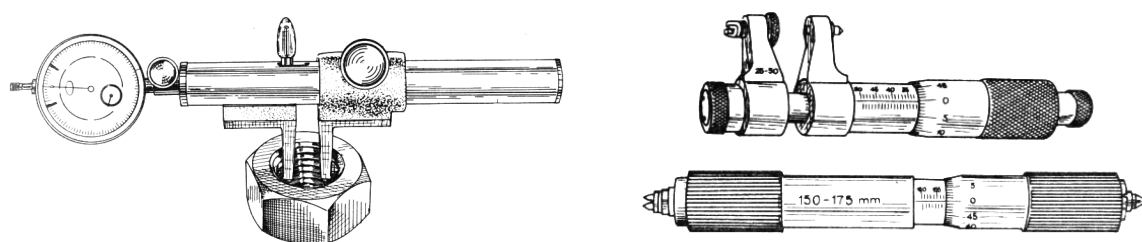
2.3.ábra. Orsómenet középátmérőjének mérése mikroszkópon szálkereszttel, valamint menetmérő okulárral [2, 3]

Nagyobb darabszámú munkadarab mérésére alkalmas eszközöket mutat be a **2.4. ábra**. Ezek közös jellemzője: különbségmérő eszközt alkalmaznak méretérzékelésre, a beállításhoz etalon szükséges, gyorsan cserélhető a vizsgálandó munkadarab, üzemi körülmények között használható.



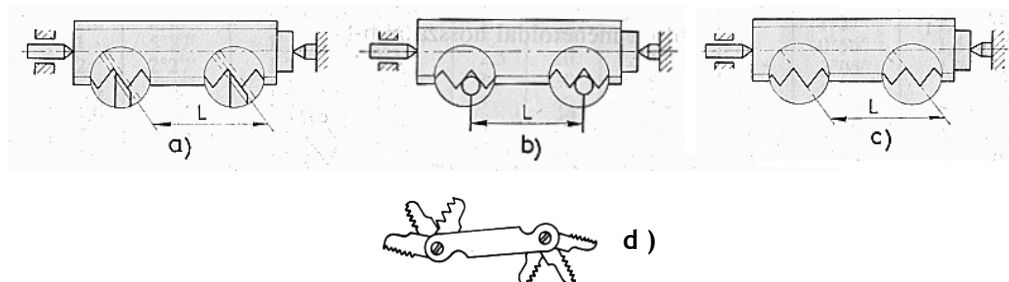
2.4. ábra Gyors mérőkészülékek orsómenet középátmérő mérésére [2]

Az anyamenet középátmérő mérésére használható eszközök a **2.5. ábrán** láthatók.



2.5. ábra Anyamenet középátmérő mérésére alkalmas mérőeszközök [2,3]

A menetemelkedés durva becslése történhet **menetfésűvel** (2.6.d ábra). Pontos mérésre alkalmas a **mikroszkóp**. A mérés elvi vázlatát mutatja be a 2.6.a., b., és c. ábra.



2.6. ábra Menetemelkedés mérése a) mérőkésekkel, b) mérőgömbbel, c) szálkereszttel, d) menetfésű

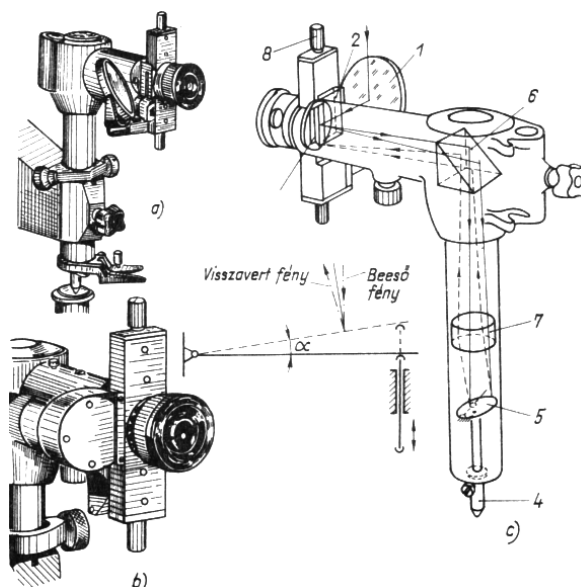
3. Optikai hossz mérő eszközök

A mérés célja.

A gépipari gyakorlatban elterjedten használt optikai hossz mérő eszközök közül az optiméter, a hossz mérő gép, a műhelymikroszkóp és a projektor felépítésének, használatának és az egyetemes műhelymikroszkóp felhasználási területének megismerése.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

Az **optiméter** az optikai finomtapintók csoportjába tartozik. Elsősorban mérőszobai körülmények között nagy pontosságú mérések, kalibrálások végzésére használják kis meghibásodási lehetősége, megbízhatósága miatt. Skálavetítéssel dolgozó műszer, kevés mechanikai elemet tartalmaz. Legnagyobb mérési bizonytalansága: $\pm (0,5 + L_{\text{mm}}/100)_{\mu\text{m}}$. A **3.1. ábra** alapján: a beeső fény az 1 tükrön és a 2 prizmán keresztül világítja meg a skálát. Az ezen átmenő fénysugár a 6 prizma és a 7 gyűjtőlencse irányítása révén az 5, billenő tükörbe ütközik. A tapintócsúcs a tükröt a méretváltozás mértékének megfelelően elbillenti. A ráeső fénysugár ezért 2α szöggel megtörve verődik vissza a 7 gyűjtőlencsére, és így kitérítve kerül a jelző ékkel ellátott 3 homályos üvegre. Mivel a skála a 2 prizma után helyezkedik el, a tükrre érkező fénysugár már tartalmazza a skálát, a tükör ezt is visszaveri. Így a homályos üvegen a mérettől függően mozgó vetített skálát látunk. A 8, 9 csavarokkal a tűréshatárokat jelző vonalak helye is beállítható. Az optiméter osztása $1 \mu\text{m}$, a mérési tartománya $\pm 100 \mu\text{m}$.



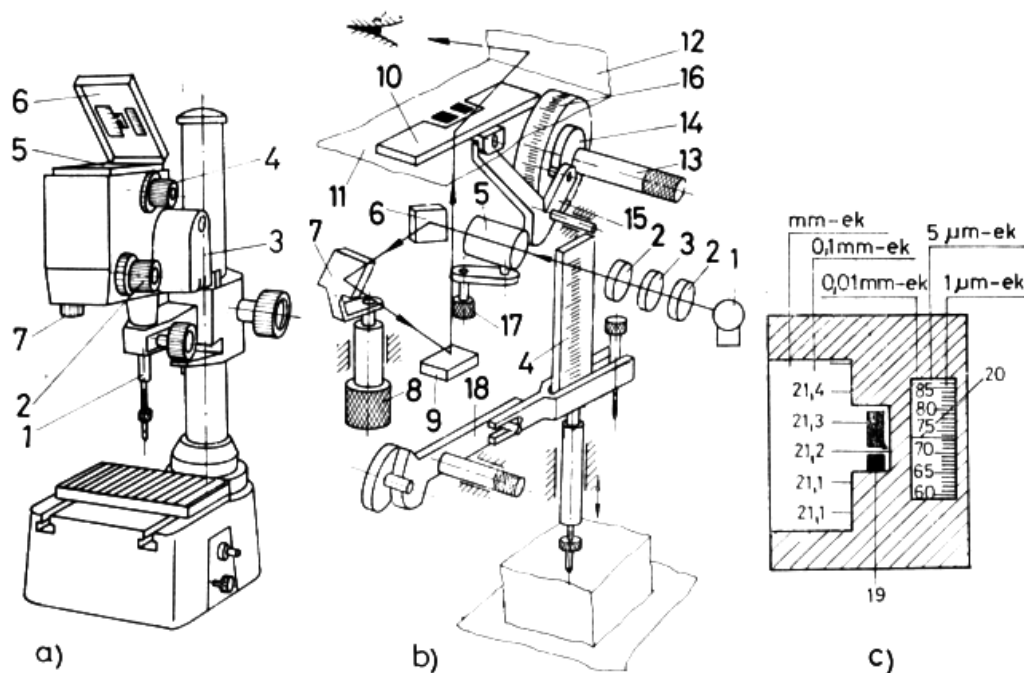
3.1. ábra Optiméter [3]

Az Abbe-féle elv a hossz mérő gépek szerkesztésének alapelve. A **függőleges hossz mérő gép** **3.2. ábrán** látható változata (Premisura, Microprem 225) $0,001 \text{ mm}$ leolvasást biztosít. Mérési tartománya $0 \dots 28 \text{ mm}$, az üvegmérce osztása $0,1 \text{ mm}$, a mikrométerskála osztásértéke $0,001 \text{ mm}$. A mérőerő $0,5 \text{ N}$, a maximális mérhető méret 100 mm .

A munkadarab asztalra helyezésekor (3.2.a. ábra) az 1 tapintócsapot a 2 kiemelő fejjel mozdítjuk el. A 3 lámpaházban elhelyezkedő megvilágító egység adja a szükséges fényt. A méretet a 4 mikrométer csavarral állítjuk be, és az az 5 matt üvegre vetítve jelenik meg. A leolvasás megkönnyítésére ez a 6 vetítőtükörről olvasható le. A nullázás a 7 csavarral történik.

A 3.2.b. ábra a hossz mérő gép szerkezetét, a c. ábra a méret leolvasást mutatja be.

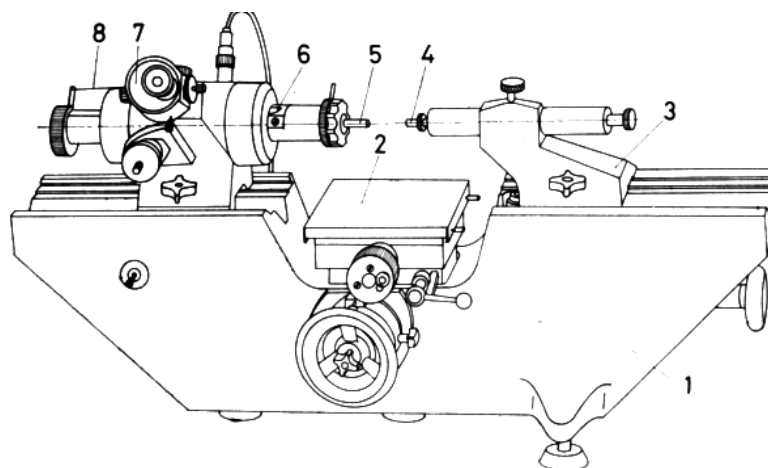
(A 3.2.b. ábra jelölései: 1 – izzó, 2 – kondenzor, 3 – színszűrő, 4 – üvegmérce, 5 – objektív, 6-7-9 – tükör, 8 – nullázó gomb, 10 – jelzővonal/rést tartalmazó maszk, 11 – matt üveg, 12 – értékelő tükör, 13 – tengely, 14 – vezérpálya, 15 – szögemelő, 16 – dobskála, 17 – excenter, 18 – mérőnyomást biztosító mechanizmus.)



3.2. ábra Függőleges hossz mérő gép [2]

Az **egyetemes hossz mérő gép** vízszintes irányú mérések végzésére alkalmas (3.3. ábra). A mérő gép 1 állványa merev kialakítású, középen helyezkedik el a 2 tárgyasztal, mely függőleges- és keresztirányban állítható. Az állvány jobb oldalán a 4 tapintócsappal ellátott 3 nyereg található. Mérés előtt a nyeret az állványon rögzíteni kell. Az állvány bal oldalán van a Abbe-féle mérőelem (6). Az üvegből készült, 1 mm-es osztású Abbe mérce a 7 spirálmikroszkóppal olvasható le. Az 5 tapintócsap az Abbe mérce folytatása. A mérőnyomást ellensúly biztosítja.

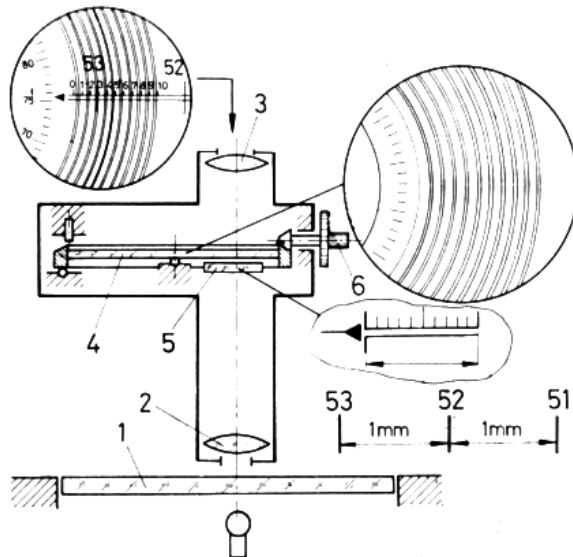
A mérés kezdetén a mérőgépet nullára állítjuk, miközben a tapintócsapok összeérnek. A munkadarabot a tapintócsapok (4, 5) közé helyezzük. Kiegészítő tartozékok felhasználásával mérhető síklapú test és forgástest külső mérete, furatméret mérőnyomással és kisméretű (20 mm alatt) furat 0 mérőnyomással, orsómenet középátmérője mérőcsapokkal, anyamenet középátmérője mérőgömbökkel. A mérés során a pontszerű érintkezést biztosítani kell.



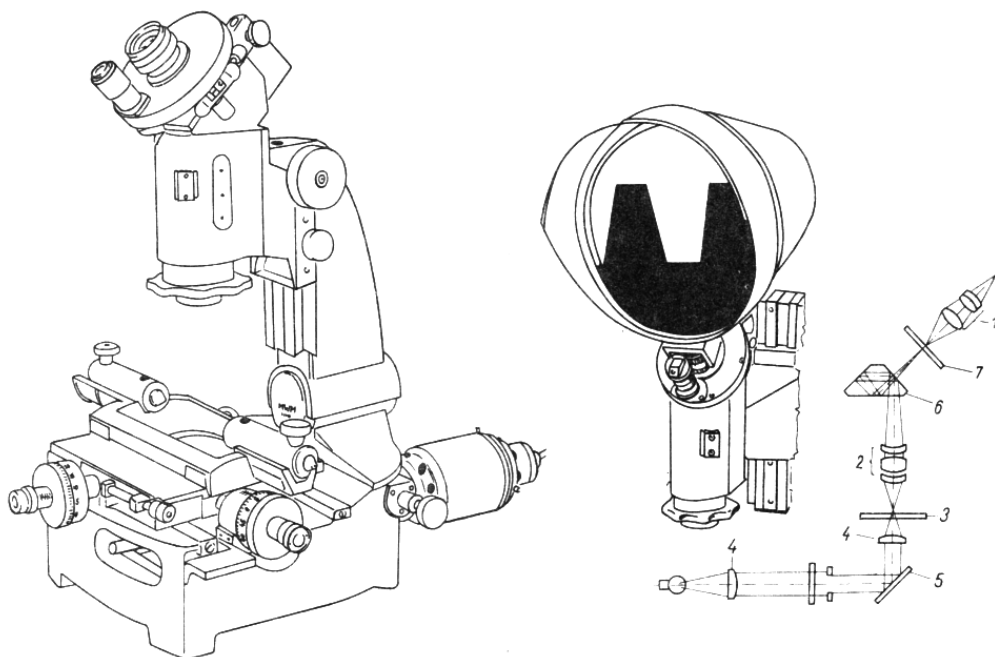
3.3. ábra Vízszintes hossz mérő gép [2]

A 3.4. ábra a leolvasást biztosító spirálmikroszkóp felépítését mutatja be. A főosztások az Abbe mérce egész (egy) mm-es osztásai. A 2 tárgylencse az osztásokat a 3 szemlencse síkjába vetíti. A spirálmikroszkóp 4 forgatható idomlemezén kettős vonalú tízmenetes archimédeszi spirál (kettős) van, melynek menetei egymástól 0,1 mm távolságra esnek. Így a 10 menet 1 mm hosszú fog közre. A látómezőben lévő nyíl alakú skála (álló) 0,1 mm osztásokat

tartalmaz, 1 – 10 számozással ellátva, itt olvassuk le a tized millimétereket. A nyíl rámutat a spirált tartalmazó idomlemezen körben elhelyezkedő 100 osztás valamelyikére, melyek a század és ezred milliméter leolvasását teszik lehetővé. Méréskor a 6 állítógombbal a spirállemez addig kell forgatni, amíg a kettős spirál a főosztás egész milliméteres osztását közre nem fogja. A közrefogott főosztás adja az egész mm értékét. A nyílon található osztások közül a főosztást közvetlenül megelőző érték a tized mm és a nyíl rámutat a század és ezred mm értékére. A spirálmezőben mindig csak egy főosztás található. A spirálmikroszkóp tárgylencsét tartalmaz, mely az Abbe-mérce egész mm osztásait tekinti tárgynak, ezért nevezzük mikroszkópnak és nem okulárnak.



3.4. ábra Spirálmikroszkóp [2]



3.5. ábra Műhelymikroszkóp [3]

A hosszmerésekre alkalmas **mikroszkópok** fő szerkezeti egységei: merev állvány (mikroszkóp test és oszlop konzollal); optikai rendszer megvilágítással; tárgytartó asztal a tartozékaival; korszerű típusoknál kiértékelő egység.

A **3.5. ábrán** látható műhelymikroszkóp x-y koordináta-, menet-, szög-, alak-, és hosszmerésekre alkalmas. Az asztalt mindkét koordináta irányban egy-egy beépíthető mikrométer (0-25 mm) segítségével tudjuk mozgatni. Az elmozdulás mértéke növelhető

mérőhasábok segítségével mindkét irányban. A leolvasás 1/100, vagy 1/1000 mm. A nagyítás mértéke az objektívek cseréjével változtatható a feladatnak megfelelően (általában 10, 30, 50 vagy 100-szoros). A méréshez cserélhető okulárokat, valamint vetítőernyőt is használunk.

A mérendő tárgy a 3 üveglapos asztalon helyezkedik el, melyet alulról a 4 kondenzorokkal párhuzamosított fénysugár az 5 tükör közvetítésével megvilágít. Az alsó megvilágítással a mikroszkóppal az üveglapra helyezett tárgy árnyékképét vizsgáljuk (árnyékkép eljárás). A tárgy árnyékképe a 2 tárgylencsén a 6 pentaprizmán keresztül az 1 szemlencsébe jut. A szemlencse alatt helyezkedik el a 7 szátkeresztes üveglemez, mely tengelye körül forgatható és a méretre állítást teszi lehetővé.

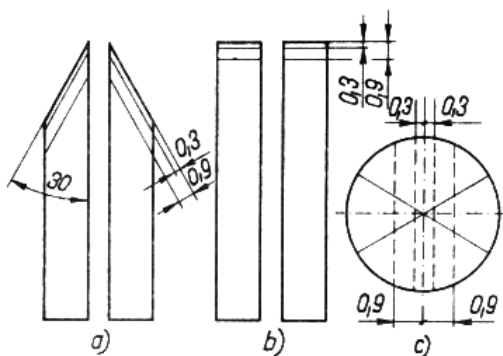
A tárgyasztal kereszt- és hosszirányban mozgatható és körbeforgatható, az elfordítás mértéke leolvasható. A munkadarabot az üvegasztalra fektetve, prizma vagy csúcsok közé fogadjuk. A kisebb méretű darabok biztos rögzítésére leszorítókat használunk.

A helyes méréshez két alapvető feltételt kell betartani. A mérést mindig a mérendő felület **élesre állításával** kezdjük. A másik feltétel az asztalt mozgató mikrométerek **irányváltási hibájának kiküszöbölése**.

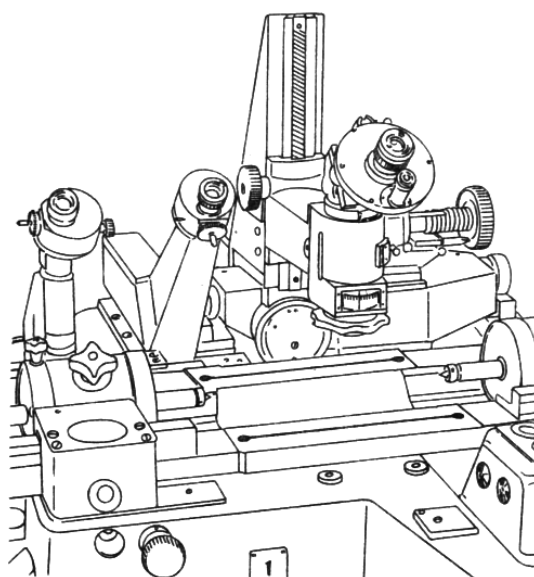
Méréskor a mérendő felületet fedésbe hozzuk a szátkereszttel, leolvassuk a mikrométer által mutatott értéket (L_1), vagy nullázzuk a digitális kijelzőt. Ezután az asztalt addig mozgatjuk, amíg a szátkereszt a mérendő felület másik szélével fedésbe nem kerül. Az elmozdulás mértéke a mért méret.

A műhelymikroszkóp tartozékai: vetítőernyő, csúcsok, csúcsbakok, prizmák, cserélhető okulárok, mérőkések, leszorítók.

Az árnyékkép eljárás forgástestek nagy pontosságú mérését nem teszi lehetővé az élesre állítás bizonytalansága miatt. Ezért mérőkéseket (3.6. ábra) használunk, melyek kialakítása kétféle lehet: tompa (egyenes) a kúpok, hengeres- és sík felületek mérésére, és 30° -os csúcshögű a menetek mérésére. A mérőkéseket a munkadarabhoz érintjük (csúcsmagasságban), a helyes beállítást fényrés módszerrel ellenőrizhetjük az alsó megvilágításnál. A kések felső felületén karcok találhatók (ezek 0,3 mm és 0,9 mm távolságai megegyeznek a szögmérő okulár szátkeresztje melletti vonalak középvonalától mért távolságaival), melyeket az ún. **rávillágítás módszerrel** világítunk meg. A mérőkést akkor állítjuk be helyesen, amikor a fényrés eltűnt. A mérőél ekkor egyenletesen felfekszik a mérendő felületen. A mérés ezután megegyezik a hossz-mérésnél leírtakkal.



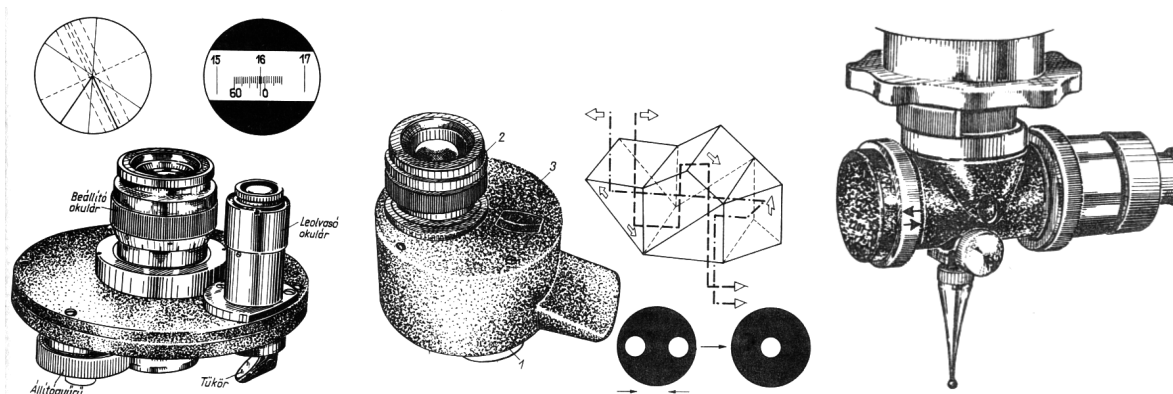
3.6. ábra Mérőkések mikroszkópos méréshez [3]



3.7. ábra Egyetemes mérőmikroszkóp

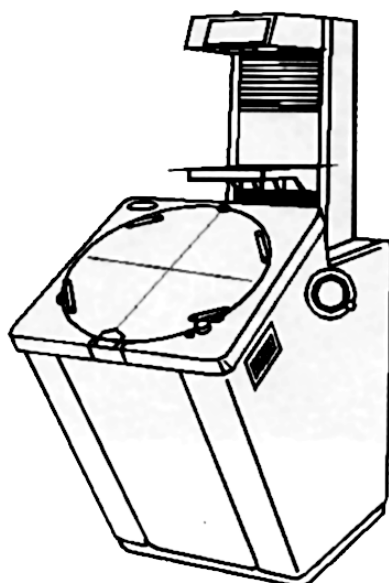
Az **egyetemes mérőmikroszkóp** hossz- (0 – 200 mm) és keresztirányú (100 mm) elmozdulását optikai leolvasóberendezéssel (üvegmérce és spirálmikroszkóp) olvassuk le (1/1000 mm). A berendezés alkalmas árnyékképes és mérőkéses mérésre egyaránt, azaz vele külső és belső, hengeres és kúpos, valamint sík felületek, szögek, menetek, fogaskerek, vezértárcsák, bütökös tengelyek, alakos kések, alakos szerszámok mérete ellenőrizhető. A mikroszkópon ütésvizsgálat (központosság ellenőrzése) is végezhető. A mérést projektorenyő könnyíti meg.

A 2.3. ábra a mikroszkóphoz tartozó menetmérő okulárt mutatta be. A 3.8. ábrán látható szögmérő okuláron két szemlencse található, középen, az ún. beállító okulárban szálkeresztet látunk és segédvonalakat. A szélén elhelyezkedő leolvasó okuláron a szögértékek olvashatók le 1' pontossággal. A kettőskép okulár furatok, szimmetrikus idomok méretközepének beállítására alkalmas tartozék. Az optikai szögtapintó jellemző használati területe: lépcsők, párhuzamosság mérése vezetékeknél, térbeli felületek, körívek- sugarak mérése, osztás és kúposág mérés, alakmérés vezértárcsán, stb.



3.8. ábra Optikai leolvasó és értékelő berendezések

A **projektorok** olyan optikai vetítőberendezések, melyekben a mérendő tárgy nagyított, vetített képét összehasonlítjuk az azonos nagyítású rajzával.



3.9. ábra Projektor

4. Fogaskerek mérése és minősítése

A mérés célja.

A gyakorlat célja ismeretlen pontossági osztályú fogaskerék minőségének meghatározása egyszerű eszközökkel. A vizsgálat során a kinematikai hibát, illetve ennek alapján a fogaskerék pontossági osztályba sorolását és az illesztési fokozatot állapítjuk meg. A gyakorlat során bemutatásra kerülnek a mérőszobában rendelkezésre álló fogaskerékmérő eszközök is.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

A fogaskerekkel szemben támasztott követelmények (egyenletes járás, zajtalan járás, terhelhetőség, stb.) határozzák meg a fogaskerek minőségi előírásait és ennek következtében az ellenőrzés módszerét is.

A hengeres fogaskerekeket a szabvány 12 pontossági osztályba sorolja (DIN 3961, DIN3962, valamint a visszavont MSZ 641). Az MSZ szabvány az 1. és 2. pontossági osztályokra adatokat nem tartalmaz, a DIN szabvány igen. Az alacsonyabb pontossági osztályú kerekék tűrésértékei kisebbek, ezek pontosabbak.

A DIN 3961 szabvány funkciók szerinti csoportosítását az alábbi táblázat foglalja össze. A jobb oldali oszlop az adott funkcióhoz tartozó fontosabb eltérések jelölését tartalmazza.

Jel	Funkciócsoport	Fontos eltérések
G	A mozgásátvitel egyenletessége	$F_i'; f_i'; F_p; F_i''; F_r; f_i''$
L	Nyugodt járás és dinamikus hordozóképesség	$f_i'; f_p; (f_{pe}); f_i''; F_f; f_{H\alpha}; F_p; (F_r)$
T	Statikus hordozóképesség	$f_{pe}; f_{H\alpha}; TRA$
N	Előírás nélküli működés	$F_i''; f_{H\beta}; F_f; f_i''$

Jelölések: F_i' - összegzett egyprofilos gördülőhiba (a hajtás kinematikai hibája); f_i' - helyi kinematikai hiba (egyprofilos gördülőhiba); F_p - összegzett osztáshiba; F_i'' - kétprofilos gördülőhiba (a mérési tengelytávolság változása a kerék egy fordulatára; F_r - a fogkoszorú radiális ütése; f_i'' - kétprofilos gördülőhiba egy fogon; f_p - helyi osztáshiba (egy fogra); f_{pe} - kapcsolódó osztás eltérés; f_u - osztáslépés eltérés; F_f - összegzett profilhiba; $f_{H\alpha}$ - a profil szögeltérése.

Az MSZ 641 szabvány a működési feltételek szerint csoportosította az azonos osztályt minősítő jellemzőket, a hibákat és az ezzel kapcsolatos vizsgálati módszereket. A működési feltételek a következők:

- kinematikai pontosság
- egyenletes járás
- fogérintkezés
- foghézag.

A **kinematikai pontosságot jellemzi:** a hajtás kinematikai hibája ($F_{i0}' = F_{i1}' + F_{i2}'$); a fogaskerék összegzett kinematikai hibája ($F_i' = F_p + f_r$); a kerék k számú osztására vonatkoztatott összegzett kinematikai hibája ($F_{ik} = F_{pk} + f_i$); az összegzett osztáshiba (F_p); az összegzett osztáshiba k osztásra (F_{pk}); a fogkoszorú radiális ütése (F_r); a lefejtés hibája ($F_c = F_{vw}$); a többfogméret ingadozás (F_{vw}); kétprofilos gördülőhiba (F_i'').

Az **egyenletes működésre jellemző:** a hajtás helyi kinematikai hibája (f_{i0}'); a kerék helyi kinematikai hibája (f_i'); ciklikus hiba (f_{zk}); osztókörü osztás (f_{pt}); alaposztás (f_{pb}); profilhiba (f_f); kétprofilos gördülőhiba egy fogra (f_i'').

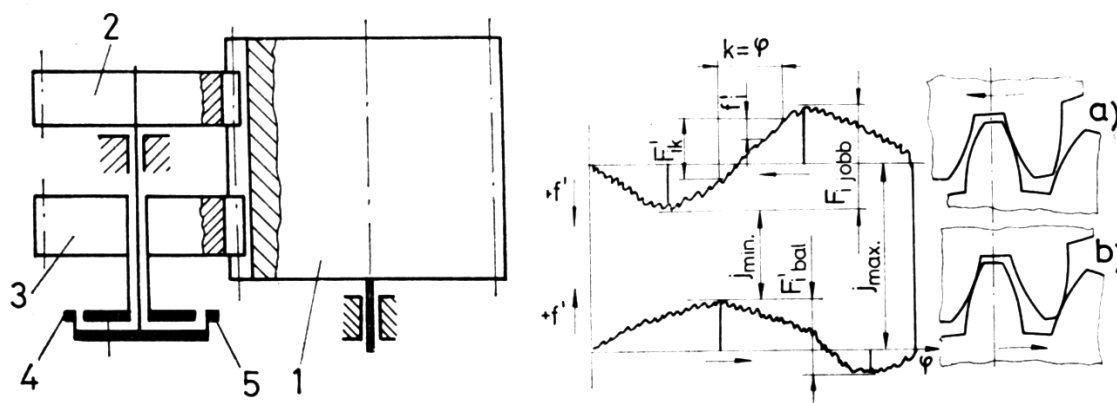
A **fogkapcsolódást jellemzi**: az alaposztás hibája normál metszetben (F_{pxn}); a kapcsolóvonal összegzett hibája (F_k); fogirányhiba (F_β); tengelypárhuzamossági hiba ($f_x = F_\beta$); tengelykitérési hiba ($f_y = 0,5 F_\beta$).

A **foghézaggal összefügg**: a legkisebb (normál) foghézag ($j_{n \min}$); a tengelytávolság határeltérése (f_a); az alapprofil legkisebb járulékos eltolódása (E_{HS}).

A fogaskerek hajtóművek kerekeinek párosításakor hat illesztési fokozatot (A, B, C, D, E, H) és nyolc oldalhézag tűrést (x, y, z, a, b, c, d, h) határozott meg a szabvány. A foghézag illesztési foka a tengelytávolság tűréseivel szorosan összefügg. A tengelytávolság pontossági minősítésére hat római számmal jelölt osztályt javasolt a magyar szabvány. Az ISO szabvány a tengelytáv tűrést a fogvastagsághoz köti.

A fogaskerek vizsgálati módszerei: a korszerűbb komplex ellenőrzési módszer és a szimplex (egyedi hibákat feltáró) ellenőrzési módszerek.

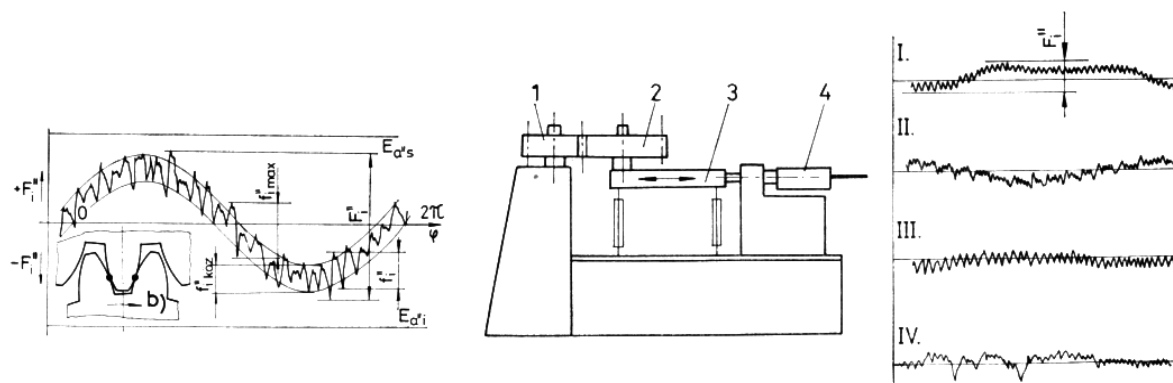
4.1. Komplex vizsgálat az egyoldalas és a kétoldalas összegördítő vizsgálat. Az egyoldalas vizsgálattal a kerék, illetve hajtás kinematikai hibáját (szögsebesség ingadozását), a kétoldalas vizsgálattal a mérési tengelytávolság ingadozását mérjük.



4.1. ábra Egyprofilos összegördítő készülék elvi vázlata és diagramja [2]

Az egyoldalas (**egyprofilos**) **összegördítés vizsgálat** a kinematikai hiba kimutatására alkalmas. A **4.1. ábra** mutatja a berendezés elvi vázlatát és a vizsgálat diagramját. Az 1 hajtókerék hajtja a 2 munkadarabot és a 3 mesterkereket. A vizsgálandó kerék tengelye a mesterkerék csőtengelyén halad át. A 4, 5 leolvasó berendezés a mérendő kerék és az etalon kerék szögsebesség ingadozásának különbségét érzékeli, eltérés esetén. A vizsgálat megkezdésekor a készüléken az elméleti tengelytávolságot be kell állítani. Ez a vizsgálat közelíti meg leginkább a valóságos kapcsolódást. Jobb és bal irányban forgatva a fogaskereket a fogaskerek valamennyi hibája együttesen szerepel a felvett diagramon. Az összegördítést mindkét irányban elvégezve két diagramot kapunk. A jobb és baloldali diagram közötti tengelytávolság a közepes foghézagnak felel meg. A diagramból a legkisebb és a legnagyobb foghézag is leolvasható ($j_{n \min}$ és $j_{n \max}$).

A komplex vizsgálatok másik területe a **kétfprofilos összegördítő vizsgálat (4.2. ábra)**. A 2 mérőkerék és az 1 mérendő kerék oldalhézag nélkül kapcsolódik 3 rugóerő hatására. Egy körülfordulás alatt a 4 induktív villamos finomtapintóval észlelt tengelytávolság ingadozásaként jelentkező eltérés gyakorlatilag a geometriai ütést, a fogosztás egyenlőtlenségét, a fogvastagság hibáját tartalmazza. Az ábrán a I. jelű diagram az alapdiagram, a II. esetében az alapkör hibás, a III. diagram szerint a fogalak hibás, míg a IV. esetben osztáshibás a fogaskerék. Mérőkerékként használhatunk mesterkereket, munkakereket vagy etalon csigát.



4.2. ábra Kétprofilos összegördítő vizsgálat és diagramja [2]

4.2. Az egyedi hibákat feltáró módszerek

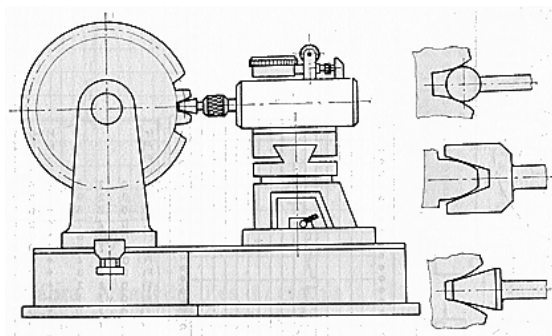
A kinematikai hibát elsősorban egyoldalas összegördítő vizsgálattal lehet megállapítani. Ha ez nem valósítható meg (a mérőkészülék, mely költséges, nem áll rendelkezésre, a kis darabszám nem indokolja a költséges mérést, stb.), akkor a minősítésre alkalmas helyettesítő méréseket is el lehet végezni. A gyakorlat során a radiális hiba (F_r) és a többfogmért ingadozás (V_w) alapján végezzük a minősítést.

A mérés elvégzéséhez megállapítjuk a fogszámot és lemérjük a fejkör-átmérőt. Ebből a két adatból meghatározzuk a valószínű modult. Ezt az értéket összehasonlítjuk a szabványos modulsorral (a fejkör pontatlansága miatt a „valószínű” modul kis mértékben eltér a szabványos modul értéktől) a kerék valódi moduljainak megállapítása érdekében.

A modul $m = \frac{d_a}{z + 2}$; az osztókör átmérője $d = m \cdot z$.

A **radiális hiba** meghatározása során a fogaskereket csúccsal rendelkező mérőóra állványba (körfutás-ellenőrző pad) helyezük, a fogárokba mérőcsapot teszünk. A mérőcsap átmérője lehetőleg $t/2$ (t – osztás) közeli érték legyen. A mérőcsap felső alkotójához sík végű $1 \mu\text{m}$ -es osztású mérőórát érintünk és kinullázzuk. Ez lesz az első mérési hely. Az első mérési helyét a fogaskeréken megjelöljük. Amennyiben a mérést erre a célra kialakított készülékkel végezzük, akkor a mérőórához tartozó, cserélhető, gömbös végződésű tapintócsap sorozatból választjuk ki a megfelelő átmérőt ($t/2$ közeli érték).

A mérőcsapot (vagy mérőgömböt) egymás után valamennyi fogárokba behelyezve sorra mérjük a kiindulási helyzettől való eltéréseket. A mért értékeket táblázatban rögzítjük. Megrajzolható a radiális ütés diagramja is, ennek vízszintes tengelyén a fogszám, függőleges tengelyén az eltérés ábrázolható.



4.3. ábra Fogkoszorú radiális ütésének mérése [2]

A fogaskerék radiális hibája F_r a mérőóráról leolvasott legnagyobb és legkisebb eltérés különbsége. A megfelelő szabvány táblázatából kikeressük az F_r mért adathoz tartozó pontossági osztályt (4. vagy 5. táblázat).

Példa:

$z = 20$, $m = 2$ mm. A mért értékek: 0; 6; 13; 15; 20; 16; 12; 10; 9; 5; 0; -3; -3; -7; -2; 0; 4; 6; 9; 2 μ m. A kerék radiális hibája: $20 - (-7) = 27$ μ m. Pontossági osztály: 7.

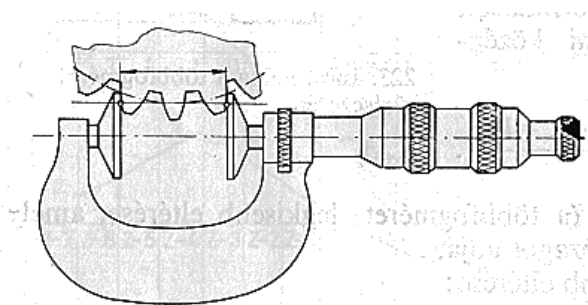
A **többsfogmért ingadozásának mérése** a következő feladat. Először megállapítjuk a közrefogandó fogak számát (**6. táblázat**) (szabványból, vagy $k = z/9 + 0,5$ összefüggés alapján, felfelé kerekítve). Az első mérési helyen nullázzuk a többsfogmérő mikrométert (tárcsás mikrométernek is nevezik), majd az ehhez viszonyított eltéréseket a kerék körbemérésével megállapítjuk. A mért értékeket célszerű táblázatban rögzíteni. Ezt követően megállapítjuk az ingadozás nagyságát, mely a mért legnagyobb és legkisebb eltérés különbségével egyenlő. Táblázatból kikeressük az ingadozáshoz tartozó pontossági fokozatot.

A többsfogmért ingadozás nem függ a geometriai külpontosságtól. A többsfogmért ingadozása a kinematikai hibát jól jellemzi.

A **többsfogmért átlagértékét** a fogkoszorún mért többsfogmértékek számtani átlaga adja:

$$W_m = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_z}{z}. \text{ Ennek tűrése a közös normális (többsfogmért) legkisebb eltérése,}$$

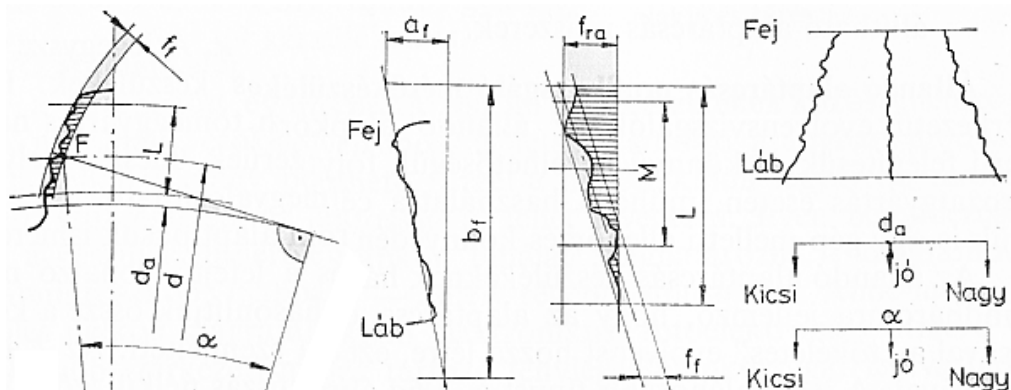
amely a hajtásban a legkisebb oldalhézagot adja. Az átlagérték legkisebb eltéréseinek jele: E_{Wms} . A közös normális átlagos hosszának legkisebb eltérése (a tűrés felső határértéke) két összetevőből határozható meg, a szabvány táblázata ezeket I és II összetevőként tartalmazza.



4.4. ábra Többsfogmért mérése [2]

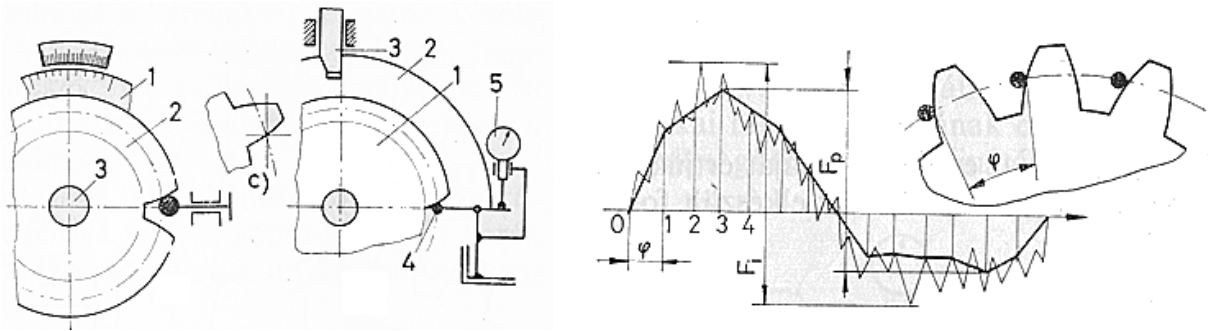
A következőkben a fontosabb mérési módszereket és méréseket összefoglalva ismertetjük, bővebb információ a felsorolt **[2 és 3] szakirodalomban** található.

A **profil mérése** során arról győződünk meg, hogy a fogaskerék dolgozó fogoldala mennyire közelíti meg az elméletileg előírt profilt. A hibát a görbéhez illesztett két elméleti evolvens görbe közötti távolság (**4.5. ábra**). A mérés eszköze: a profilvizsgáló mérőkészülék. Egyszerűbb módszerek pl.: idomszer, projektor, mikroszkóp. A mérőkészülékkel felvett diagram kiértékelésével (3.5. ábra b, c, d) tájékoztatást kapunk az f_f profilhibáról, a fogazat érdességéről és a fogazási alapkör helyességéről.



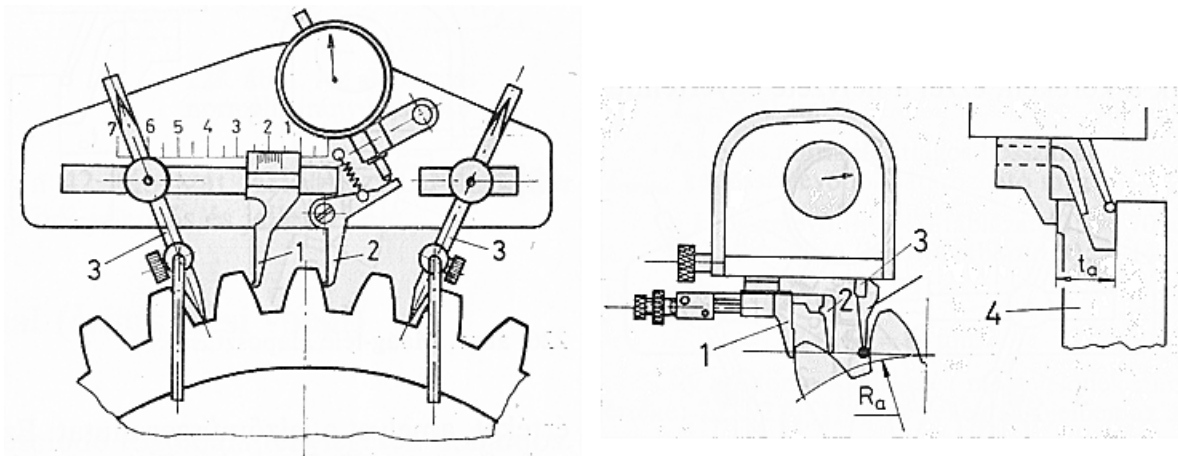
4.5. ábra A profilhiba értelmezése [2]

Az összegzett osztáshiba a tetszés szerint választott két azonos fogoldal közötti legnagyobb méretkülönbség. A **4.6. ábra** bemutatja az összegzett osztáshiba mérésének vázlatát és a hibadiagramot.



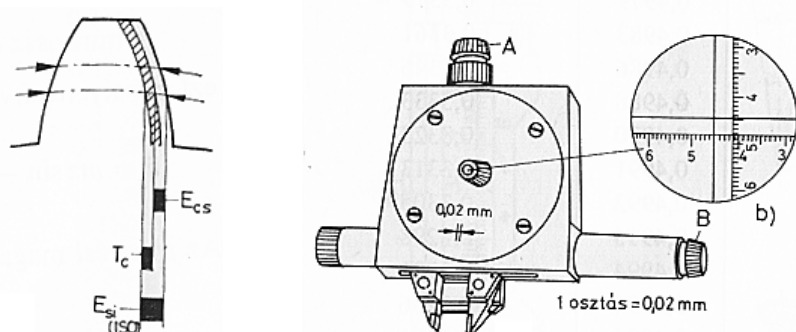
4.6. ábra Az összegzett osztáshiba mérése és hibadiagramja

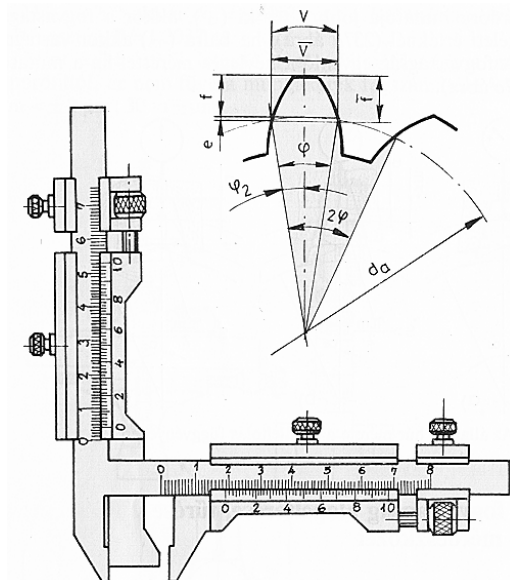
Az osztóköri (normál) osztás két azonos irányú fogoldal osztókörön mért távolsága, míg az **alaposztás** a fogeolvansék alapkörön mért távolsága. A **4.7. ábra** a normál- és alaposztás mérő műszerek vázlatát mutatja be. A normálosztás mérő vagy a fejkörön, vagy a lábkörön támaszkodik fel. A 1 egy beállítható, mérés közben rögzített nyelv (mely helyett a fogárokba illeszkedő, az osztókörön felfekvő gömb is használatos), a 2 tapintócsap érzékeli az eltérést és azt szögemelőként közvetíti a mérőórához. Az alaposztásmérő 3 ponton ér a fogaskerékhez, az 1 mérőnyelv állítható és a mérés közben rögzített, a 2 egy támasztóláb, míg a 4 idomszerrel beállított elméleti értékhez képest az eltérést a 3 tapintógömb érzékeli.



4.7. ábra Normálosztás- és alaposztás-mérő készülékek

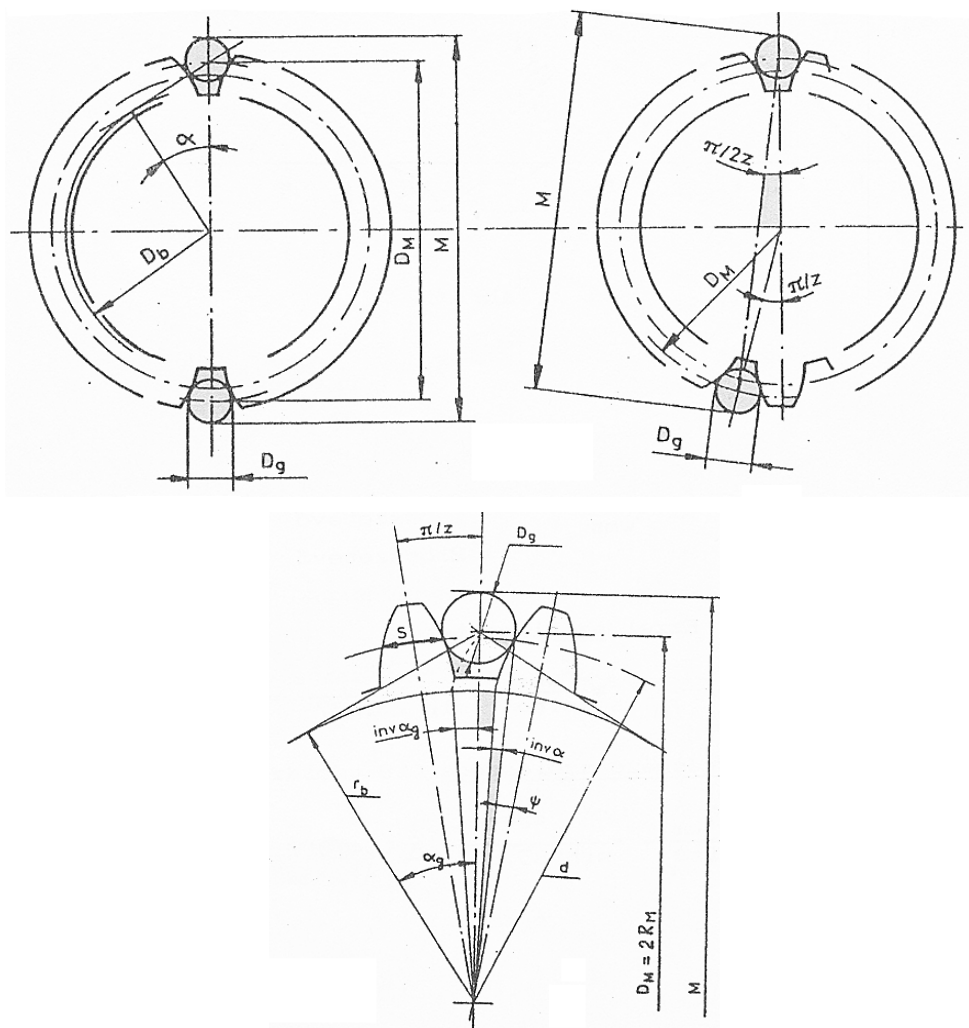
A **fogvastagság (4.8. ábra)** mérésének egyik eszköze a fogmérő tolómérő, melynek függőleges szárán mozgatott nyelve a fejkörön támaszkodik fel, meghatározva a vízszintes mérőcsőrök helyzetét. A fogvastagság értékét a vízszintes skálán nóniusz segítségével olvassuk le. A mérőeszköz optikai leolvasású változata pontosabb leolvasást tesz lehetővé, bár maga a mérési módszer meglehetősen pontatlan, mert bázisként a fogaskerék fejkörét alkalmazza.





4.8. ábra A fogvastagság alapeltérése, tűrése és mérőeszközei

A fogvastagság mérés másik módja lehet a **csapméret mérés (4.9. ábra)**, mely a legegyszerűbb módszer a fogazati illesztési pontosságának ellenőrzésére. A mérést úgy végezzük el, hogy a szemben lévő fogárokból megfelelő méretű mérőcsapokat (például csapágy görgő, menetmérő csap) helyezünk és pl. mikrométerrel a csapok külső alkotói közötti távolságot lemérjük. Ezt a méretet nevezzük csapméretnek.



4.9. ábra Csapméret mérés

A csapméret minimális eltérése: $E_{ms} = \frac{E_{wms}}{\sin \alpha_g}$ és tűrése $T_m = \frac{T_{wm}}{\sin \alpha_g}$. Az α_g -t

meghatározzuk: $\text{inv} \alpha_g = \text{inv} 20^\circ + \frac{2 \cdot b}{z \cdot \cos 20^\circ} - \frac{\pi}{2 \cdot z} \pm \frac{2 \cdot x \cdot \tan 20^\circ}{z}$. A kapott érték alapján inv táblázatból keressük ki a hozzá tartozó szöveget (minden esetben interpolálva a pontosság miatt).

Meghatározzuk a mérőcsap közepe és a kerék közepe közötti távolságot r_M -et:

$$r_M = \frac{r \cdot \cos 20^\circ}{\cos \alpha_g}.$$

Az elméleti csapméretet kiszámítjuk, mert csak ennek ismeretében dönthető el, hogy a kerék a tűrésen belül van-e. A csapméret páros fogszámú keréknél: $M = D_M + D_g$, páratlan fogszámú keréknél pedig $M = D_M \cos(\pi/2z) + D_g$. Mivel ismeretlen illesztési fokú kerékről van szó a mérési feladatban, ezért első közelítésként C7 illesztési fokozatot választunk, az alapeltérést és a tűrést erre számítjuk ki.

5. Pneumatikus és villamos finomtapintók

A mérés célja.

A gyakorlat célja a pneumatikus és villamos finomtapintók használatának gyakorlása, sorozatmérés elvégzése és a jelleggörbe felvételének megismerése.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

5.1 Pneumatikus mérőeszközök

A kis hosszeltérések nagy pontossággal mérhetők mechanikus eszközökkel, de ebben az esetben nincs biztosítva a mért érték automatikus közvetítése valamilyen feldolgozó egységbe. Különösen a tömeggyártás igényli a darabok méreteltérésének automatizálható követését, esetenként a válogatógépek vezérlését.

Ilyen feladatokra már nagyon korán kialakultak a különféle, segédenergiát igénybevevő ún. finomtapintók. Legelőször az áramló levegő energiáját (a nyomását) használó berendezéseket fejlesztették ki, már a 20-as, 30-as években. A kezdeti konstrukciók még leolvasásos kivitelűek voltak, de ezek fokozatos fejlesztésével jelentek meg a **méretvezérlésre** alkalmas megoldások.

A pneumatikus hosszmérő eszközök legfontosabb **előnyei**: nulla mérőnyomás, az alkatrészek kis kopása, nagy nagyítás, üzembiztosak, aktív mérésre használhatók.

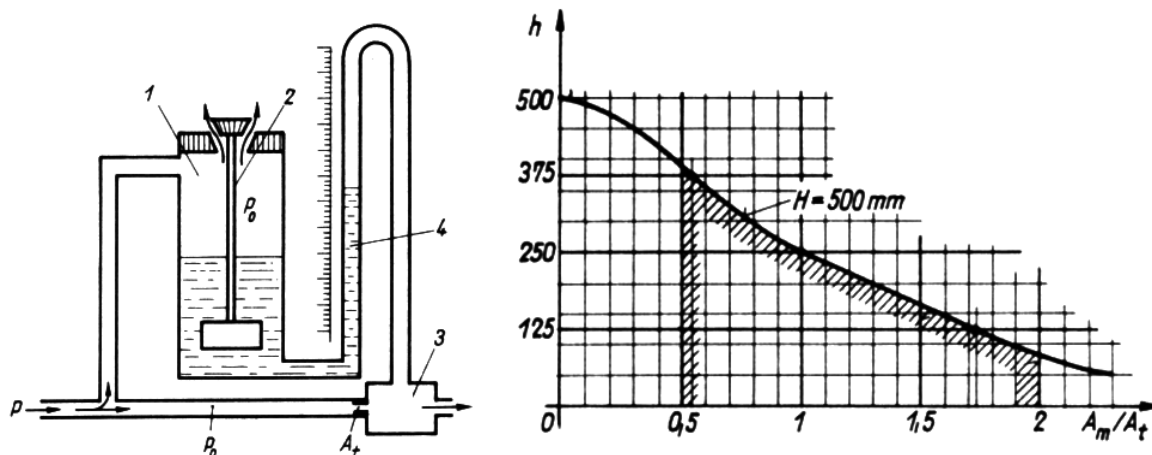
Fajtái: kisnyomású mérési rendszer,
nagynyomású mérési rendszer.

A mérési rendszer részei: szűrő, nyomásszabályozó, nyomásmérő, tápellennállás, finomszabályozó a nullázáshoz, mérőfúvóka (mérőtapintó).

Kisnyomású pneumatikus mérési rendszer

Az elsőként megjelenő Solex eljárás 500 – 1000 mm vízoszlop nyomással dolgozott. Az állandó nyomást egyszerű merülő csöves szabályozó biztosította. A **5.1. ábrán** látható a Solex rendszer továbbfejlesztett változata. A mérőnyomást az 1 edényben lévő 2 súlyzár biztosítja. Az A_t tápfúvóka fojtást okoz, a rendszert tulajdonképpen két részre osztja: tápegységre (bal oldal) és mérőegységre. A tápegységben a nyomás p_0 . A 3 nyomáskamrából kiáramló levegő (nyíl) a mérőfúvókához jut. A 4 nyomásmérő cső is a nyomáskamrához csatlakozik. A méretváltozás hatására a nyomáskamrában bekövetkező nyomásváltozás hatására a vízoszlop

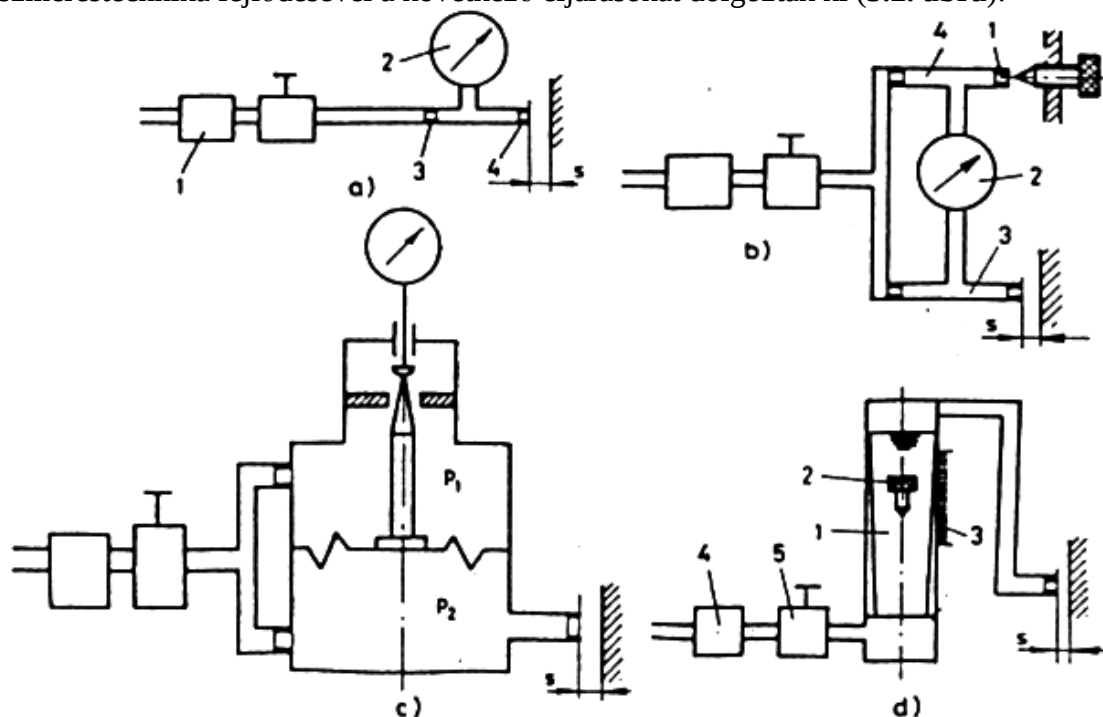
le-, vagy felfelé mozdul el. A mellé helyezett mércéről - mely a jelleggörbe lineáris szakaszának megfelelő osztásokat tartalmaz - a méretváltozás leolvasható.



5.1. ábra Solex rendszer és a kisnyomású rendszer jelleggörbéje

Nagynyomású pneumatikus mérési rendszer

A később kifejlesztett rendszerek már nagynyomású levegővel (1,5-3 bar-os mérőlevegőnyomás) működtek. Ezek kijelzője már -általában- körskálás kivitelű. A pneumatikus hosszmeréstechnika fejlődésével a következő eljárásokat dolgozták ki (5.2. ábra):



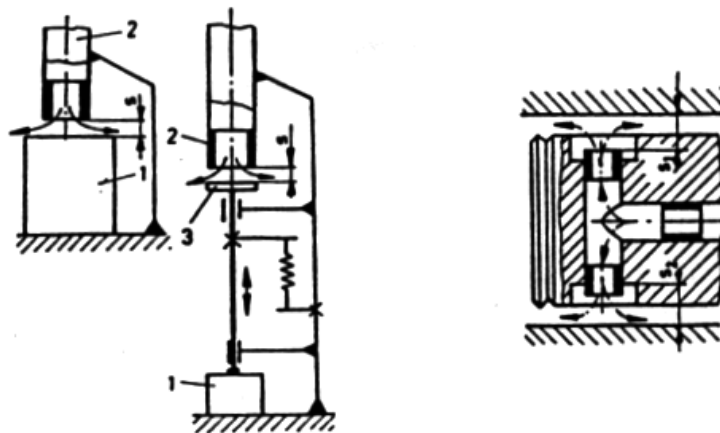
5.2. ábra Nagynyomású pneumatikus mérőrendszerek

- a **(közvetlen) nyomásméréssel** dolgozó berendezések (5.2. a ábra)
- a **nyomáskülönbség mérésén** alapuló berendezések (5.2. b ábra). Az ilyen készüléken egy 1 kiegyenlítő fúvókát is találunk. Ezen távozik el –szabályozhatóan– a felesleges levegő. A 2 nyomásmérő a 3 mérő- és 4 kiegyenlítő vezeték között helyezik el, így a két vezetékben uralkodó nyomás különbségét méri.
- A **nyomáskiegyenlítéses elven** dolgozó berendezésben (5.2. c ábra) egy membrán elmozdulása egyúttal a felső kiömlő szelepet is vezérli. A szelep a mérendő tárgytól függő új egyensúlyi helyzet eléréséig mozdul el. A kijelző ezt az elmozdulást (közvetve a méreteltérést) mutatja.

- A **térfogatmérő eljárás (5.2. d ábra)** a kiömlő keresztmetszeten eltávozó levegő mennyiségét méri. A mérés eszköze egy fölfelé folyamatosan bővülő, osztásokkal ellátott 1 átlátszó cső, melyben az átmenő levegő a csőben lévő könnyű testet, az ún. 2 „úszót”, az átáramló levegőmennyiségnek megfelelő magasságban tartja. Az átáramló levegőmennyiség pedig a réssel (darabmérettel) arányos. A skáláról a méreteltérés (részméret) leolvasható.

A **méretérzékelők (mérőfejek)** (5.3. ábra) alapvetően kétféle kialakításúak:

- Az **érintkezés nélküli típusok** a mérés közben nem érnek a mérendő tárgyhoz. Az 1 tárgy és a 2 mérőfej-fúvóka homloksíkja között kialakult s mérőrés változik a méretváltozás hatására.
- Az **érintkezéssel mérő, ún. pneumatikus finomtapintóknál** az 1 munkadarabot állandó mérőnyomás terheli. A mérőrés a fúvóka és a fejben lévő 3 szeleptányér között alakul ki. Nem érzékeny a munkadarab és a beállító etalon közötti felületi érdesség eltérésre.



5.3. ábra Pneumatikus méretérzékelők

A mérőfejeket úgy alakítják ki, hogy a fejben keletkező áramlási veszteségek a mérés eredményét lényegesen ne befolyásolják. Ügyelni kell arra a fontos körülményre, hogy a mérőfejekben lévő fúvókák, a szelepek, a vezetékek egységes, méretezett rendszert alkotnak a linearitás miatt, ezért eltérő méretű és kialakítású elemekkel nem cserélhetők fel.

A pneumatikus finomtapintó segítségével számos, egyszerű kialakítású eszköz építhető, mint pl. dugós idomszer, villás idomszer pneumatikus érzékelőkkel, pneumatikus „mikrométer”, vagy pneumatikus szögtapintó.

A pneumatikus mérőműszerek között van olyan konstrukció is, mely villamos érintkezőkkel rendelkezik. Ezek a villamos érintkezők lehetővé teszik a tűréshatárok beállítását, a darabok osztályozását, illetve az automatikus osztályozás vezérlését.

5.2 Villamos finomtapintók

A villamos finomtapintók különbségmérő eszközök, két fő egységből állnak: mérőfejből és kijelző/kiértékelő egységből.

Határértéket jelző érintkezős (kapcsolós) villamos finomtapintók (5.4. ábra)

Előnyük az egyszerű szerkezet, a kis meghibásodási lehetőség, olcsók, aktív mérésre is felhasználhatók, mivel csak kapcsolókontaktust tartalmaznak, nem igényelnek speciális elektronikus feldolgozó-kiértékelő egységet, egyszerű IGEN/NEM logikai kapuk vezérlésére is alkalmasak.

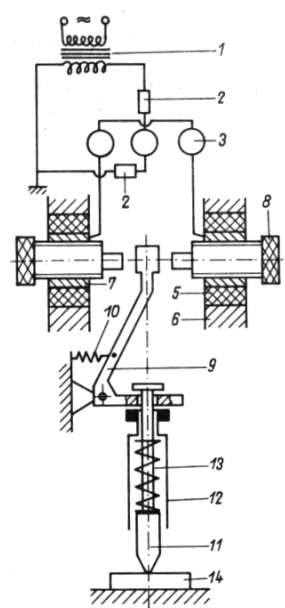
Hátrányuk, hogy 1/1000 mm-nél kisebb érték mérésére nem alkalmasak; nagy a szórás értéke; osztályozásra nem alkalmas, mert csak mérettartományokat érzékel az érintkező-párok nyitása-zárása révén (alsó határ alatt - megfelelő - felsőhatár felett).

A finomtapintó fontos szerkezeti eleme a szögemelő, melynek kettős feladata van: a tapintócsap és a kapcsoló-berendezés közti közvetítés, valamint az áttétel révén fokozza a berendezés érzékenységét. A finomtapintókat általában ellátják mikrométer-orsókkal. Az orsókat a szorítófej testétől elszigetelik. A mikrométer-osztás a beállítást könnyíti meg. A mérőfejek kialakítása olyan, hogy mérőállványba fogható legyen.

Induktív finomtapintók

Az induktív finomtapintók nagy pontosságú mérésekre és vezérlésekre alkalmasak. Nagy **előnyük**, hogy analóg módon folyamatos értéket adnak. Az induktív tapintós rendszerek már bonyolultabb felépítésűek, mert már elektronikus jelerősítő-jelfeldolgozó-kiértékelő egységet is tartalmaznak.

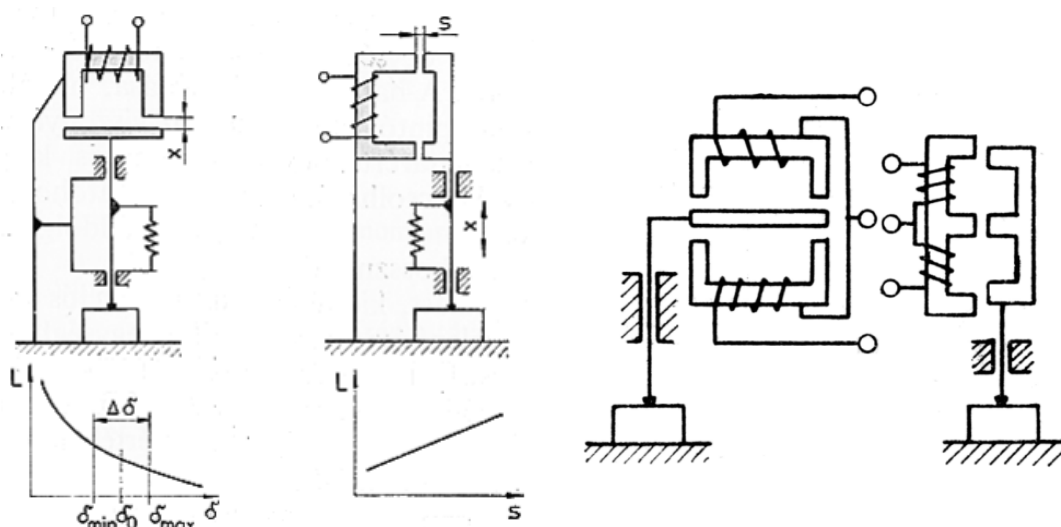
A finomtapintókkal a felhasználó oldaláról, csak vázlatosan foglalkozunk, hiszen a gépipar a kereskedelemből készen szerzi be az eszközöket és elsősorban felhasználja, készülékeibe beépíti azokat. Az esetleges javítás sem vállalati, hanem márkaszerviz feladat.



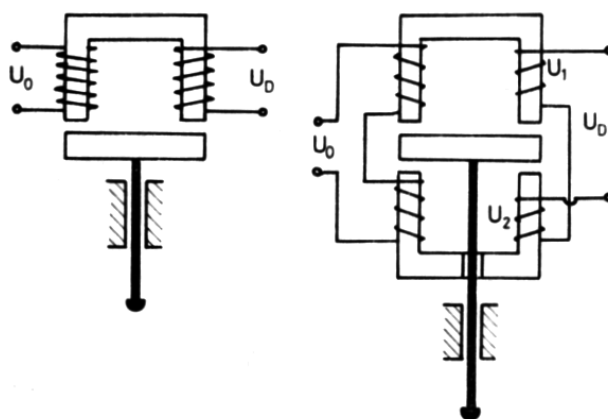
5.4. ábra Érintkezős villamos finomtapintó

A méret megjelenítése szempontjából megkülönböztetünk **fojtótekerces** (5.5. ábra) és **transzformátoros** (5.6. ábra) kialakítást. Ma már mind a differenciál-fojtótekerces, mind a differenciál-transzformátoros berendezések vivőfrekvenciás módszerrel dolgoznak. Az $f = 5 \dots 50$ kHz frekvenciájú váltakozófeszültséget vivőfrekvenciás generátor állítja elő. A két rendszer közös jellemzője, hogy a vasmag középhelyzetétől való elmozdulással arányos, kis különbségű váltakozó feszültséget ad. A két mérőfej között a különbség méréstechnikai szempontból jelentéktelen.

A **fojtótekerces** finomtapintóknak két típusa (5.5. ábra) van, de mindkét esetben a mérőcsap elmozdulása induktivitás változást okoz, ez a változás kerül feldolgozásra. Az egyik esetben a légrés változik, ez érzékenyebb, de a linearitása rosszabb, mint a másik változaté. A másik változat a változó felületű vasmag elvén működik. Ennek linearitása jó, és lényegesen hosszabb szakaszú.



5.5. ábra Fojtótekerces finomtapintók elve és jelleggörbéje, differenciális fojtótekerces induktív finomtapintók



5.6. ábra Transzformátoros és differenciáltranszformátoros mérőfejek

Az induktív finomtapintók legegyszerűbb **felhasználási területe** az összehasonlító mérésen alapuló kézi mérőkészülékek. Ezek is a jól ismert mérőórák műszerek korszerűbb változatai, az induktív finomtapintók a mérőóra helyét foglalják el.

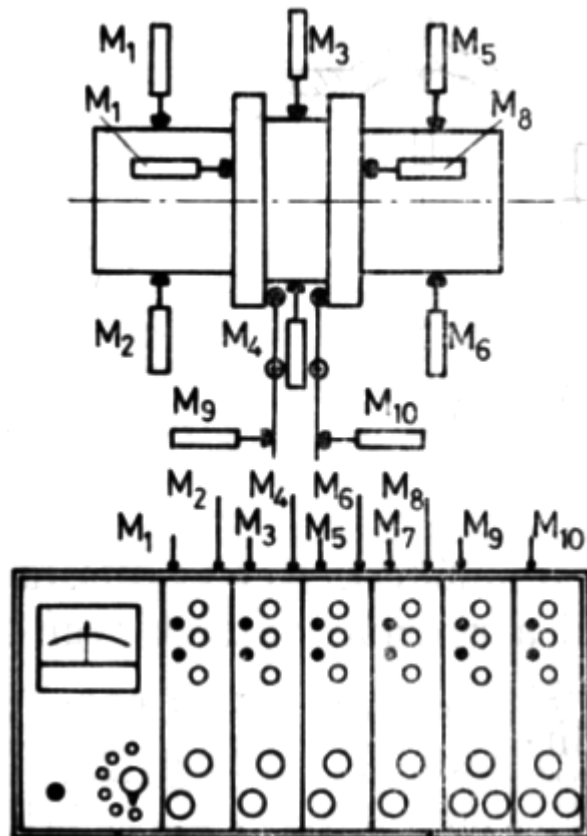
Másik alkalmazási terület az úgynevezett aktív mérés. Ezek a régóta ismert és például palást-köszörűgépeken alkalmazott mérőérzékelők a munkadara éppen megmunkálás alatt lévő átmérőjét ellenőrzik folyamatosan, és a névleges átmérő elérése előtt a hozzájuk kapcsolt beavatkozó egység leállítja a fogásvételt, majd „kiszikráztatás „ után, ha az átmérő már a névleges méretre csökkent, eltávolítja a korongot a felülettől és lekapcsolja a főhajtást. Korábban az aktív mérőfejekbe mechanikus, mutatós tapintót szereltek, amelyet beállítható határérték-kontaktusokkal láttak el. A modern aktív mérőfejek pneumatikus, vagy induktív érzékelőn (vagy érzékelőkön) alapulnak.

A hazai iparban már a 70-es évek végén konkrét igények merültek fel félautomata többmérőhelyes készülékekkel szemben. A Gépgyártástechnológiai Tanszék dr.Szilágyi László vezette Gépipari Méréstechnika szakcsoportja által kifejlesztett HIBRITAST mérőfej és a hozzá kapcsolódó, elemekből összeállítható elektronikus egység ez időben került kifejlesztésre.

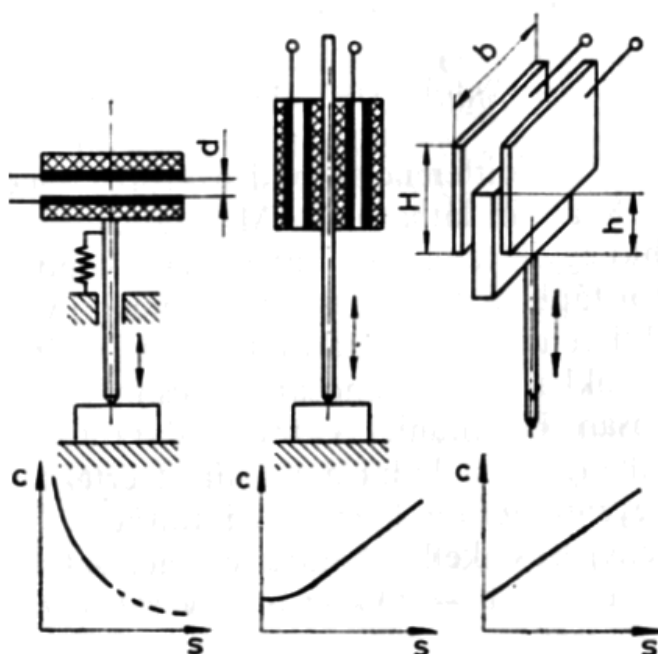
Az elemekből összeállítható mérőkészülékekhez (5.7. ábra) a legtöbb ismert, hosszmerés-technikával foglalkozó cég kifejlesztett induktív finomtapintókhoz illeszthető, moduláris felépítésű elektronikus egységeket. Ezek a rendszerek könnyen variálhatók és szinte korlátlanul bővíthetők.

Kapacitív finomtapintók

A finomtapintók harmadik csoportja a kapacitív finomtapintók (5.8. ábra), melyek a kis zavar-érzékenységük és egyszerű szerkezetük miatt az üzemi körülményeket jól bírják. Működésük alapja olyan kondenzátor, amely a kapacitását a tapintócsap elmozdulásának függvényében tudja változtatni. Fegyverzete lehet differenciális vagy nem differenciális.



5.7. ábra Több méret egyidejű ellenőrzése (M: mérőfej)



5.8. ábra Kapacitív villamos finomtapintók (kialakítások és jelleggörbék)

6. A felületi érdesség mérése és eszközei

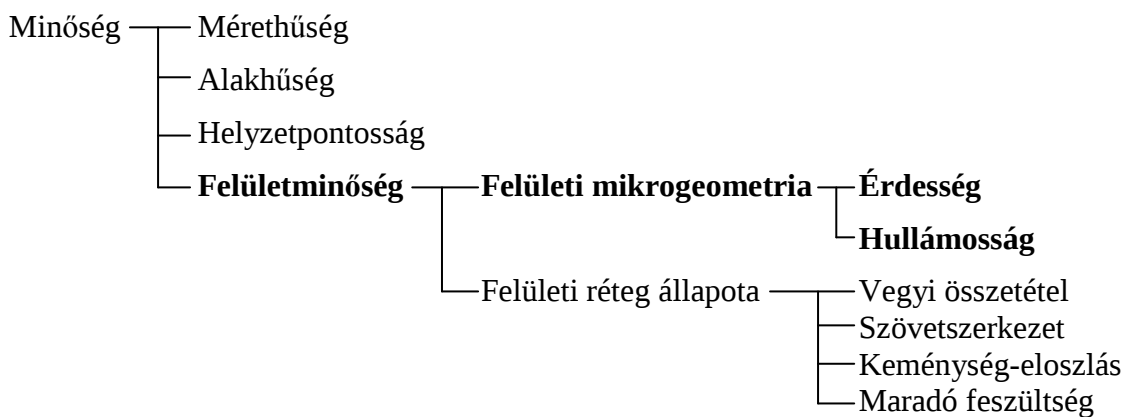
A mérés célja

A felületi érdességgel kapcsolatos fontosabb alapfogalmak összefoglalása az EN ISO 4287 szabvány alapján, valamint a felület minőségének megítélésére alkalmas eszközök és mérőgépek bemutatása.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

Az alkatrészek rajzon megadott felületei ideális mértani felületek. Gyártási okok miatt a valóságos felület ettől mindig eltér. A valóságos felület – a mérőeszközök pontatlanságai miatt – pontosan nem ismételhető meg, ezért helyette az észlelt felületet fogadjuk el.

A valóságos felület eltérései az egyenetlenségek, amelyek a tényleges felületnek egy célszerűen választott mértani felülethez viszonyított kiemelkedései és bemélyedései. Jellegzetes egyenetlenségek az alakeltérések, a hullámosság, érdesség. A minőséget befolyásoló eltéréseket foglalja össze a **6.1. ábra**.



6.1. ábra Az alkatrész minőségét befolyásoló eltérések

A gépszerkezetek alkatrészeinek működésére nemcsak a **makrogeometriai jellemzők**, illetve hibáik (méret-, alak-, helyzethibák) vannak hatással, hanem felületük mikrogeometriai hiányosságai is. A **mikrogeometria** a felület kis területére vonatkozó fogalom.

A felületi érdesség az elkészült és felhasznált alkatrész egyik legfontosabb jellemzője. Az **érdesség** a munkadarab valóságos felületének viszonylag kis térfelületű, különféle jellegzetes mintázatot mutató, ismétlődő egyenetlensége, amely általában alakhibát és hullámosságot már nem tartalmazó profil alapján értékelhető.

A felületi érdesség alapvetően befolyásolja

- a szerkezetiileg működő, egymáson súrlódó alkatrészfelületek élettartamát,
- az ismételt igénybevételnek kitett alkatrészek kifáradási határát, illetve a fáradásos törés bekövetkeztének idejét.
- Ezen kívül az érdességnek jelentős hatása van más jellemzőkre is, mint pl. a korrózióállóság, vagy a szilárd illesztések, tömítések minőségére is.

Az **egyenetlenségek kialakulása**, nagysága, alakja és iránya, a különféle megmunkálási módszerektől, illetve ezek paramétereitől függ.

A forgácsoló szerszámokkal történő mechanikai megmunkálásoknál – többek között – függ a forgácsolási módtól, a forgácsolás paramétereitől, a szerszám alakjától, a szerszám él-egyenetlenségétől és a kopási problémáktól, a megmunkált anyag tulajdonságaitól, a megmunkáló rendszer merevségétől, a megmunkálás közben fellépő rezgésektől.

A forgácsoló megmunkálásoknál a felületi érdesség és más felületi problémák nagysága több nagyságrendben eltérhet, ezért – gazdaságossági okokból - az előírt felületminőséget, annak elérését több lépcsőben tervezik meg (nagyolás > simítás > egyéb felületfinomítási eljárások).

A nem forgácsolással történő alakításoknál a felületminőség már viszonylag szűkebb tartományban változik: pl. lemezalkatrész-kivágásnál.

Mikrogeometriai jellemzők

A profilmintázatot különféle mérőszámokkal írhatjuk le, amelyek önmagukban nem elegendők a felület jellemzésére, két felület azonosnak minősítésére. A felületi érdességi mérőszámok megállapításához a felületről szelvényeket (ú.n. profildíagramot) kell felvennünk, forgástesteken a forgástengellyel párhuzamosan, de sík felületen már általában két (egymásra merőleges) irány szükséges. Az érdességi mérőszámok feladata, hogy jellemezzék a felületet. Követelmény, ha két felület mérőszáma azonos, akkor a két felület „minősége” egyforma legyen. Külön – külön elemezve az érdességi mérőszámokat, azok egyike sem alkalmas önmagában arra, hogy meghatározza a felületet, és annak működési viszonyait. Ebből következik, hogy kettő, esetleg három, külön-külön, más-más jellegzetességet leíró mérőszám azonossága szükséges ahhoz, hogy a két felületet azonosnak minősítsünk.

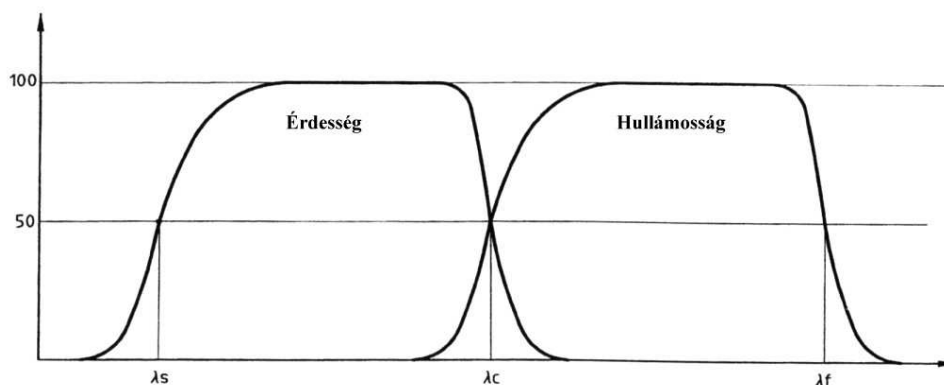
A fogalom-meghatározásokat és a jellemzőket szabványosították. Léteznek ugyan nemzeti szabványok, de ezek jelentéktelen műszaki eltérésekkel megegyeznek az ISO 4287:1997 szabvánnyal. E szabvánnyal megegyező az európai EN ISO 4287:1998 szabvány, melyet jóváhagyó közleménnyel nemzeti szabványként hazánk is elfogadott 2002 évben. Ennek szabványszáma: **J MSZ EN ISO 4287:2002**.

A témával kapcsolatos további nemzeti és nemzetközi szabványok felsorolása az irodalomjegyzékben található meg. A szabvány a mérőszámokat paramétereik szerint a következő három csoportba sorolja:

- az egyenetlenségek **magasságával** kapcsolatos jellemzők,
- az egyenetlenségek **profilirányú méreteivel** kapcsolatos jellemzők,
- az egyenetlenségek formájával kapcsolatos (un. **hibrid**) jellemzők.

A profilok megkülönböztetése és szétválasztása a profilelemek hullámhossz-összetevői alapján történik a következőképpen (**6.2. ábra**):

- az **érdességi profilt** adják a λ_s és a λ_c határ-hullámhosszok közötti összetevők,
- a **hullámossági profilt** adják a λ_c és a λ_f határ-hullámhosszok közötti összetevők.



6.2. ábra Az érdesség és hullámosság szűrőkarakterisztikái

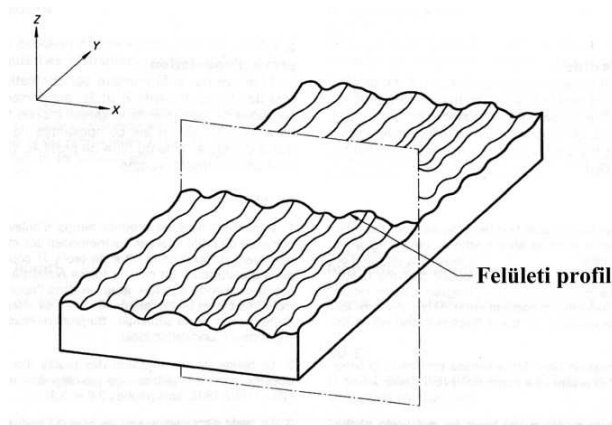
A műszerek mérési, valamint kiértékelési alapbeállításait a szabványok meghatározzák. A felület finomságától függően választhatjuk meg az előírt beállítási értékeket (**6.3. ábra**)

Hullámhossz határok választéka				
Periódikus profil	Nem periódikus profil		Határhullám hossza	Egyes-, összes-mérőszakasz
Barázdatávolság S_m [mm]	R_z [μm]	R_a [μm]	λ_c [mm]	l_r / l_n [mm]
> 0,01 – 0,04 –ig	0,1 -ig	0,02 –ig	0,08	0,08 / 0,4
> 0,04 – 0,13 –ig	> 0,1 – 0,5 –ig	> 0,02 – 0,1 –ig	0,25	0,25 / 1,25
> 0,13 – 0,4 –ig	> 0,5 – 10 –ig	> 0,1 – 2 –ig	0,8	0,8 / 4
> 0,4 – 1,3 –ig	> 10 – 50 –ig	> 2 – 10 –ig	2,5	2,5 / 12,5
> 1,3 – 4 –ig	> 50	> 10	8	8 / 40

6.3. ábra A hullámhossz határok választéka

A paramétereket, melyek a következőkben ismertetésre kerülnek a szabvány a következőképpen különbözteti meg: R – érdesség, W – hullámosság, P - a nem szűrt profil betűjele mellé írjuk a paramétert jelző kis betűt, például: a, t, p, stb.

A **6.4. ábra** azt a koordináta rendszert ábrázolja, amelyben a felületi egyenetlenségek paramétereit definiáljuk.



6.4. ábra

A vizsgált felület érdességének kiértékeléséhez profilmetszetet alkalmaznak.

Alapvonalnak nevezzük az észlelt profil síkjában lévő, az értékelés céljára kiválasztott vonalat, melytől a profil egyes pontjainak a távolságát mérjük. Az alapvonal tulajdonképpen síkgörbe (a hullámosságot követi), kis szakasza egyenesnek vehető, illetve a hullámosságot a vizsgálat céljából „kiegyenesítjük” (szűrjük).

Alaphossznak (vonatköztávolság) az érdesség kiértékelésére kijelölt hosszt nevezzük. Az alaphossz rögzítésével a hullámosság és az érdesség különválasztható, az érdesség az egyéb szabálytalanságok mellőzésével értékelhető.

A **mérési hossz** az érdességi mérőszakasz meghatározásához, mérés technikailag szükséges felület szakasz minimális hossza, mely egy vagy több alaphosszat tartalmazhat.

A **középvonal** az a vonal, mely a valóságos profilt az alaphosszon belül úgy osztja ketté, hogy a profileltérések négyzetösszege a minimumot adja, vagyis a felette lévő kiemelkedések és az alatta lévő „völgyek” területe megegyezik.

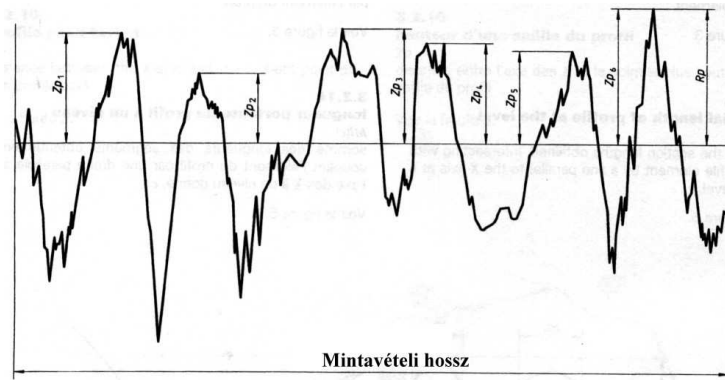
Tetővonal illetve **fenékvonal** a valóságos profil – az alaphosszon belüli – legmagasabb illetve legmélyebb pontján megy át és párhuzamos a középvonallal.

1. A felületi mikrogeometria magassági paraméterei:

a) „Csúcs” paraméterek:

- A profil maximális csúcsmagassága: R_p , W_p , P_p (alaphosszon értelmezve)

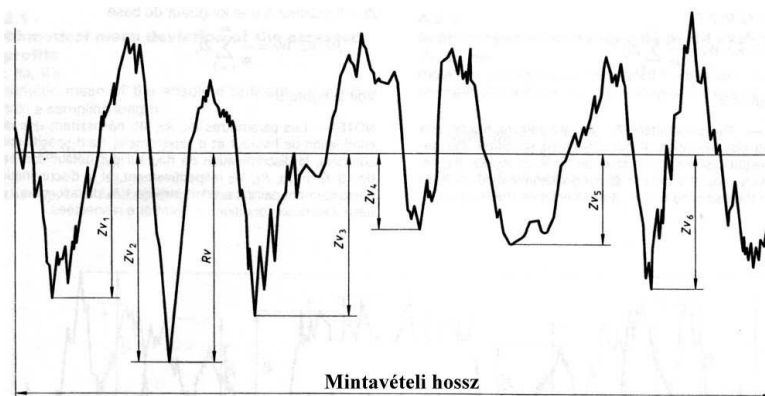
A valóságos profil legmagasabb pontja és a középvonal közötti távolság az alaphosszon belül. (6.5. ábra)



6.5. ábra A felület csúcs méretei

- A profil maximális völgymélysége: R_v , W_v , P_v (alaphosszon értelmezve)

A valóságos profil legmélyebb pontja és a középvonal közötti távolság az alaphosszon belül. (6.6. ábra)

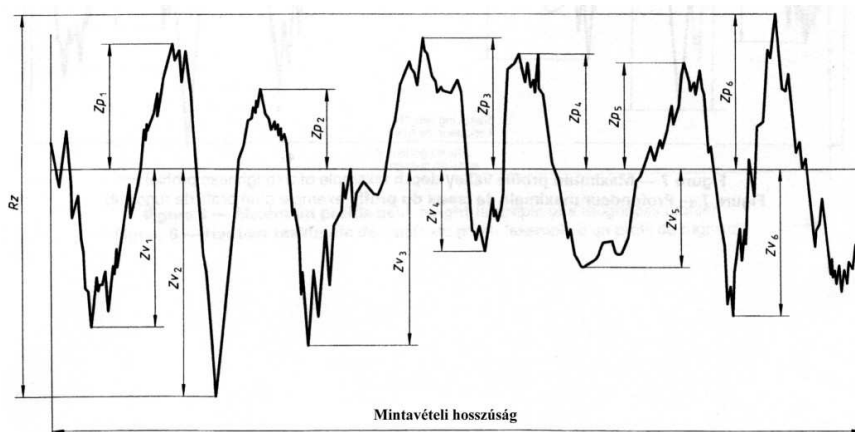


6.6. ábra A felület völgy méretei

- A profil maximális magassága: R_z , W_z , P_z (alaphosszon értelmezve)

A valóságos profil legmagasabb és legmélyebb pontja közötti távolság az alaphosszon belül. (6.7. ábra)

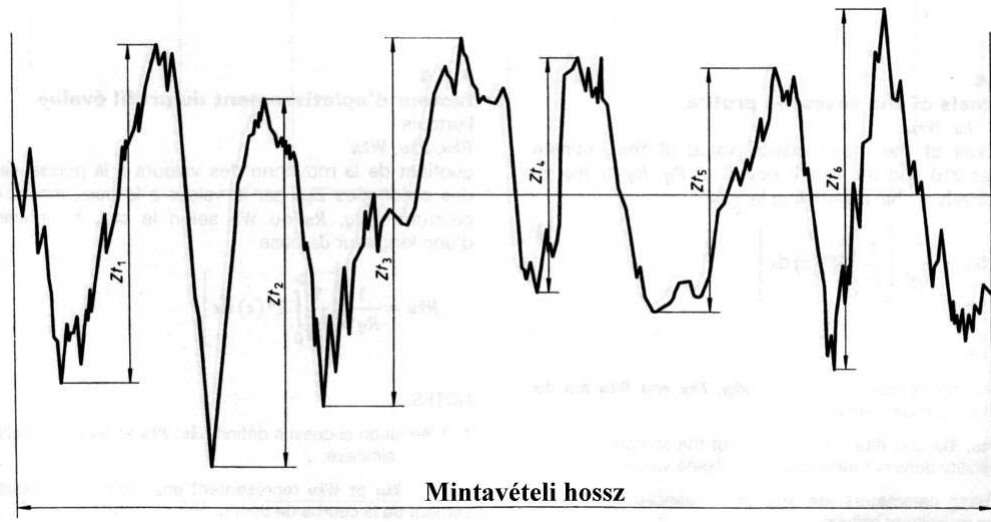
$$R_z = R_p + R_v$$



6.7. ábra A profil maximális magassága [4]

- A profilelemek közepes magassága: R_c , W_c , P_c (alaphosszon értelmezve)

$$R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{t_i}$$



6.8. ábra Egyenetlenségek magasságának jelölése [4]

- Maximális egyenetlenség: R_t , W_t , P_t (kiértékelési hosszon értelmezve)

$$R_t = R_{p_{\max}} + R_{v_{\max}} \quad (R_t \geq R_z)$$

A DIN meghatározza a **közepes érdességmélység** értékét is, úgy, hogy a vizsgált profilt öt egyenlő részre osztva a szakaszokon vesszük a maximális eltéréseket, majd azokat átlagoljuk.

$$R_{Z_{DIN}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{z_i}$$

Régebbi paraméter a profil úrtényező, melynek jó az információtartalma: $K_p = R_p/R_v$

b) „Átlag” paraméterek:

- A profil közepes eltérése: R_a , W_a , P_a

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx, \quad \text{ahol } l = l_r, \text{ vagy } l_w \text{ vagy } l_p$$

- A profil közepes mértani eltérése: R_q , W_q , P_q

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx}, \quad \text{ahol } l = l_r, \text{ vagy } l_w \text{ vagy } l_p$$

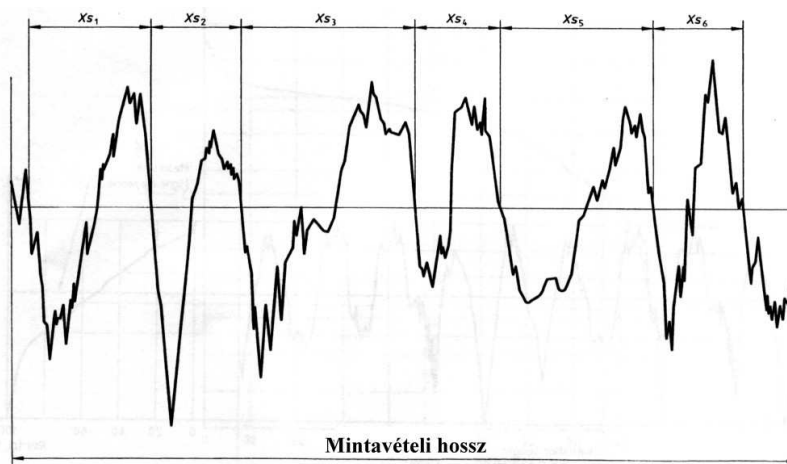
- Ferdeségi mérőszám: R_{sk} , W_{sk} , P_{sk}

$$R_{sk} = \frac{1}{R \cdot q^3} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^3(x) dx \right]$$

- Lapultsági mérőszám: R_{ku} , W_{ku} , P_{ku}

$$R_{ku} = \frac{1}{R \cdot q^4} \left[\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^4(x) dx \right]$$

2. Az érdesség profilirányú paraméterei:



6.9. ábra Az egyenetlenségek profilirányú méretei

- Az egyenetlenségek közepes hullámhossza: RSm , WSm , PSm

$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i$$

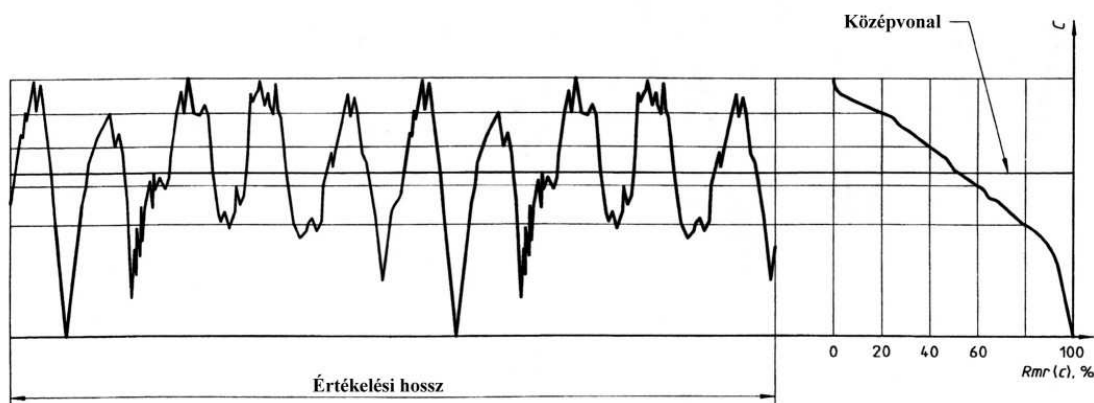
ahol Xs_i a profil és a középvonal olyan két metszéspontjának a távolsága, melyek között a profilnak csak egy kiemelkedése és egy bemélyedése található.

3. Az egyenetlenségek formai (un. hibrid) paraméterei:

- A profil hajlásának négyzetes középértéke: $R\Delta q$, $W\Delta q$, $P\Delta q$

$$R\Delta q = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{z_{i+1} - z}{\Delta x} \right)^2}$$

4. Jellemző görbék és kapcsolódó paraméterek



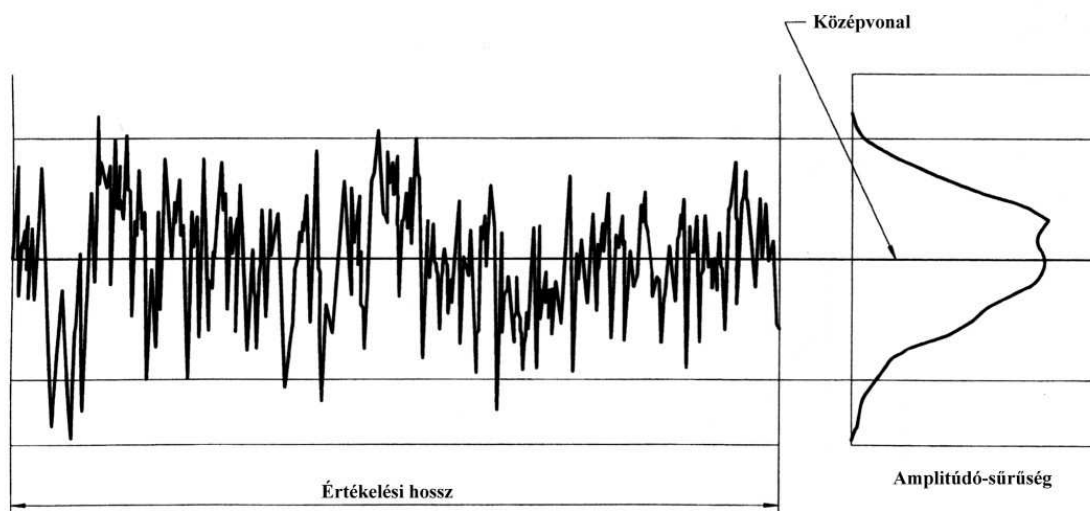
6.10. ábra A hordozóhossz és a hordozóhossz görbe [4]

- Hordozóhossz arány: Rmr , Wmr , Pmr

$$Rmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln}$$

ahol: $Ml(c)$ – hordozóhossz, a profil egy c magasságában meghúzott vonal által a profil kiemelkedésekből kimetszett „anyagszakaszok” összege, ln – a profil vizsgált hossza.

- **Hordozóhossz görbe (TPK)** (6.10. ábra jobb oldali görbéje)
- **Relatív hordozóhossz görbe (ADK)** (6.11. ábra jobb oldali görbéje)



6.11. ábra Az amplitúdó sűrűségfüggvény képe [4]

A felületi érdesség vizsgálatának módszerei

A felületi érdesség vizsgálatára, illetve megállapítására alapvetően kétféle módszer létezik, melyek közül ma az objektív módszer a használatos, azon belül is a profilvizsgáló mérőgépek.

- a **szubjektív** és az
- **objektív** módszer.

Tájékoztató ismeretek a régebben használatos eszközökről:

A **szubjektív** összehasonlítás során a vizsgált felületet szabad szemmel, tapintással, vagy mikroszkóp segítségével hasonlítjuk össze egy etalon felületével. Ez a módszer a szubjektivitása miatt csak alárendelt szerepű volt. Az összehasonlítás során arra kellett ügyelni, hogy az érdességi etalon megmunkálási módja és forgácsolási adatai megegyezzenek a vizsgált felületével.

Az **objektív** érdesség meghatározás már közvetlen mérőszámot ad.

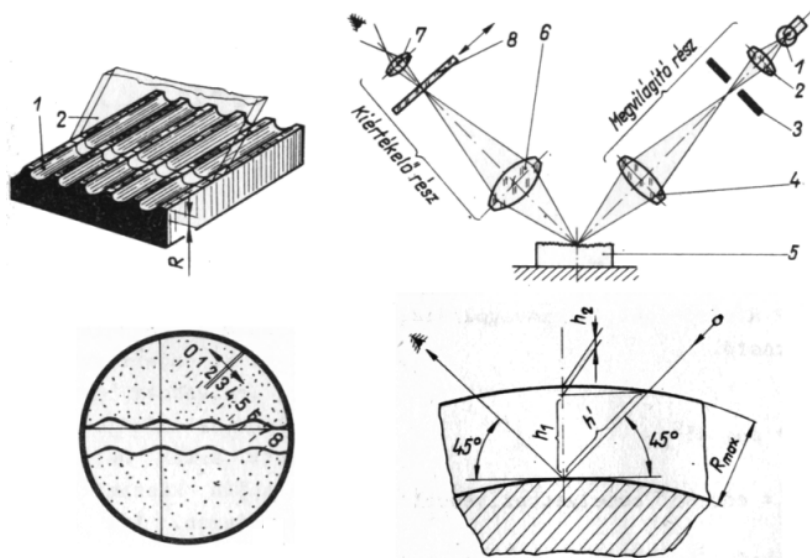
Működés szempontjából megkülönböztetünk: finommechanikai, optikai, villamos és pneumatikus érdességmérő műszereket. A **mechanikus** elven működő érdességmérőket már nem alkalmazzák.

Az **optikai** rendszerű érdességmérők közül a Linnik-Schmaltz-féle kettősmikroszkóp és az interferométer a gyakorlaton megtekinthető.

A **Linnik-Schmaltz-féle** felületvizsgáló fénymetszéses módszerrel dolgozik. Lényege az, hogy a vizsgálandó felületre vetített keskeny fénynyaláb pengeszerűen éri a felületet, a visszaverődő fény tartalmazza a felületi egyenetlenség képét, melyet leolvasó okulárral értékelünk. A leolvasott értékeket a behelyezett lencserendszer nagyítása és a fénynyaláb ferdesége miatt módosítani szükséges.

Az **interferenciás elven működő** optikai érdességmérők működésének lényege, hogy a felületi egyenetlenség miatt a felületről visszaverődő fénysugarak útkülönbséggel találkoznak, az így keletkező interferencia az okulárban megfigyelhető.

A **pneumatikus** érdességmérő (üzemi körülmények között használták), számszerű értéket nem ad, csak a beállító etalonhoz viszonyítja a vizsgált felületet (idomszerűnek tekinthető).

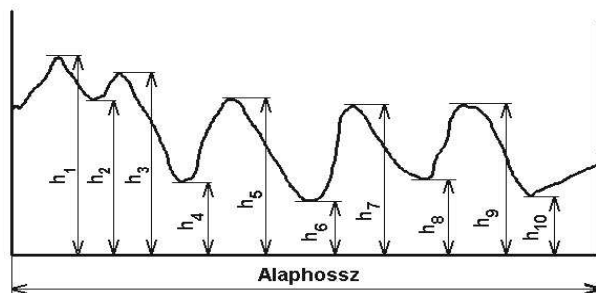


6.12. ábra Linnik-Schmaltz-féle mikroszkóp működési elve [2]

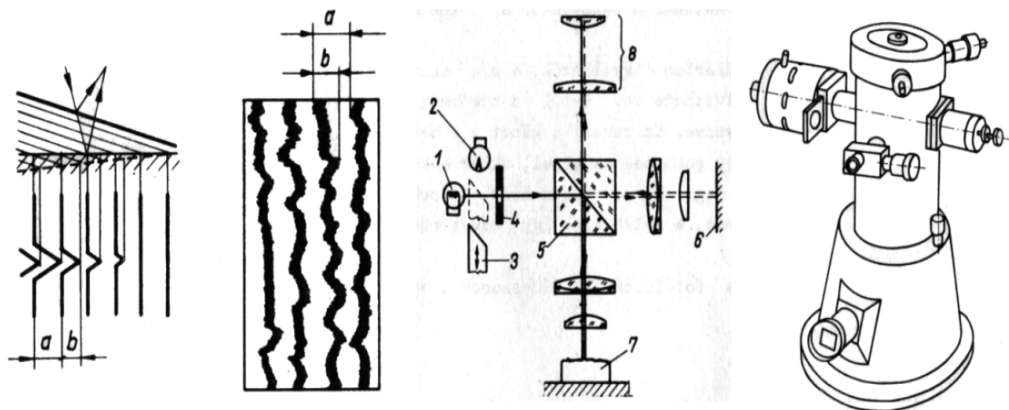
Objektívek		Össz-nagyítás	Hasznos érdes-ség mélység h [mm]	Látó-mező [mm]	Okulármikrométer dobjának 1 osztása A [μm]	A.cos ² 45° [μm]	A.cos 45° [μm]
Fókusz távolság [mm]	nagyítás						
4,25	60x	520x	0,5 – 1,5	0,3	0,287	0,143	0,202
8,16	30x	260x	1,5 – 5	0,6	0,575	0,286	0,406
13,89	14x	120x	5 – 15	1,3	0,961	0,479	0,679
25,02	7x	60x	15 - 50	2,5	1,666	0,831	1,177

6.13. ábra A Linnik-mikroszkóp optikai adatai

A fénymetszéses műszerrel a korábban R_z –vel jelölt egyenetlenség magasság; R_{max} ; és a barázda szélessége is mérhető. $R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$



6.14. ábra R_z egyenetlenség magasság értelmezése

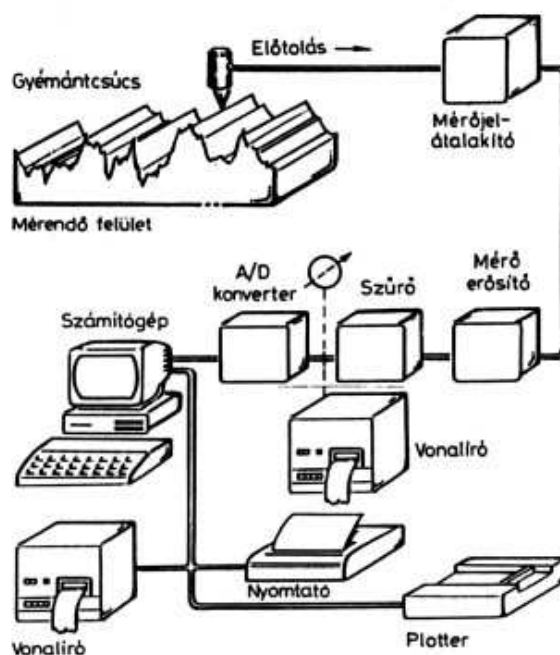


6.15. ábra Interferométer

Villamos elven működő érdességmérők.

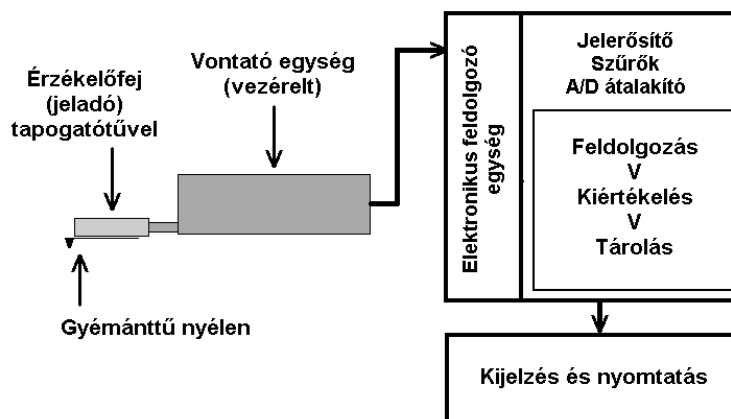
A **profilometriás** (más néven topografikus) **mérőgépek**.

Mérőgépeknek nevezzük azokat a speciális mérési feladatra kifejlesztett mérőeszközöket, amelyek képesek a munkadarab felületének ciklikusan ismétlődő, jellegzetes makro- és mikrogeometriai mintázatát mérni, és az eredményt összehasonlító mérőszám formájában megadni. A mérőgépek mérőfeje általában valamilyen speciális konstrukciójú induktív finomtapintó. Ezt, vagy a mérendő munkadarabot egy precíziós mechanizmus mozgatja egyenletes sebességgel, vagy forgatja egyenletes szögsebességgel. A mérőgépek fontos elemei az útdők vagy szögadók, szerepük a mintavételezési pontok meghatározásában van.

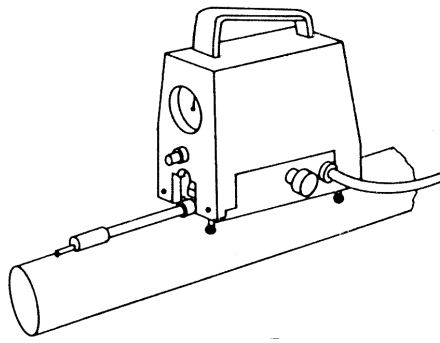


6.16. A felületi érdesség mérés tömbvázlata [13]

A profilometriás felületi érdesség-mérőgépek (profilletapogatás útján dolgozó) esetében az igen kis (μm nagyságrendű) lekerekítési sugárral rendelkező gyémántsúcs egyenletes sebességgel haladva tapogatja le a felület egyenetlenségeit. A gyémántsúcs függőleges mozgása egy induktív mérőfej (6.18. ábra) horgonyára adódik át, amelynek tekercsrendszere kapcsolódik a jelátalakító elektronikához. (6.17. ábra) A kalibrált mérőerősítő kimenetén megjelenő mérőjel pillanatnyi értéke jó közelítéssel arányos a mérőcsúcs pillanatnyi elmozdulásával. A mérőfej vontatóegysége vagy a darabra ráhelyezhető (6.19. ábra) (hordozható kivitel), vagy egy oszlop mentén magassági irányban, a szükséges magasságban állítható (6.19. ábra).



6.17. ábra Profilometriás érdességmérés elve



6.18. ábra Jeladó



6.19. ábra Darabra ültethető készülék



6.20. ábra Állványos profilometriás érdességmérő

A legmodernebb mérőfejekben nem induktív mérőjel-átalakítót, hanem annál lényegesen pontosabb (és elvileg tökéletesen lineáris) lézer-interferométert alkalmaznak. Léteznek hibrid konstrukciók is.

A mérőtapintók mechanikai kivitele igen változatos. A gyártó több mérőfejet (egész sorozatot is) kínál egy érdességmérőhöz, ezekkel a legkülönbözőbb felületek mérése oldható meg. A konkrét feladathoz legmegfelelőbb tapintó kiválasztása a mérést végző személytől nagy tapasztalatot és elméleti ismereteket követel meg.

A mérőjel, melynek amplitúdómenete gyakorlatilag a letapogatott profilnak megfelel, speciális szűrőegységre kerül, majd a mérőfej elmozdulását mérő útmérő jeleiből előállított impulzusokkal mintavételezve a szűrt jelet, azt digitális jelsorozattá alakítja. A számítógép az így nyert, a memóriájában tárolt, a felület jellemzőit hordozó adathalmazból határozza meg a felület jellemzőit több-kevesebb sikerrel leíró mérőszámokat (digitális filterezés, Fourier-analízis, különböző statisztikai módszerek).

A szűrők szerepe. A felületi egyenetlenségek sokféle hullámhosszúságú, többé-kevésbé periódikusan ismétlődő struktúrából tevődnek össze. A felület nagyon bonyolult módon írható le, jellemzői nehezen és sokszor nem túl egyértelműen adhatók meg. Két jellemző összetevő általában könnyen megkülönböztethető: az amplitúdóhoz képest nagy hullámhosszúságú hullámosság és a nagyságrendekkel kisebb hullámhosszúságú érdesség. Ezek szétválasztása a szűrők feladata. A **6.21. ábrán** a felső diagram a szűrés nélküli profil (amennyiben a tapintócsúcs sugarának szűrő hatásától eltekintünk), a középső a hullámosságot (aluláteresztő szűrővel), az alsó a hullámosságtól különválasztott érdességet (felüláteresztő szűrővel) mutatja.

6.21. ábra

A számítógép előállíthatja a profil lényeges jellemzőit szemléletesen bemutató diagramokat, de lerajzoltathatja magát a letapintott profilt is, igen nagy nagyításban. Mérési protokoll nyomtatása is lehetséges a szabványos mérőszámokkal.

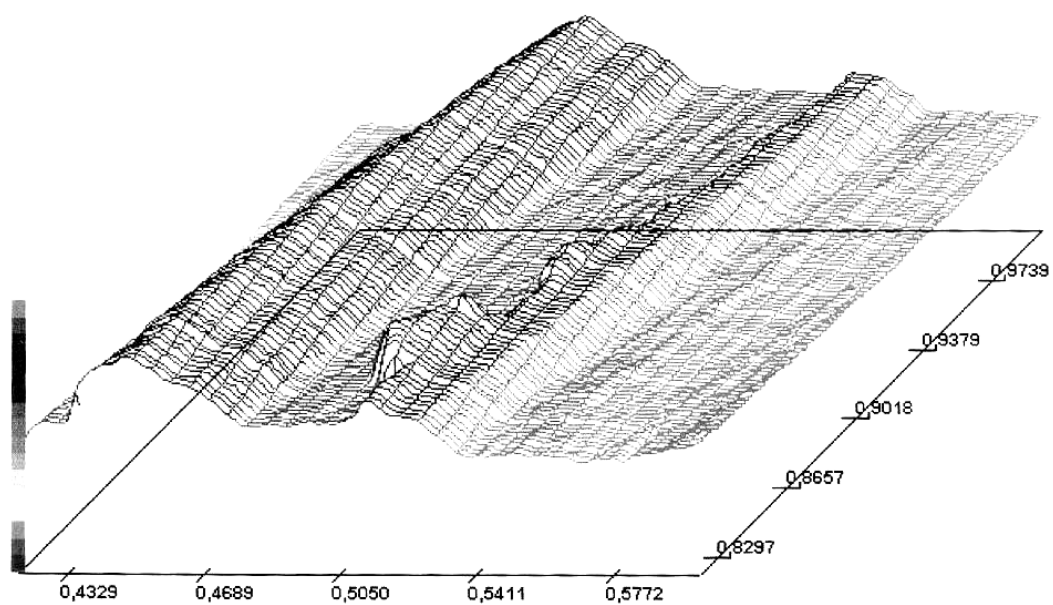
A digitális rendszer előnye, hogy a memóriában tárolt adathalmaz más adathordozóra felvihető.

A mérőgépek legkorszerűbb kivitelei, számítógéppel összekötve, az egymáshoz közel fekvő profildíagram-sorok adatainak kiértékelésével mikrogeometriai szintű felületelemzésre alkalmasak.

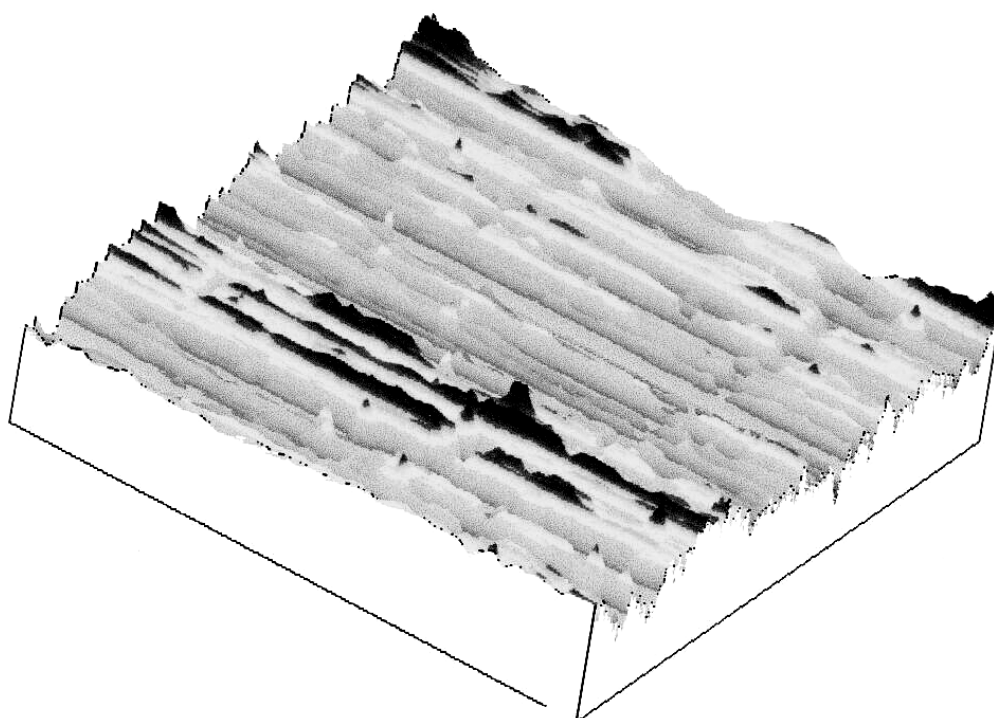
Felülettopográfia

A termékekkel szemben támasztott követelmények fejlődése, a miniatürizálás, a szubminiatürizálás, az élettartam-kritériumok szigorodása új vizsgálati módszerek alkalmazását tették szükségessé. Ez pl. a kopási folyamatok mikro/szubmikrogeometriai jellemzőit elemző felülettopográfiai módszer. A felülettopográfia kis kiterjedésű felületrészek (mm^2 nagyságrendű) szelvénytörzseiből von le következtetéseket. Ez természetesen komoly matematikai-statisztikai – számítógépen futó – támogatást igényel. Ilyen berendezés illetve vizsgálat a főiskolánkon is van.

A **6.22. ábrán** a felülettopográfiai értékeléshez, egymástól igen kis lépésközzel (néhány ezred/néhány század mm) felvett – a számítógép által kirajzolt – szelvénytörzseket láthatjuk, a **6.23. ábrán** pedig a feldolgozott adatok grafikus („hamis színes”) ábrázolását.



6.21. ábra



6.22. ábra

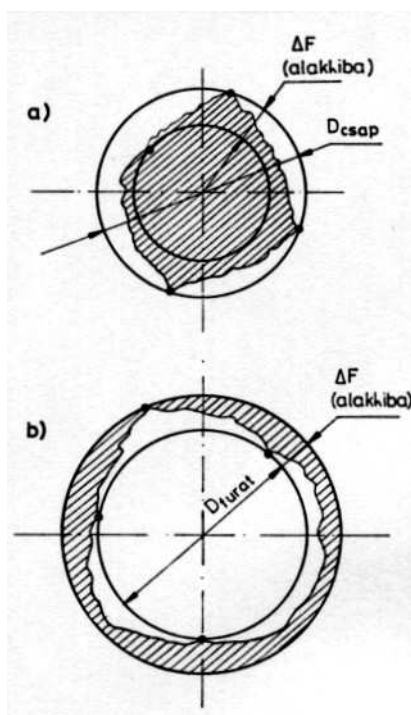
7. Köralak mérése

A mérés célja

A köralak-eltérés, egyszerű és mérőgépes ellenőrzési módszereinek és eszközeinek megismerése.

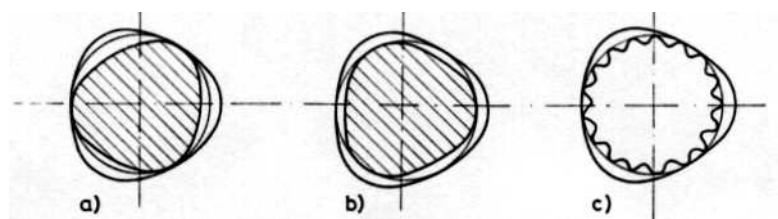
Elméleti ismeretek

Köralak-eltérés: (7.1. ábra) a profilra megrajzolható kör és a valóságos profil pontjai közötti legnagyobb távolság. Az érintő körök átmérője: tengelyek (csapok) esetében a legkisebb három ponton érintő körülírható kör, furatoknál a legnagyobb beírt kör átmérője. Az ábrán jelölt ΔF alakeltérést mindkét esetben a kívülről, illetve belülről érintő, az előbbiekkal koncentrikus körök rádiuszkülönbségével határozzuk meg. A koncentrikus körök az alakzatot csak egy ponton érintik.



7.1. ábra Jellegzetes furatról, ill. csapról készült körkörösségi diagramok, a definíciók értelmezéséhez [4]

Ez a meghatározás az illesztésből indul ki, mivel a csapot azzal az átmérővel határozza meg, amely a legnagyobb beírt körrel bíró furatba még beilleszthető. A profil ilyen minősítése a csereszabatságot helyezi előtérbe, azonban a működés szempontjait nem veszi figyelembe.



7.2. ábra „K”-profilos furat/csap és „K”-profilos furat/sokszöketű csap illeszkedése [4]

A 7.2. ábrán (a, és b) olyan csap/furat illeszkedést látunk, ahol a két alkatrész névleges átmérője és köralak-hibája megegyező.

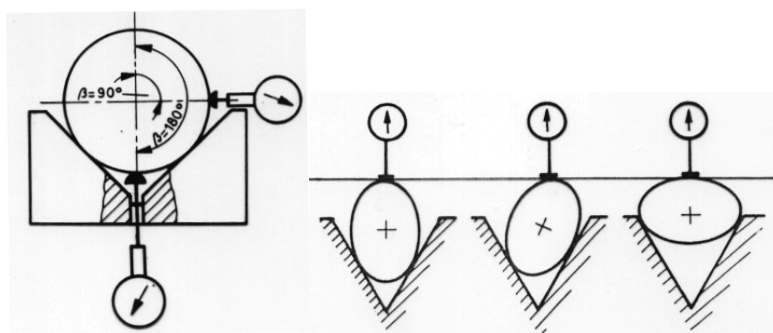
A köralak-eltérés vizsgálatakor elsősorban az **alakejtérés** szempontjából vizsgáljuk a profilt. Az alakhiba pontos felvilágosítást ad a gyártás egyes fogyatékoságairól.

Köralak mérése egyszerű eszközökkel

A tömeggyártás egyszerű ellenőrző módszere volt a **mérőgyűrű**, mellyel a köszörült munkadarab alakhelyességét tudták ellenőrizni.

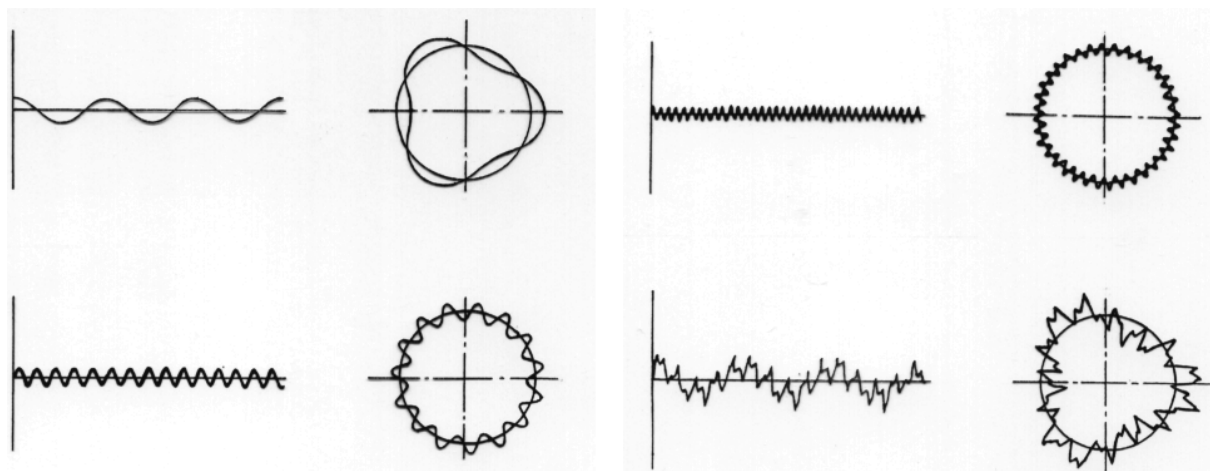
Egyedi, de kevésbé pontos módszer, ha prizmában helyezük el a munkadarabot és körbeforgatjuk, miközben a finomtapintó az alkotójára támaszkodik. A hibáról valóságos értéket nehéz megtudni. A bizonytalanság oka, hogy a bázisfelület is hibás (mely a prizmára támaszkodik), így a munkadarab elméleti tengelye a helyzetét állandóan változtatja a körbeforgatás közben. A **7.3. ábra** ovális munkadarab esetében mutatja be ezt a gyakran alkalmazott módszert. Az ábrán látható példában a finomtapintó a prizma felezőszögére merőlegesen helyezkedik el.

A prizma szögétől (pl.: 60° , 90° , 108° , 120°) és a sokszögűségtől (pl. 3, 5, 7, 9) függően a finomtapintón leolvasott értéket módosítani kell, mert a tengely átmérőváltozása és a finomtapintó elmozdulása nem esik egy egyenesbe. Az ábrán látható két elrendezés ($\beta = 90^\circ$, $\beta = 180^\circ$) közül mérés technikailag lényegesen kedvezőbb, amikor a prizma felezősíkjára a finomtapintó merőleges.



7.3. ábra. Köralak ellenőrzése prizmában

A profilalak leírása (7.4. ábra): Minden profil létrehozható egyedi, egymásra épülő elemek sorozatából. A profilalak vizsgálatok a szinuszhullámok szuperponálásával elemezhetők jól az alakhibák, ezért használják elemzésre széles körben a Fourier-analízist. A 7.1 a), b), c) ábrák hullámaiból szuperponálva jelenik meg az összprofil. A szüretlen profildiaagramon ez az összprofil jelenik meg. Nehezen értékelhető, mert alig ismerhetők fel azok az elemek, melyekből összetevődik.

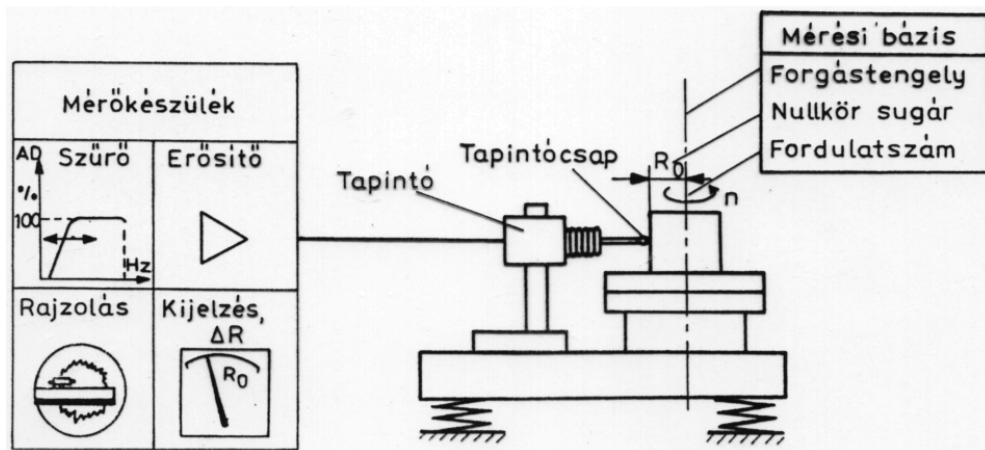


7.4. ábra A körprofil-alak leírása

A profil hosszát, illetve körprofil esetén a területet alaphossznak választjuk. Ezután megállapítjuk a hullámok számát az összprofilra vonatkoztatva, a hozzátartozó amplitúdókkal. Azt az alaphibát, amely egy szinuszhullámmal szuperponálódik az alaphosszra, azt I.

felharmonikusnak, ha két hullámmal, akkor II. felharmonikusnak, stb. nevezzük. Ezzel a módszerrel a teljes alak leírható.

A köralakvizsgáló mérőrendszer tulajdonságai. A köralak-vizsgáló készülék elvi felépítése a 6.2. ábrán látható. Alapvető tulajdonsága, hogy mérőbázist tartalmaz, amit alapkörnek (R_0) nevezünk. A körasztal és a diagrampapír azonos fordulatszámmal forog. A profilalak frekvenciája $f = v/\lambda$ [Hz], ahol „f” a hiba frekvenciája, „v” a mérőasztal kerületi sebessége, „ λ ” a hiba hullámhossza.



7.5. ábra A köralak-vizsgáló elvi felépítése

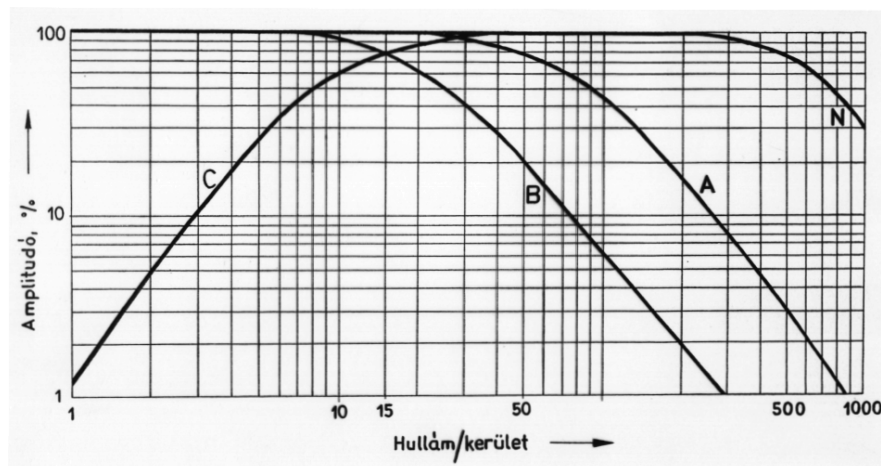
A mérőkészülék részei: érzékelőfej (2), erősítő a tápegységgel (3), analóg kijelző berendezés (4), írszerkezet (5), szűrők (6). A tapintócsap gömbös-, vagy élben végződő. A gömbös végződésű tapintó maga is szűrőként viselkedik.

Statikus jelleggörbe: arról tájékoztat, hogy a kimenő jelek milyen határok között arányosak a jelző műszeren. Ez az induktív finomtapintó-jelleggörbe lineáris szakaszának felel meg.

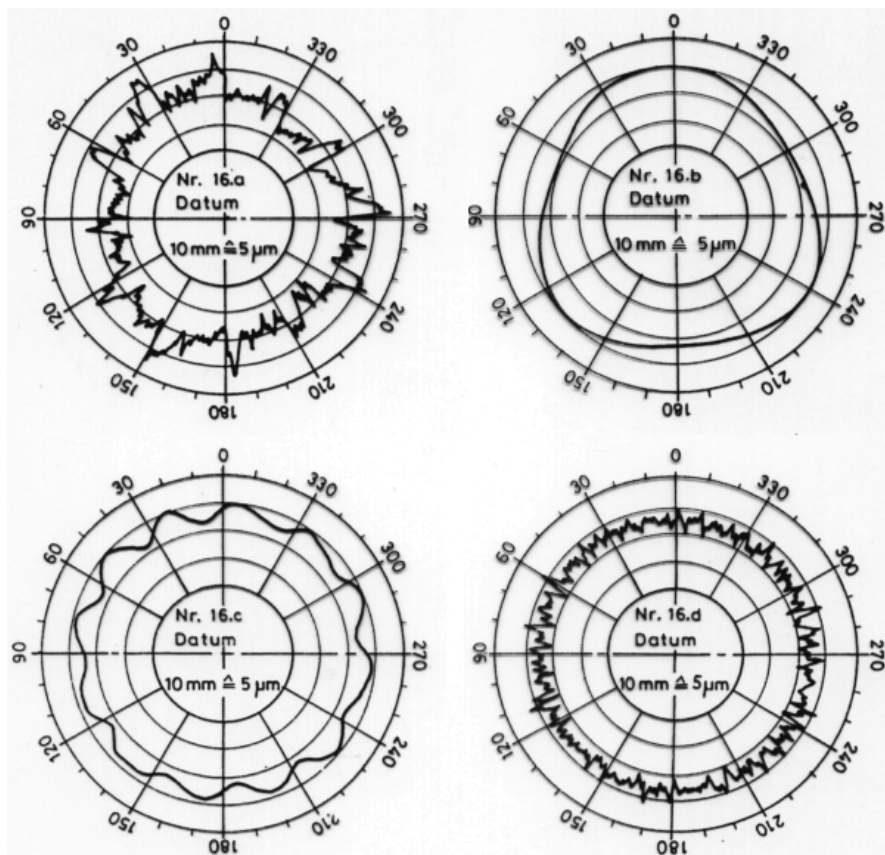
Dinamikus jelleggörbe: összekapcsolódik a szűréssel. A mérőfejből érkező jelet az erősítő a mindenkor frekvenciának megfelelően teljesen vagy csökkentett amplitúdóval erősíti és adja tovább a kijelző berendezésnek.

Szűrők (7.6. ábra). Az erősítő fontos részei. A készülék a nagyon nagy és nagyon kicsi frekvenciákat nem veszi fel. Az érzékelési tartományban van olyan frekvencia-tartomány, amelyben a bemenő amplitúdók 100 %-osan, ez alatti és feletti frekvenciák legyengítve jelennek meg.

A dinamikus jelleggörbe beállítható, segítségével a vizsgált amplitúdó-tartományt ki tudjuk választani, az ezen kívül esőt a szűrő kiszűri.

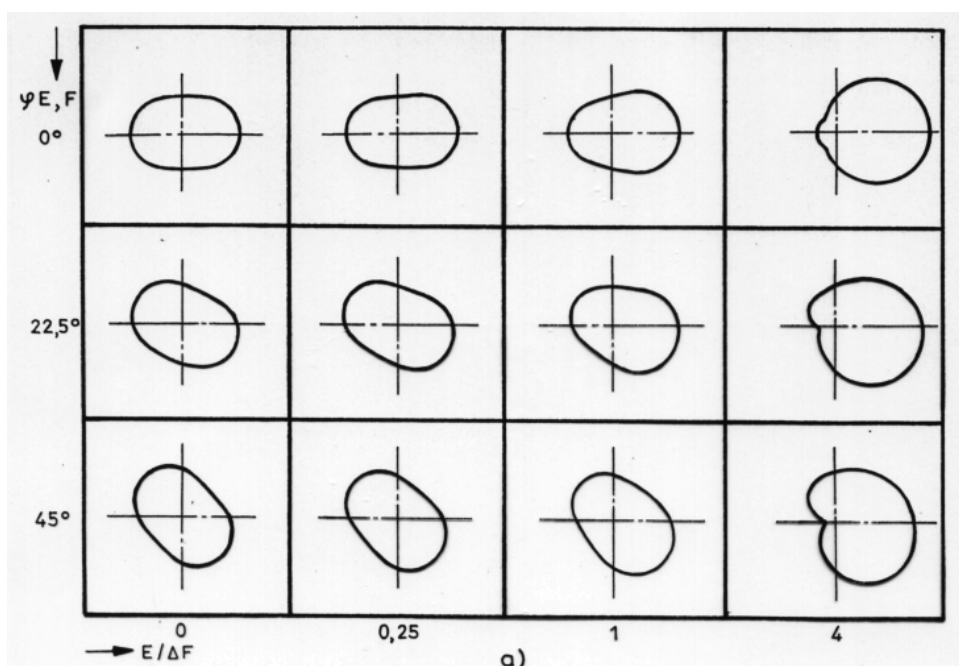


7.6. ábra A frekvenciaszűrők jelleggörbéi



7.7. ábra Különböző szűrőkkel felvett diagramok

A központosítás szerepe. A mérendő munkadarab középpontja és az asztal forgás-középpontja nem esik egybe. A helyzeti hiba külpontossággént jelentkezik, tehát az általa okozott hiba egyetlen hullámként jelentkezik. Ha a mérendő profil alakhibát tartalmaz és külpontos helyzetű a beállítás, akkor a mérés során kapott diagram erősen torzul, az értékelés hibás lesz (7.8. ábra). Ezért a mérés megkezdése előtt először kézzel, majd az asztal finombeállítójával a mérendő munkadarabot a lehető legpontosabban központosítani kell az asztalon. Ez időigényes. Ezt a folyamatot teszi egyszerűbbé és gyorsabbá a korszerű gépeken található magas szűrő.



7.5 ábra A külpontos munkadarab-elhelyezkedés hatása a kapott diagramra

8. Háromkoordinátás méréstechnika

A koordináta méréstechnika fogalma egyidősnek tekinthető az NC megmunkálás megjelenésével, melynek rohamos elterjedése a gyártott termékek átfutási idejét csökkentette. Ez kényszerítőleg hatott arra is, hogy az ellenőrző mérések idejét egyre jobban csökkentsék.

A **koordináta méréstechnika** a darab jellemző méreteit, egymáshoz viszonyított helyzetét egy megadott (felvett) koordináta-rendszerbe helyezve vizsgálja, a mai CNC technikával közel azonos módon.

A koordináta méréstechnika eszköze a **koordináta mérőgép**, amelynél a darabról a jellemző méreteket mechanikus tapintással, vagy optikai úton vesszük fel. Napjaink koordináta mérő rendszereinek szerves része a számítógép, amely ezeknek a rendszereknek a rugalmasságát, univerzális felhasználhatóságát adja. A jelen és a jövő útjai azok, a már szakértői rendszerrel kiegészíthető megoldások, amelyek kétirányú adatcsere kapcsolatot létesítve a CAD/CAM rendszerekkel, tervezéssel egyidejű méréstervezést és szimulációt, valamint mérési eredmény visszacsatolást nyújtanak. A numerikusan vezérelt gépek nagy fejlődést jelentenek az alkatrészek gyorsabb, pontosabb és gazdaságosabb gyártásában, a bonyolult profilok elkészítése sem jelent nagyobb problémát. A munkadarabok tűréseinek gyors ellenőrzése az első gyártott darabokon, valamint szerszámcserék után is alapvetően fontos annak érdekében, hogy elkerüljük a selejt gyártását.

A **koordináta méréstechnika előnyei**: A hagyományos mérés – különösen bonyolultabb alkatrész esetén – nagy, akár eltérő kivitelű elemekből álló eszközparkot igényelhet, ezt sok esetben egyetlen mérőgép kiválthatja. A hagyományos eszközpark használata körülményes és meglehetősen időigényes. Gyakori termékváltás esetén (különösen, ha a termékek jellege eltér egymástól), előfordul, hogy megfelelő mérőeszköz nem is áll az adott pillanatban rendelkezésre.

A koordináta méréstechnika esetén megfelelő számítógépes háttérrel a nagy mennyiségű információ feldolgozása igen gyorsan elvégezhető.

A nagy pontosságú mérőrendszer segítségével - természetesen csak megfelelő környezetben - a mikrométeres mérési pontosság is elérhető.

A rugalmas számítógépes rendszer segítségével **előre elkészített mérőprogrammal** a mérés folyamata annyira leegyszerűsíthető, hogy definiált munkadarabok esetén csak a mérési pontokat kell felvenni, ez már összehasonlítható a számítógépben tárolt alkatrészmoddellel. CNC vezérlésű mérőgép esetén "teljesen" automatizálható a mérés, és ez akár teljes egészében a CAD/CAM rendszerbe integrálható.

Megfelelő szoftver esetén a **sorozatmérés** ideális geometriájú munkadarab adataival rendelkezik, amelyet összehasonlíthatunk az általunk mért munkadarabokkal és a vizsgálat során így megállapítható, hogy a mért adatok az előírt tűréshatáron belül esnek-e.

A 3D koordináta méréstechnika alkalmas bonyolult felületek mérésére, azok számítógépen való grafikus megjelenítésére, akár CAD rendszerbe történő bevitelére is.

Napjaink szigorú minőségügyi dokumentációs előírásainak megfelelő mérési eredmények jegyzőkönyvi dokumentálása akár nyomtatással, akár elektronikus formában, a megfelelő formátumban elvégezhető, így használatával az ISO 9001 által előírt feladatok leegyszerűsíthetők.

Összefoglalva:

- megoldhatók a legáltalánosabb térbeli méréstechnikai feladatok, akár automatizálva is,
- a mérési idő lerövidül, a minőségellenőrzés termelékenyebbé válik,
- a mérési pontosság növekszik,

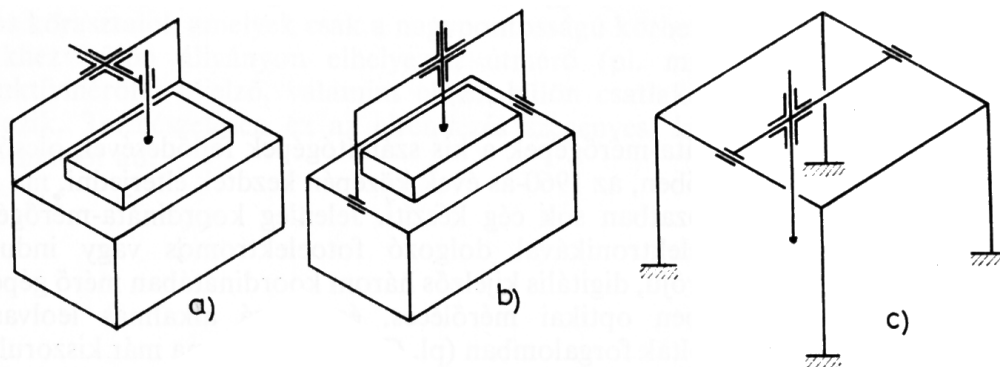
- bonyolult mérési feladatok megoldására is képes (olyan méretek és jellemzők is meghatározhatók, melyek más módon korábban nem voltak megvalósíthatók),
- automatikus mérést, adatfeldolgozást és kiértékelést képes megvalósítani,
- automatikus gyártórendszerekbe való integrálhatóságot tesz lehetővé
- megszünteti a személyzet okozta szubjektív mérési hibákat,
- alkalmazhatósága univerzális és rugalmas.

A koordináta mérés technika **hátrányaként** a magas beruházási és amortizációs költséget kell említenünk, illetve azt, hogy a mérőgép minél jobb kihasználása érdekében a gyártás tervezésére fokozottabb gondossággal kell ügyelnünk.

8.1. Koordináta mérőgépek felépítése és csoportosítása

A koordináta-mérőgépeket felépítésmód (kialakítás) és méret, a letapogatás mód, kiépítettség és automatizáltságuk foka, pontosság, dimenziók, programozási mód szerint különböztethetjük meg egymástól.

- A mérőgépek **pontosságuk szerint** két kategóriába tartoznak: egyik az ún. laboratóriumi (mérőszobai, vagy fokozott pontosságú), másik az ún. üzemi kivitel. A pontosság megadására számítóképlet van, de egyszerűsítve: 0,01 mm pontosság alatt laboratóriumi, 0,01-0,02 mm pontosság felett üzemi mérőgépekről beszélünk. Ezek elméleti értékek és kis távolságra (nagyobb gépeknél 1000 mm-re) vonatkoznak. Ezt a gyakorlatban számos tényező ronthatja (hőingadozás, rezgések), a laboratóriumi gépeket ezért klimatizált mérőszobában, rezgésmentes alapra helyezik
- A **dimenziók szerint** könnyű a meghatározás, mert a korai $2\frac{1}{2}$ D-s gépeket hamar felváltották a 3 D-s gépek. (A $2\frac{1}{2}$ D-s gépek csak síkban tudtak mérni, a harmadik irányban elmozdult ugyan a mérőfej oszlopa, de nem adott méretinformációt.) A több dimenzió opcionális megoldás (NC körasztal, pl. ferdefogú fogaskerékhez) már csak számítógépes háttér és PLC kérdése, a mérőgép lényegét nem érintette.
- A mérőgépek **kialakítása** többféleképpen történhet. Az alapvető felépítési módok a mérőfej-mozgató egység elrendezése szerint: a hidportálos, a horizontálkaros, oszlopos állványos és újabban a csuklós szerkezetű, ún. humanoid kialakítás.



8.1.ábra A koordináta-mérőgépek kialakítása

- **Nagyságuk** alkalmazási feladatuktól függően igen különböző lehet. (Kis alkatrészek mérésétől komplett járművázak méréséig) **Méretük jellemzésére annak a térnek a nagysága szolgál, amelyet a mérőfej bejárni képes**, pl.: kis gépek kb. (300 mm*300 mm*3150 mm)-től, közepes nagyságú gépek pl. (1200 mm*1000 mm*600 mm), nagy gépek (2400 mm*2800 mm*3800 mm-től kb. 12000*3500*2500 mm-ig).

Mechanikai felépítés

A **mérőasztal és a vezetékek** anyagát úgy választják meg, hogy hőtágulási együtthatójuk minél kisebb legyen, a legkevésbé se vetemedjenek. Míg korábban a gépek szerkezeti anyagaként kizárólag fémek szolgáltak, ma az asztalok és szánvezetékek készítésére

természetes márványt és műmárványt használnak, mert a márvány hőtágulási együtthatója csekély, alaktartása kedvező /nem deformálódik/, s rezgéscsillapítása is jó. A különféle fémötvözetekből összeválogatott és konstruált mérőgép-szerkezeteknek az a legnagyobb veszélye, hogy a különböző fémötvözetek nem azonos módon reagálnak a hőmérséklet-változásokra, a szerkezet elhúzódik, elfeszül. Egy 1–2 μ m pontosságú mérőgépnél még légkondicionált környezetben is könnyen előfordulhat, hogy mérési pontossága e miatt lecsökken.



8.2. ábra. A baloldali képen egy hídportális, a jobb oldali képen egy horizontál-karos (vízszintes vezetésű mérőfejes) mérőgép látható [1]

Az esetek túlnyomó többségében a **vezetékek** légcsapágyazásúak, pontosságukat önálló kalibrálható mérőrendszer biztosítja. A légcsapágyazás legnagyobb előnye, hogy a csapágyazások közül a legjobban csillapítja a rezgéseket, oly módon, hogy a szabadságfokok között nincs érintkezés.

A mérőgépek alapeleme általában egy rendkívül stabil **gépágy** /gépállvány/, amely a - nagy méretek kivételével – munkadarabok felfogására szolgáló asztalt hordozza. A kis és közepes méretű mérőgépeknél monolit márványtömbből készítik a nagy pontosságú berendezések asztalát, és a portálszán futófelületét.

Továbbiakban most a mérőgép, számunkra legfontosabb egységével, a mérőfejekkel illetve a tapintókkal foglalkozunk.

Mérőfejek, tapintók

A **letapogatás módjai** alapvetően kétféle lehet, érintéses (valamilyen kivitelű tapintóval), vagy érintésmentes (lézeres, illetve kamerás). A legtöbb esetben úgy kapunk geometriai információkat a mérendő munkadarabról, hogy megérintjük. Az érintés közben nem fejtünk ki akkora erőt, hogy az a mérendő munkadarabon rugalmas vagy rugalmatlan alakváltozást okozzon. A legtöbb mérőcsúcs annyira érzékeny, hogy kb. 2 N tapintóerő hatására mérési jelet küld a feldolgozó rendszer felé.

Számos mérőfej-konstrukció ismeretes, de a felhasználás szempontjából két csoportjuk van.

- Az egyik az ún. **kapcsoló típusú mérőfej**, mely egy (diszkrét) megérintéssel egy adatot szolgáltat. (ráfutás-megérintés-méretfelvétel-adattovábbítás). A használata a korszerű mérőgépeknél korlátozott, ezért kizsárolóban van. (Beszerzésére az egyetlen

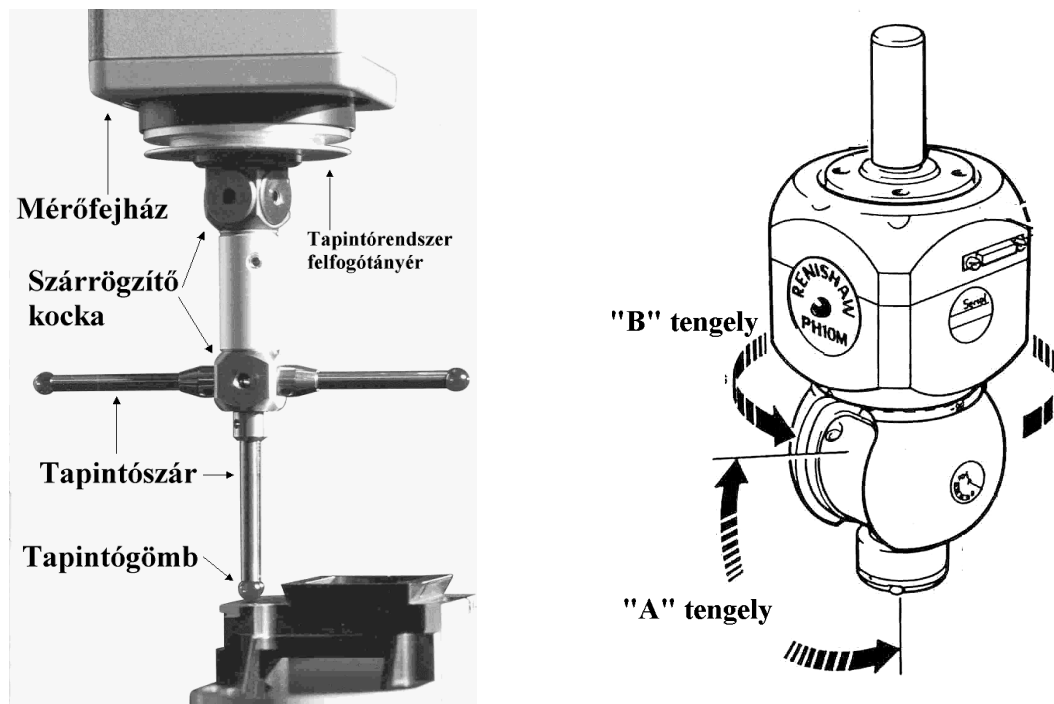
indok a másik típusnál lényegesen kedvezőbb ára, illetve, hogy ha a szoftver csak ezt tudja támogatni.)

- A másik csoportba a **folyamatos letapogatású** (ún. scanning típusú) mérőfejek tartoznak, amelyek a felületen folyamatosan „csúszva” – végig állandó mérőnyomás mellett, adott sűrűséggel szolgáltatják a pontadatokat. Az érintésmentes, optikai letapogatásos eljárások lézersugarat vagy mátrixkamerát (CCD) alkalmaznak. A mátrixkamera a kontúrok érzékelésére alkalmas, különösen jól alkalmazható soknyílású, sokfuratú lemezek, lyukátmérők, lyukpozíciók, mart felületek ellenőrző vizsgálatára, fogaskerek ellenőrzésére, sorja ellenőrzésére.

A **mérőfej** munkadarabbal érintkező része a **tapintó**, mely a mérőfej cserélhető része. Ez alapesetben tapintószárból és egy tapintógömbből áll. A tapintószár hengeres kialakítású, hossza és átmérője a feladattól függően választható. A tapintógömb nagy alakpontosságú műrubin. Esetenként alkalmaznak korong kialakítást is pl. hengeres beszúrások ellenőrzésére.

Bonyolultabb feladatok elvégzésére egy közösítő kockára több tapintószárat is felszerelhetnek, illetve „szögbe fordítható” (csuklós) tapintószárak alkalmazásával a koordináta tengelyekkel szöget bezáró, nehezen hozzáférhető részek is vizsgálhatók

Az utóbbi évek egyre jobban terjedő konstrukciója, a **térben beálló**, ún. „motoros”-mérőfej, mely egy tapintószárat használ, de az – igen nagy szögtartományban – numerikus módon vezérelhető.



8. 3. ábra Térben beálló tapintófej

8.2. A mérőgépek automatizáltsága, programozási lehetőségek

Az automatizáltság fokozatai

A koordináta-mérőgépek egyik legkorábbi, legegyszerűbb kivitelű képviselője csak egy - ötletesen rögzített - forgatható tapintótűvel és a három koordináta tengely mellett történő mozgás pillanatnyi helyzetét kijelző elektronikus egységgel rendelkezik. Itt a pillanatnyi tapintótű-pozíció állandóan leolvasható, de egyéb kiértékelési lehetőség nincs. Ennek ellenére, pl. nagyméretű sajtolt lemezzalkatrészek kontúrjának ellenőrzésére jól használható volt.

A bonyolultabb mérési feladatok ellátásának megoldására az első, adatátadásra alkalmas tapintójú mérőgépek már a 70-es évek elején-közepén megjelentek, ekkor még kézi vezérléssel. A koordináta mérőgépek kézi vezérlése azt jelenti, hogy a mérést végző személy egy segédprogram segítségével a mérés során a vizsgálandó alkatrészelem mérését (pl. egy furat) a feldolgozó rendszer felé kiadott utasítással indítja, majd a mérés végrehajtása után következő mérést szintén ő végzi el. A mérőgép-kezelő kézzel irányítja a mérőfejet (kézi kezelőtábla vagy joystick), a munkadarabot finom mozdulattal megérinti, a mérőfej érzékeli az érintkezéskor történt elmozdulást és az aktuális pozíciót, ezt küldi a számítógépbe. A kisméretű mérőgépeknél – az alkalmas helyen – kézzel kell megfogni és mozgatni a mérőfejet, a nagyobb méretűeknél a mozgatás – a nagy méretek miatt – motoros hajtással történik, a már említett kézi vezérlőtábla illetve joystick segítségével.

A következő fejlődési fok az NC programozhatóság megjelenése volt a koordináta mérőgép saját programnyelvén illetve programozó egységén.

A legkorszerűbb mérőgép-vezérlési eljárás az olyan gépi programozhatóság vagy automata vezérlés, melynek során a CAD rendszerben megtervezett munkadarabon valamilyen segédprogram segítségével definiálunk vizsgálandó referenciákat, amelyeket továbbítunk a mérőgép feldolgozó rendszerébe. Az alkatrész koordináta mérőgép mérőterébe helyezése után csupán a koordinátarendszert kell a darabhoz igazítani, ezután a CNC vezérlés segítségével automatikusan mozgó mérőgép a kitüntetett pontokon ellenőrzi a munkadarabot. A koordináta méréstechnika automatizálásával a mérés is emberi beavatkozás nélkül végezhető ill. végeztethető, csak a méréstervezés igényel szakembert. A mérőgép a rugalmas gyártórendszerbe és a CAD rendszerbe integrálható.

A letapogatási folyamat programozása

A letapogatási folyamat programozása háromféle módon történhet:

- a tapintófej útvonalának közvetlen, manuális programozása révén, a gépvezérlés formátumában és kódjaival,
- tanulóprogramokkal: A tanító programozás segítségével azonos geometriájú munkadarabok mérése végezhető el hatékonyan. A tanító üzemmód beállítása után kézzel irányítva a tapintófejet megérintjük a munkadarab kiemelt pontjait, amit a számítógép elment az adattárba. A többi munkadarab esetén a gép visszahívja ezeket a pontokat és a programot lefuttatva sorban megméri az alkatrész és a tárolt referenciapontok eltérését.
- CAD/CAM rendszerbe integráltan, egy a mérőgéptől különálló számítógépen, vezérlőadatokat generáló problémaorientált programozási nyelv használatával önálló mérőprogram készíthető.

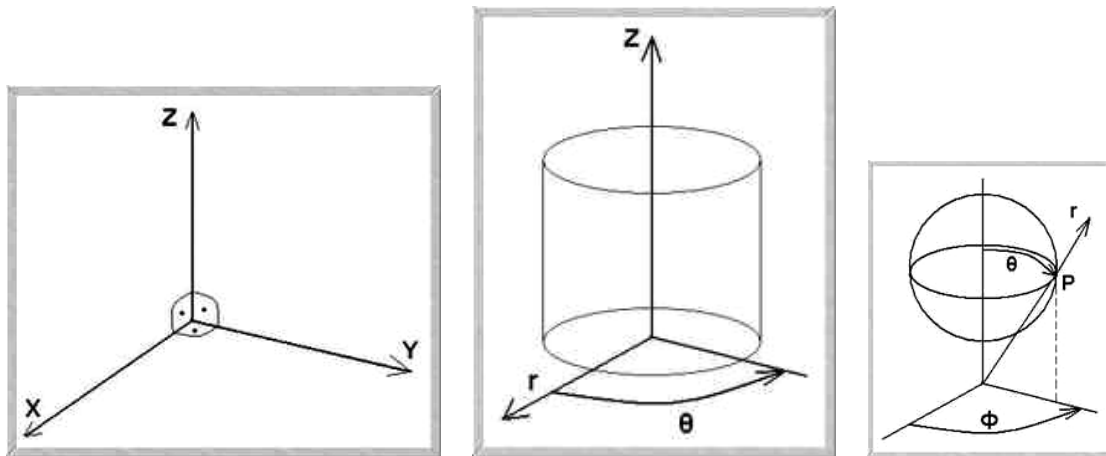
9. A koordináta méréstechnika alapjai

9.1. Koordináta méréstechnika koordináta rendszerei

A koordináta geometria **vektorszemléletű**, a háromdimenziós tér pozícióinak leírásához a következő koordináta rendszereket használják:

- **Descartes-féle koordináta rendszer**, amelyben három egymásra merőleges egyenes (X, Y, Z) három egymásra merőleges úgynevezett koordinátasíkot határoz meg. A tér tetszőleges „P” pontjának x, y, és z koordinátáit a „P” pontnak a koordinátasíktól mért és meghatározott előjellel vett távolságai adják meg.

- **Henger koordináta rendszer.** Henger-szimmetrikus daraboknál célszerű ebben a koordináta-rendszerben mérni (pl. mechanikus vezérdobok, vezértárcsák). A „Z” irány a henger tengelye, „r” a henger sugara, „ θ ” az x és r tengely hajlásszöge.
- **Gömb koordináta rendszer,** jellemzői (r, θ , Φ).



9.1. ábra Koordináta rendszerek

A **letapogatás** a felület előírt pontjain történik. A letapogatási pontok "pontfelhőt" képeznek. A pontok általában nem ideális geometriájú felületen fekszenek. Az elemek meghatározásához egy-egy minimális pontszám szükséges. Az alábbi elemeket meghatározó minimális pontszámok a következők: pont: 1 , egyenes: 2 , sík: 3 , henger: 5 , gömb: 4 , kúp: 6. ...stb.

Síkbeli geometriai elemek

- **Pont:** A legalapvetőbb geometriai elem, térbeli kiterjedése nincs és bármilyen koordináta rendszerben egyetlen vektorral egyértelműen definiálható.
- **Egyenes:** Egy egyenes két, nem egybeeső ponttal definiálható. Az egyenes definíció mérési problémáját a két pont megválasztása okozza. Mivel a gyakorlatban matematikailag pontos egyenes nem található az alkatrészekben, ezért túlhatározott pontrendszerből lehet csak kellő pontossággal következtetni a generáló pontokra. Megadható az egyenes egy ponttal és a koordinátatengelyekkel bezárt szög értékével is.
- **Kör:** a sík azon pontjainak mértani helye, amelyek a sík egy adott pontjától egyenlő távolságra vannak. Koordináta geometriai reprezentációja három, páronként nem egy egyenesre eső pontot igényel. A kör önmagában már síkalkotó elem, mint ismeretes, hogy bármely páronként nem egy egyenesbe eső 3 pont síkot definiál. A kör szintén több pontból különféle statisztikai eljárásokkal számítható, például többszörös húrmetszési középpont definícióval, vagy legkisebb négyzetek módszerével megoldott túlhatározott egyenletrendszerből.
- **Sík:** minden irányban végtelenbe nyúló felület. Síkot 3 pont mérésével lehet felvenni a koordináta mérőgépen.

A geometriai elemek összekapcsolása révén lehetőségünk van egyedi méretektől elvonatkoztatott összefüggések vizsgálatára is. A leggyakoribb ilyen feladatok a különböző helyzetviszonyok és metszési feladatok, például a bezárt szögek és a távolságok meghatározása is

Térbeli geometriai elemek

- **Gömb:** A gömb a tér azon pontjainak mértani helye, amelyek egy ponttól azonos távolságra vannak. Mérésnél több irányból és síkból kell a minimálisan 4 darab pontot felvenni.
- **Henger:** Ha egy egyenest, egy vele párhuzamos egyenes körül megforgatunk, akkor az egyenes hengerfelületet ír le. Hengert legalább 5 ponttal írunk le..
- **Kúp:** Ha egy egyenest egy adott síkgörbe mentén úgy forgatunk, hogy az egyenes egy pontja helyben marad, akkor kúpfelülethez jutunk. Minimális pontszám a mérésnél 6 darab.

Síkgörbék (Tájékoztató anyag)

A görbék leírásának matematikai eszközeként a polinomokat választották a szakemberek a jó deriválhatóságuk miatt. Ez azért fontos, hogy a görbe bármely pontjához egyszerűen ki lehessen számítani az érintőt.

- Szabadformájú görbéket pontokból kiindulva állítják elő, a pontokon a görbének át kell haladni, vagy közelíteni kell azokat
- **Bezier görbék:** Paul Bezier francia matematikus, aki a Renault gyárnál autókarosszériák számítógépes tervezésének gyakorlatában alkalmazható vezérlőszöveget vezette be, amelynek csúcspontjainak helyzete a görbe alakját irányítja. A görbe jellemzői a globális vezérlés, a görbének a vezérlőpontok számával összefüggő fokszáma, a görbének az első és utolsó vezérlőponton való áthaladását, és a vezérlő sokszög első és utolsó szegmensére való merőlegessége. Görbe fokszáma függ a vezérlőszög csúcspontjának számától, annál mindig eggyel kevesebb. Bezier görbe egy darabból áll.
- **B-szplájn görbe** a magasabb rendű görbék leírásához a legjobban használható. Görbe jellemzői lokális vezérlés, a vezérlő sokszög első és utolsó csúcspontja a görbén helyezkedik el, miközben a sokszög első és utolsó szegmense pedig érintőleges a görbére. A görbe ezekbe a pontokba kényszeríthető és a sokszögszegmensekkel való érintőlegesség biztosítható. A B-szplájn fokszáma az alkalmazott szplájn függvények fokszámával egyenlő és az nem függ a vezérlőpontok számától. B-szplájn görbe szegmensekből épül fel, a szegmensek határán folytonosságról kell gondoskodni, szegmensek közötti folytonosság az alapfüggvények fokszámától függ.

9.2. Mérés a koordináta mérőgépen

A koordináta rendszer felvétele

A munkadarab mérése a feladat elemzésével kezdődik. Ez a rajz és a kísérő dokumentumok tanulmányozása, a méretek megvizsgálása a darab koordináta rendszerének, az egyes elemek mérési sorrendiségének a megállapításához. A feladat megismerését követi a felfogási terv elkészítése és a szükséges tapintók összeállítása.

Ezután a tapintókat „összekalibrálni” kell egy hitelesítő gömb segítségével.

A mérés első konkrét lépése a koordináta rendszer felvétele.

A mérőgép, mérőrendszere lévén, önmaga is rendelkezik koordináta rendszerrel (gépi koordináta rendszer). Ezt összhangba kell hozni a munkadarab koordináta rendszerével. (Ennek ismertetése a gyakorlat egyik része).

Ez a következőképp történhet: **a munkadarabról vesszük fel a koordinátarendszert:** a mérőgép asztalára helyezve a mérendő alkatrészt - felvesszük a mérési dokumentáció szerint a koordinátarendszert. Ezt a darab bizonyos síkjainak, pontjainak, furatainak stb. megfelelő számú megérintésével, és a szoftver megfelelő menüjének a segítségével lehet végrehajtani.

A munkadarab a koordinátarendszere szerint: a koordináta mérőgépen megfelelő helyre ütköztetve és rögzítve, ha szükséges, a darab azonnal mérhető, de pontossági problémák gyakrabban előfordulhatnak ennél a megoldásnál. Ez a módszer több darab, egymás után történő mérésénél használatos.

Mérőgépen állítják be a mérőkészüléket: a mérőkészülékbe befogott munkadarab a mérőgépen előre beállított készülékbe kerül. Ez a megoldás akkor használatos, ha a darab bázisfelületeihez (a koordináta rendszert meghatározó felületeihez) nem lehet hozzáférni. Ilyenkor a koordináta rendszert a készülékről veszik fel, a darab behelyezés után azonnal mérhető. Olyan eset is lehetséges, amikor az ülékek kézi állítása a koordináta mérőgépen történik. Mérőkészülékben általában nem szabályos felületű, például sík felülettel nem rendelkező alkatrészt mérnek.

A geometriai jellemzők számítása

A geometriai jellemzőket tekintve a következő csoportokat különböztetjük meg: **méretadatok, alakadatok és helyzetadatok.**

A 3D koordinátatechnika mindegyik jellemző vizsgálatára kiterjed. Amikor a munkadarab alakjának leírása, kiegyenlítő számítások révén az alak és érdességi eltérésektől mentesítve felületmátrixok alakjában már a számítógépben tárolódik, tetszőleges méret és helyzet jellemzők számíthatók. Matematikailag egyértelmű az olyan méretek jelentése, mint pl. a gömbátmérő, a hengerátmérő és a kúpszög.

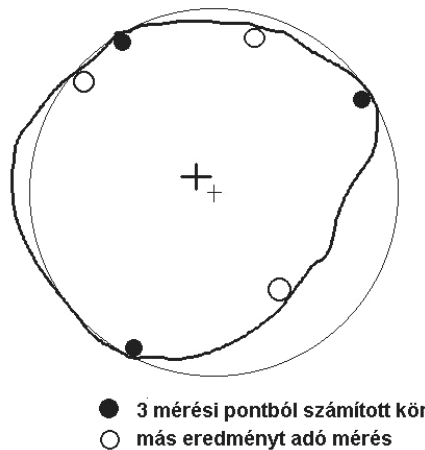
A geometriai elemek jellemzőin kívül más geometriai feladatok is meghatározhatók. Ilyenek pl. – a tetszőleges (síkbeli és térbeli vegyesen egyaránt) – **elemek távolsága** (pl. kitérő térbeli egyenesek legkisebb távolsága, gömbközepppont és egyenes távolsága, sík és egy kívül fekvő pont távolsága, két kitérő, térben fekvő henger közötti legkisebb távolság.), a testeken áthaladó egyenesek **dőféspontjai**, egymást metsző síkok áthatás vonalai, különböző elemek metszéspontjai, szimmetriapontok és szimmetriavonalak stb. Ezen kívül különféle transzformációs feladatok: koordinátarendszer eltolás és elforgatás, átkonvertálás más koordináta rendszerbe (pl. Descartes > polár) stb.

A pontok sajátos mintázatba rendeződhetnek. Így, vannak pontkörök, pontsorok és pontrácsok (pont-raszterek). Ezek a mintázatok megkönnyítik a ponthelyzetek leírását, minthogy a minták gyakran kétdimenziósak tekinthetők. Megkönnyítik a lyukkörök, fogaskerékosztások és fogaslécosztások, valamint a lapszerű tárgyak lyukmintázatainak ellenőrző mérését.

A mérési pontok száma és az ezzel kapcsolatos problémák

A mérésnek a minimálisnál lényegesen több pontra kell kiterjednie, hogy a mért értékek alapján a mérőgép kiértékelő berendezése a pontfelhőt egy ideális felülettel, kerülettel helyettesítse, amely azonos alakú, mint a névleges felület. Az ideális geometriájú, helyettesítő felülethez képest az egyes letapogatási pontok eltérése alakeltérésből, letapogatási vagy mérési bizonytalanságból származhat. Az alakhiba és a mérési hiba egymástól nem különböztethető meg. **A letapogatási pontok számának, helyes megválasztásán kívül fontos a pontok felület menti eloszlása is.** Kimutatták, hogy a pontok helytelen elosztása hibás mérési eredményre vezet. Általános szabály, hogy egy mérés csak olyan precíz lehet, mint amilyen helyes a letapogatása. Figyelemmel kell lenni arra a körülményre, hogy a kiegyenlítés által adódó felület fekvése vagy nagysága esetleg hamis, ezt a hibát korrigálni kell.

Az alábbi ábrán a többpont-mérési módszer látható, mely egyaránt vonatkozhat vonal menti, illetve felületi mérésre is.



9. . ábra A túl kevés mérési pont okozta hiba:
a számítógép által kiszámított kör mérete lényegesen nagyobb, a pozíciója is más.

A koordináta mérőgép számítógépes háttere

A koordináta mérőgépek felhasználhatóságát nagymértékben befolyásolja a számítógépes feldolgozó háttér szoftver-hardver állománya. **A szoftver adja meg azt a rugalmasságot, amely az egyetemes felhasználáshoz szükségeszerű.** A geometriai elemek összefüggéseinek a vizsgálatára is használhatók, akár az eredeti méréstől független sorrendben és összefüggésben. Így például egy hengerfej furatainak mérésével nem csak az önálló furatok vizsgálhatók, hanem a furatok osztóköre is, amely az önálló furatok középpontjából határozható meg.

A mérőgép-CAD kapcsolat, a méréstervezés

A korszerű méréstervezés elemei: felfogástervezés, tapintódefiníálás, mozgás-szimuláció

A CAD/CAM mozaikszó hagyományosan a termék számítógéppel támogatott tervezése és a termék számítógéppel segített gyártása szétválaszthatatlan egységét fejezi ki. A CAD a mérnök munkájának széles és hatékony eszközrendszerét adó számítógépi rendszer központjában, meghatározó szerepet betöltve alkot. A CAM az alak leírásának fogadásától, a szerszám pályák, a vezérlőprogram tervezésén keresztül egészen a számítógéppel irányított számjegyvezérlésű megmunkálásig terjed.

A jelenlegi 3D tervező rendszerek egyre inkább lehetőséget kínálnak az alkatrészek 3D mérési tervezésére is. A méréstervezés és az alkatrész-tervezés összehangolása lehetőséget teremt a mérésre, megfelelő gyártmánytervezésre, amely a minőségellenőrzés későbbi fázisait könnyíti meg.

A legkorszerűbb mérőgép-vezérlési módszernél a CAD rendszerben modellezett munkadarabon meghatározható a vizsgálandó felületelem, amelynek adatai átkerülnek a mérőgép adatfeldolgozó egységébe. A CAD rendszer mérés technikai moduljában (CAQM) lehetőség van a tapintó útpályájának a megtervezésére. Ehhez viszont elengedhetetlen egyrészt a mérendő alkatrész felfogásának a megtervezése, másrészt ezzel összhangban az összeállítandó tapintórendszer méreteinek a meghatározása. A felfogási tervhez a készülékelemeket az adatbázisból választhatjuk ki. A modul segítségével a számítógépen szimulálhatjuk a készülék felépítését. A szimuláció lehetőséget ad több készülék-variáció kipróbálására is (megoldáselemzés). A következő lépés a megfelelő tapintók kiválasztása a készletből. Ez a kiválasztás is történhet a számítógépes adatbázisból, de történhet kívülről történő adatbevitellel. A választott tapintók ismeretében már elvégezhető a **mozgásszimulációval** a készülék-variációk ütközésvizsgálata.

A mérőgép a mérőprogram lefuttatásával automatikusan ellenőrzi, hogy a megmunkált darab geometriája az előre megadott hibahatárokon belül van-e. **Az ellenőrzés az elkészült darab letapogatás által nyert valós geometriájának a tárolt geometriával történt összehasonlítása.** A koordináta méréstechnika automatizálásával a mérés emberi beavatkozás nélkül, akár felügyelet nélkül is végezhető ill. végeztethető, csak a méréstervezés kíván szakembert.

A mérés dokumentálása

A modell, mint a mérnöki munka számítógépben tárolt eredménye, a gépészet területén felváltja a hagyományos dokumentációkat. **A mérés dokumentálhatósága lényeges feladat,** mert egyrészt a megrendelő által megrendelt munkadarab előírt tűrési értéken belüli legyártását igazolja, másrészt az itt elkészült bizonylatok a kiszállított termék jellemzőit tartalmazzák.

A gyártásközi ellenőrzés a megmunkáló gépeknek biztosít adatot a korrekciókhoz, vagyis a megmunkálás pontosságának a tűrésmezőn belül tartásához.

Az ISO 9001 szerinti minőségirányítási rendszerekben a kimenő áru vizsgálata, és annak dokumentálása kimagasló jelentőséggel bír. Napjaink korszerű, integrált CAD/CAM/CAQ rendszerei képesek rugalmasan illeszkedni a megrendelő adatformátum és jegyzőkönyv formátum igényeihez is.

9.3. A koordináta mérőgépek készülékezése

A készülékek típusai

Eltekintve néhány területtől, mint a lemezalakítás nagyobb méretű, alapsíkkal rendelkező szerszám-egységei, ahol az elegendő súly miatt a mérendő alkatrész nem mozdul el, a bonyolultabb, vagy síkokkal nem rendelkező alkatrészeket készülékbe kell felfognunk.

A mérendő alkatrészek rendkívül sokfélék lehetnek, kezdve a mechanikus karóra-háztól, a ferdefogú fogaskerék, csavart turbinalapát, autó szélvédő, hajlított csőidom, autókarosszéria-elem, teljes autókarosszériáig. Ezek méréshez történő készülékezése alapvetően kétféle módon történhet. Az egyik mód az, hogy az adott alkatrészhez – általában házilagosan – terveznek és készítenek készüléket, esetleg a meglévő forgácsoló készülék elemek segítségével, illetve átalakításával.

A másik mód a kifejezetten méréstechnikai célra tervezett, ún. EÖK (elemekből összeállítható) készülékek használata. Olyan esetekre jellemző, ahol az alkatrészegységek sokfélesége, illetve a gyakori termékmodell-váltás a jellemző. Kifejezetten elengedhetetlen olyan esetekben, ahol a mérőgép, a kihasználtság fokozása érdekében, cégen kívüli megbízásokat is ellát. Ilyenkor nem lenne szerencsés, ha a bevételt hozó mérési feladatot a felfogási problémák miatt vissza kellene utasítani.

Az EÖK készlet elemei rendkívül rugalmasan variálhatók egymással és a készlet korlátlanul bővíthető. Részai: a furatos alaplapok és rúdalakú téglatestek, összerögzítő elemek, különféle csapos ülékek, tájológombák, prizmák, leszorító elemek.

Meg kell említenünk még – bár nem kifejezetten mérőkészülék – a **lemezkalibert** is, mely a sajtolt lemezalkatrész ellenőrzésére szolgál, elsősorban bonyolultabb térfelületű, sajtolt lemezalkatrészek (autóipari karosszéria-elemek) sajtoláskori (helyszíni) átvételi gyors-ellenőrzésére. Költségtakarékossági okokból koordináta mérőgépes mérések készülékeként is használják, esetleg kiegészítve.

Részai (általában) a keretváz, vagy alaplap, ráépítve műgyantából az alkatrész formafelület, a lemeztájolással kiegészítve. Gyakori az olyan kialakítás, amikor az alkatrész 1-2 cm²-es bázisfelületen fekszik, a felület többi része „alá van” marva, vagyis a munkadarab itt – a nem

lényeges helyeken - nem érintkezik a kaliberrel. A lemeznek vannak mérőfelületei, ahol a kaliber meghatározott távolságra van a munkadarabtól. Itt a lemez és a kaliber közötti hézag egyszerű eszközökkel ellenőrizhető. Ugyanígy ellenőrizhető a munkadarab kontúrja is, pl. élvonalzóval. A kaliber a lehatároló helyeken a lemez névleges kontúrjával egyező méretű.

A kaliberekre jellemző – a mérőgépen történő használatuk miatt – az, hogy hordozzák a munkadarab koordináta rendszerét is. Ez azért szükséges, mert e nélkül a bonyolult térfelületű lemezalkatrészek tájolásának kellő pontosságú megállapítása igen kétséges kimenetelű lenne. Ezért a térfelület megmunkálásával egyidejűleg (vagyis ugyanazon felfogás alatt) egy vagy két ún. beálló (tájoló) furatot illetve koordinátatengely-irányú lapolást készítenek. Ezek helyzete ismert, így a munkadarab tájolási adatai (helyzete a koordináta rendszerében) egyértelműek.

Ilyen **beállítási tájoló elemeket** a mérőgép készülékeken is alkalmaznak. Gyakorlati előnye az, hogy az alkatrész tájolóelemek – a felszerelt alkatrész esetén – a mérőgép tapintója számára esetleg nem hozzáférhetőek. Ilyenkor az ismert pozíciójú készülék tájolóelemekre történik a ráállás.

A test jellegű alkatrészek mérésekor – mivel a munkadarabról a koordináta rendszer felvétele egyszerű – ezt a módszert nem használják.

A készülékezés alapelvei

A KMG készülékek, bár az alapelvek ugyanazok, a forgácsoló készülékekhez képest néhány eltérő vonással rendelkeznek.

A legfontosabb alapelvek a következők, melyeket egy mérőkészülék tervezésekor vagy összeállításakor figyelembe kell venni:

- A munkadarab tájolásakor az ún. „hatpont-szabály” alkalmazása, vagyis a túlhatározottság elkerülése. Tehát alapsík – 3 ponttal, egyenes (tengely) – 2 ponttal, (határolási) pont – 1 ponttal történő meghatározása. Tehát ez a 6 pont a munkadarabot a térben egyértelműen definiálja.
- A leszorító erők hatásvonala a támasztó ülékeken menjen át, így elkerülhető a mérendő munkadarab deformációja.

Itt mindjárt ki is térünk a forgácsoló-készüléktől való egyik eltérésre. Mivel a mérésnél fellépő erőhatások – a forgácsolással ellentétben, minimálisak, ezért a szükséges leszorító erők is lényegesen kisebbek lehetnek. Törekedni kell a leszorító erők minimalizálására, hogy a darab ne deformálódjon. Tehát a munkadarabot csak annyira kell rögzíteni, hogy a kézi beavatkozás, vagy a készülék mozgatása a munkadarabot ne tudja kimozdítani a helyéről.

A másik lényeges eltérés, hogy a munkadarab a tapintóval a szükséges helyeken elérhető legyen. A támaszokat, a tájolásokat, a leszorításokat úgy kell kialakítani, hogy a munkadarab mérhetőségét ne korlátozza, vagyis ezek ne legyenek a tapintó útjában.

10. Ellenőrzés idomszerekkel, idomszerek méretezése

A mérés célja

Furatok és csapok ellenőrzésére alkalmas határmérő idomszerek méretezésének, kialakításának és használatának megismerése.

Elméleti ismeretek

Az idomszerek az elkészített munkadarabok méretét ellenőrzik. Ez a méret a névleges méretből és a tűrésből tevődik össze. Ha az idomszer a tűrésmező mindkét határát méri, akkor határmérő idomszerről beszélünk.

Az idomszereknek két oldala van. Az egyik oldalt a felső határméretre, a másik oldalt az alsó határméretre készítik nagy pontossággal. A furatok méretének ellenőrzésére a hengeres (dugós) idomszer, a csapok méretellenőrzésére a villás idomszer alkalmas. Ha a hengeres idomszer alsó határméretű oldala a furatba belemegy, a felső határméretű nem, akkor a furat mérete a két határméret közé esik, tehát jó. Villás idomszer esetében pont fordítva, a felső határméretű oldal a csapra rámegy, de az alsó határméretű oldal nem megy rá abban az esetben, ha a csap mérete a két határméret között van, azaz megfelelő.

Az idomszer két oldala közül azt, amelyik a munkadarabot megfelelőnek minősíti, **megy oldalnak**, a másikat **nem megy oldalnak** vagy selejtoldalnak nevezik, hiszen ez az oldal a jó munkadarabra csap esetén nem megy rá, furat esetén nem megy bele. A selejtoldalt piros színnel jelölik.

Az idomszerek anyaga edzett, kopásálló acél. Felületük keménysége nagy. Az idomszerek élettartama növelhető a mérőfelületek kopásállóságának fokozásával, illetve keményfém lapkás mérőfelületekkel.

A rendeltetésszerű használatot jelzések, feliratok könnyítik.

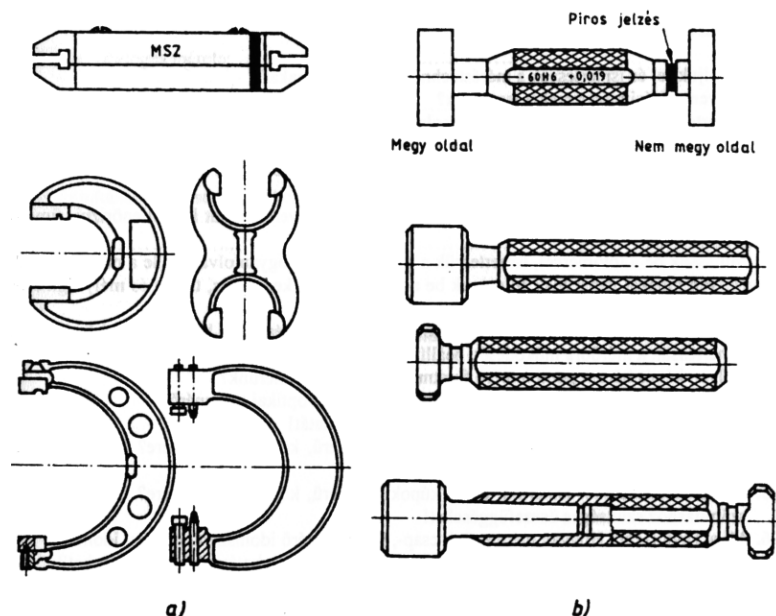
Az idomszerek kialakításának szempontjait William Taylor angol mérnök fogalmazta meg. „A megy oldali mérés a felület teljes alakját mérje (lehetőleg minden méretet egyszerre), mert a megy oldalt párosításra kell vizsgálni. A nem megy oldallal azonban az egyes méreteket külön-külön kell ellenőrizni.”

Az ún. **Taylor-elvet**, mely egyben a helyettesítő mérések alapelve is, a hosszmeréstechnika alaptételei közé soroljuk. Tehát az idomszer megy oldalának meg kell felelnie az ideális ellendarabnak abból a célból, hogy vizsgálni lehessen az illeszkedést. Ezzel a követelménnyel összefügg az idomszerek mérőhossza is. A párosítás szempontjából nem elegendő, ha csak az illető átmérő felel meg az előírt méretnek; az is fontos, hogy pl. a furat egyenes legyen. Abban a metszetben, amelyben a méretet vizsgáljuk, mind a méretet, mind a teljes alakot kell vizsgálni. Rá merőleges metszetben egyidejűleg a teljes alak vizsgálatát kell az idomszernek megvalósítani. Ennek megfelelően a megy oldali dugó hossza az átmérőt, a körköröséget és az esetleges furatgörbültséget is ellenőrzi. A nem megy oldalnak tudnia kell pontonként az egyes meghatározó méreteket vizsgálni azért, hogy meg lehessen állapítani a tűrés határt túllépő formai eltéréseket, ezért rövidebb a csap és 6 mm felett szalagszerű mérőfelülettel érintkezik a munkadarabbal.

A csapok és furatok ellenőrzésére alkalmas idomszerek méretezését és a főbb kialakításokat az **10.1.** ábra tartalmazza. A méretezés során a használat közbeni kopást z (villás idomszer esetén z_1) előre figyelembe vesszük. Az elkészítés során előírt tűrés jele H (villás idomszernél H_1). Az IT8 minőségnél finomabb tűrésű munkadarab ellenőrzésére tervezett idomszereknél y -nal jelölt túlkopással is számolunk.

Az idomszerek használatakor is legelőször a munkadarab és az idomszer mérőfelületeinek tisztaságáról kell meggyőződni. A mérőerő okozta alakváltozási hibák itt is jelentkeznek, a villás idomszerekénél fokozottan. Az idomszert a munkadarabba vagy arra ráerőltetni nem szabad. A dugós idomszer saját súlya a mérőerő. Kisebb méretű villás idomszerekkel a mérés úgy végezzük, hogy a csapra illesztett idomszert elengedjük, (a mérőerő az idomszer súlya). A megy oldalnak a csapra rá kell csúsznia. A nagyobb méretű villás idomszert felfüggesztve (a mérőerőt ellensúlyokkal beállítva) használják. A hő hatásától védeni kell őket. A hőszigetelő nyélnél fogjuk meg és a lehető legrövidebb ideig tartuk kézben.

Az idomszerek méreteit nagy pontosságú mérőeszközökkel vagy vizsgáló idomszerrel lehet ellenőrizni. Fontos tudni, hogy a hibás méretű idomszer súlyos selejtkárokat okozhat.



10.1.ábra Csap- és furatellenőrző idomszerek
a) villás; b) dugós

	Villás idomszer	Dugós idomszer
Megy oldal új méret	$FH - z_1 \pm H_1/2$	$AH + z \pm H/2$
Megy oldal kopott méret	$FH + y_1$	$AH - y$
Nem megy oldal	$AH \pm H_1/2$	$FH \pm H/2$

10.2. ábra Az idomszer méretezéséhez szükséges összefüggések

11. Mintavételes minőségellenőrzés

A beszállítótól érkező termékről meg kell állapítani, hogy megfelel-e az előírásoknak (pld. nyersanyag, alkatrész, stb.). Ez többféle módon történhet. Egy tétel elfogadásáról dönthetünk:

- ellenőrzés nélküli elfogadással, vagy
- teljes (100 %-os vagy másképpen mindendarabos) ellenőrzéssel, vagy
- mintavételes ellenőrzéssel.

A fenti módszerek közül a következőkben a **mintavételes ellenőrzéssel foglalkozunk**.

Nagy darabszámú terméktételek minőségét nem lehet minden darab megvizsgálásával ellenőrizni az alábbi okok miatt:

- a vizsgálat időigénye és vizsgálati költsége gazdaságtalanná teszi az ellenőrzést,
- roncsolásos vizsgálatoknál és élettartam vizsgálatoknál elvileg megvalósíthatatlan,
- a 100 %-os ellenőrzés hibaaránya az emberi tévedések lehetősége miatt viszonylag magas lehet.

A mintavételes minőségellenőrzés a statisztikai minőségszabályozás hagyományos, a gyakorlatban viszonylag egyszerűen, ennek ellenére kielégítő megbízhatósággal alkalmazható területe, mely a beszállítói tételek ellenőrzése mellett jól használható a gyártási folyamat egyes szakaszai között ellenőrzésre, valamint a végtermék minősítésére is.

A tételek minőségellenőrzését ezért az abból származó, előzetesen meghatározott **mintavételi terv alapján vett minta** kijelölt jellemzőinek **vizsgálata és értékelése** alapján végezzük el.

Az átvételi ellenőrzés **célja**: döntés a tétel átvételéről vagy visszautasításáról. Az elfogadott tétel felhasználásra kerül, a visszautasított tétel vagy a szállítóhoz visszakerül vagy átválogatják, javítják. Az átvételi ellenőrzés befolyása a gyártási folyamatra nem közvetlen, ezért kevésbé hatékony minőségbiztosítási eszköz.

A **mintavételes ellenőrzés indokolt** pl. roncsolásos vizsgálatnál, ha a mindendarabos ellenőrzés drága vagy lassú, amikor a beszállító megbízható, jól teljesített, ezért enyhíthető a minden darabos ellenőrzés, vagy a termékfelelősség miatt.

A mintavételes ellenőrzés **előnyei** (a mindendarabos ellenőrzéshez képest):

- olcsóbb, kevésbé sérül a termék,
- roncsolásos vizsgálatnál is alkalmazható,
- kevesebb erőforrást igényel,
- csökkenti az ellenőrzési hiba arányát,
- serkenti a beszállítót.

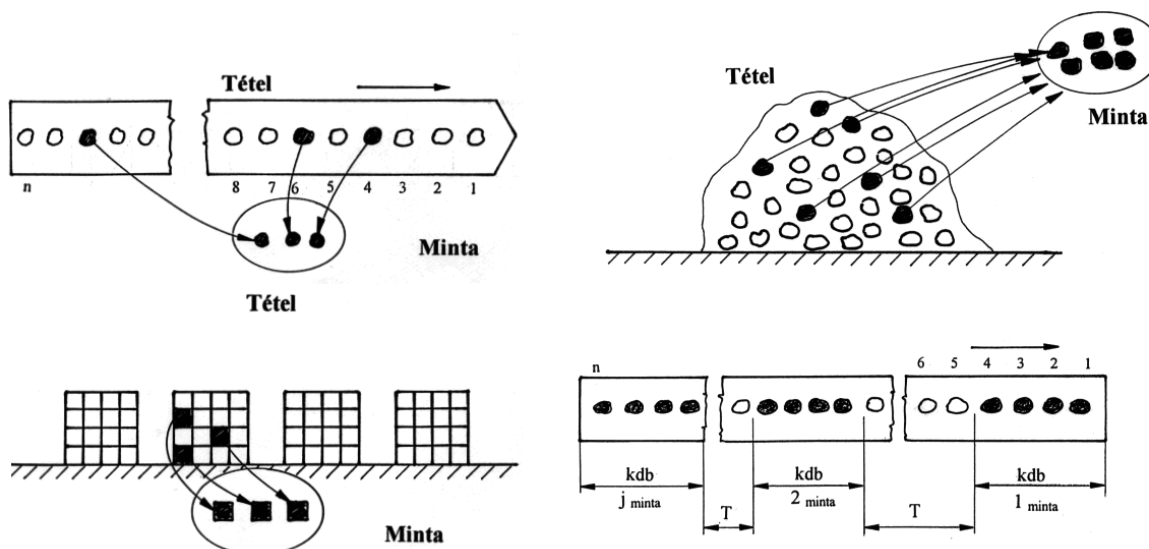
A mintavételes ellenőrzés **hátrányai**:

- kevesebb információt nyújt,
- gondos tervezés és dokumentáció szükséges (ez előnyt is jelenthet),
- fennáll annak a kockázatnak a lehetősége, hogy a jó tételt visszautasítjuk, vagy a rosszat átvesszük, vagyis az **elsőfajú** és a **másodfajú hiba** elkövetésének lehetősége. (10.5 ábra)

A mintavételi módszerek lehetnek:

- Egyszerű véletlen mintavétel: N sokaság minden eleme belekerülhet a mintába.
- Rétegzett mintavétel: az alapsokaságot L számú alcsoportra, rétegre osztjuk. A rétegek elemei nem keverednek egymással, együttesen a sokaságot adják. A rétegekből veszünk egymástól függetlenül mintát.
- Mintát vehetünk szállítószalagról darabonként.

A **darabos termékek véletlen mintavétele** a termék érkezésének módja szerint a következő lehet:



- Sorozatban érkező termék esetén a termékek időben rendezetten érkeznek, folyamatosan megszámozhatók, később azonosíthatók és hozzáférhetők az adott számozású egységek.
- Csomagolt termék esetén a csomagok alcsoportot képeznek és folyamatosan megszámozhatók. Feltételezve, hogy a csomagok kvantilise $[p/(1-p)]$ azonos, véletlenszerűen vesszük ki a mintát és szintén véletlenszerűen kiválasztott csomagból. Többlépcsős terv esetén a második mintát is a felbontott csomagból vesszük ki.

- Ömlesztett termékből általában egy időben nagy mennyiség érkezik, melyre jellemző, hogy az egyedek elhelyezkedése rendezetlen, így sorszámozni, és később beazonosítani nem lehet, illetve gazdaságtalan.
- Termék (termelési) folyam. A termék a gyártással közel azonos ütemben, nagy mennyiségben érkezik, megszámozható, azonosítható, idősorba rendezhető. A mintát meghatározott (tervezett) idő-intervallumonként, meghatározott mennyiségben vesszük. Legtöbbször ellenőrző kártyán rögzítik az adatokat. A mintavétel célja a jellemzők időbeli változásának figyelemmel kísérése.

A mintavételes ellenőrzési eljárás **hipotézisvizsgálat**, a minta meghatározott paramétereiből következtetünk a tétel teljes egészére, azt feltételezve, hogy a minta vizsgált jellemzői azonosak a teljes tétel jellemzőivel és így a minta alapján döntünk a tétel elfogadásáról vagy elutasításáról.

Tehát a mintavételes ellenőrzés lényege, hogy valószínűségelméleti, statisztikai módszerek alkalmazása révén, **minta alapján vonunk le következtetéseket** az egész tételről. Mivel a valószínűség-elmélet törvényei a véletlen eseményekre vonatkoznak, ezért a módszer korrekt alkalmazhatóságának alapkövetelménye a mintavétel véletlenszerűsége. A tétel minden egyes elemének azonos esélyt kell biztosítani a mintába kerülésre. Amennyiben ez nem teljesül, akkor a minta adataiból levont következtetés, tehát a döntés is megbízhatatlan lesz.

A hipotézisvizsgálat során, mint általában a statisztikai próbáknál, **kétféle hibát követhetünk el**:

- 1) a minta alapján a megfelelő tételt (**a jó tételt**) **visszautasítjuk** (α elsőfajú hiba)
- 2) a minta alapján a nem megfelelő tételt (**rossz tételt**) **elfogadjuk** (β másodfajú hiba).

Az optimális mintavételi terv megválasztásával arra kell törekednünk, hogy a jó tételeket nagy valószínűséggel fogadjuk el, a rossz tételeket nagy valószínűséggel utasítsuk vissza. Az α az **átadó**, β az **átvevő kockázata**.

	A tétel jó	A tétel rossz
Elfogadás	JÓ DÖNTÉS ϵ valószínűséggel $\epsilon=1-\alpha$ megbízhatósági szint	HIBÁS DÖNTÉS β valószínűséggel β - másodfajú hiba
Elutasítás	HIBÁS DÖNTÉS α valószínűséggel α - elsőfajú hiba	JÓ DÖNTÉS ϵ valószínűséggel $e = 1-\beta$ erősség

11.5. ábra. A mintavétel hibái

Az egyszerű mintavételes átvételi ellenőrzés típusai (csoportosítása)

Egyszerű mintavételes átvételi ellenőrzés	
A) Minősítéses ellenőrzési eljárások	B) Méréses ellenőrzési eljárások
Az ellenőrzés fokozata Általános: I, II, III Különleges: S-1, S-2, S-3, S-4	Az ellenőrzés fokozata Általános: I, II, III Különleges: S-3, S-4

<u>Egylépcsős</u> módszer	<u>Kétlépcsős</u> módszer	<u>Többlépcsős</u> módszer	σ - módszer (ismert szórás)	s – módszer (ismeretlen szórás)	<u>R – módszer</u> (terjedelem)
------------------------------	------------------------------	-------------------------------	---	--	------------------------------------

Ellenőrzés fajtája (szigorúsága)			Tűrészhatár	
Enyhített	Normális	Szigorított	Egyoldali	Kétoldali -együttes átvételi hibaszint -különböző átv. hibaszint

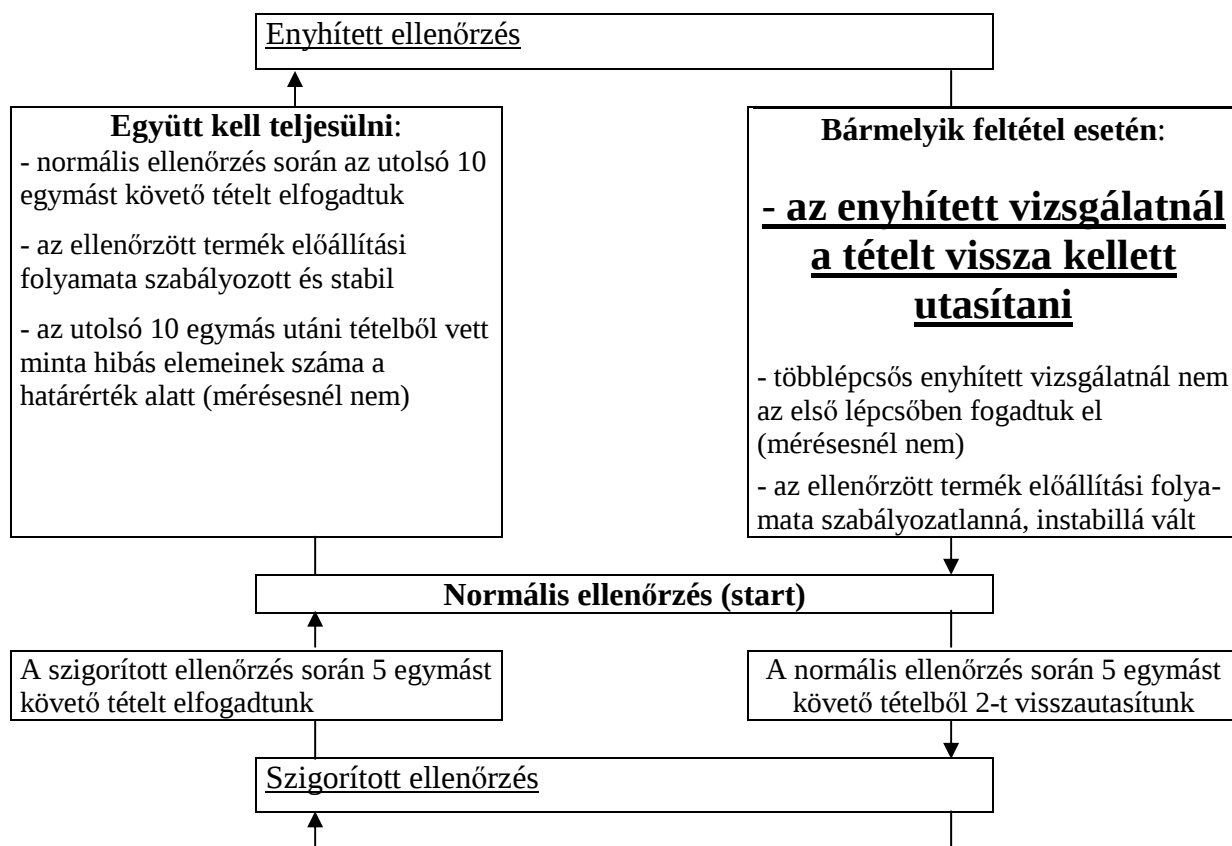
Ellenőrzés fajtája (szigorúsága)		
Enyhített	<u>Normális</u>	Szigorított

11.6. ábra. Mintavételes átvételi ellenőrzések csoportosítása

A vizsgálatok során alkalmazott ellenőrzési **fokozatot (11.6. ábra)** a mindenkori igényeknek megfelelően, a követelmények alapján határozzuk meg.

Rendszerint a II. jelű általános ellenőrzési fokozatot alkalmazzuk. A III. jelű általános ellenőrzési fokozatot akkor használjuk, ha a követelményeknek nem megfelelő tétel átvétele nagy veszteséget okozna, vagy ha az ellenőrzés költsége nem nagy. Az I. jelű általános ellenőrzési fokozatot akkor használjuk, ha a költségek alapján nem indokolt a II. és III. fokozatok alkalmazása, vagy a megengedettnél nagyobb selejtarányú tétel átvétele nem okoz veszteséget. A különleges ellenőrzési fokozatok alkalmazása kis elemszámú minták és lényeges kockázat elfogadása mellett indokolt.

A 10.6. ábrán látható, hogy az ellenőrzéseknek – **szigorúságuk** szerint – három fajtáját különböztetjük meg. Az alapvető a normális ellenőrzés, amit rendszerint a termék első tételének ellenőrzésére alkalmazunk, és a további ellenőrzéseink során mindaddig ezt használjuk, amíg a vizsgálatok alapján nem merül fel a szigorított, illetve az enyhített ellenőrzésre való áttérés szükségessége. Az áttérés módját és feltételeit a 11.7. ábra tartalmazza.





11.7. ábra Áttérési szabályok

A) Minősítéssel ellenőrzés

A minősítéssel ellenőrzés alkalmazása esetén a mintában megszámoljuk azokat az elemeket, melyek nem rendelkeznek az általunk előzetesen meghatározott minőségi (mennyiségi) tulajdonságokkal, és ezek száma alapján döntünk a tétel elfogadásáról vagy visszautasításáról. Tehát azt döntjük el, hogy a vizsgált tétel selejtaránya a mintában talált selejtes darabok alapján még elfogadható-e az általunk megválasztott minőségi, minősítési feltételek alapján. Ha a minta elemeit valamilyen mérőeszközzel mérjük meg és a mérési eredmény alapján minősítjük azokat jó vagy selejtes daraboknak, a módszer mérési jellege ellenére is a minősítéssel eljárások közé tartozik.

A mintában talált selejtes darabok számát diszkrét eloszlású valószínűségi változónak tekintjük, amely lehet

- **binomiális eloszlású** • visszatevéssel mintavétel esetén
- visszatevés nélküli mintavétel esetén, ha a minta elemszáma (n) elhanyagolhatóan kicsi a sokaság (N) számához képest.

A mintában talált selejtes darabok valószínűségét leíró sűrűségfüggvény:

$$P(k) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$$

ahol: n – a minta elemszáma; k – a mintában talált selejtek száma, p – a tétel selejtaránya

- **hipergeometrikus eloszlású** • visszatevés nélküli mintavétel esetén, ha (n) nem elhanyagolható (N)-hez képest.

A mintában talált selejtes darabok valószínűségét leíró sűrűségfüggvény:

$$P(k) = \frac{\binom{s}{k} \cdot \binom{N-s}{n-k}}{\binom{N}{n}}$$

ahol: N – a tétel elemszáma; n – a minta elemszáma; k – a mintában talált selejtek száma, s – a mintában található selejtes elemek (darabok) száma.

- **Poisson-eloszlású** • ha a selejtarány (p) 0-hoz közeli érték ($p \rightarrow 0$) és a minta elemszáma (n) elég nagy ($n \rightarrow \infty$), (gyakorlatban: $n \geq 20$ és $p \leq 0,05$ már elég).

Poisson-eloszlást követ egy adott időszakban bekövetkező véletlen események száma. Ennek megfelelően jól használható ritka események eloszlásának modellezésére. A Poisson-eloszlás sűrűségfüggvénye:

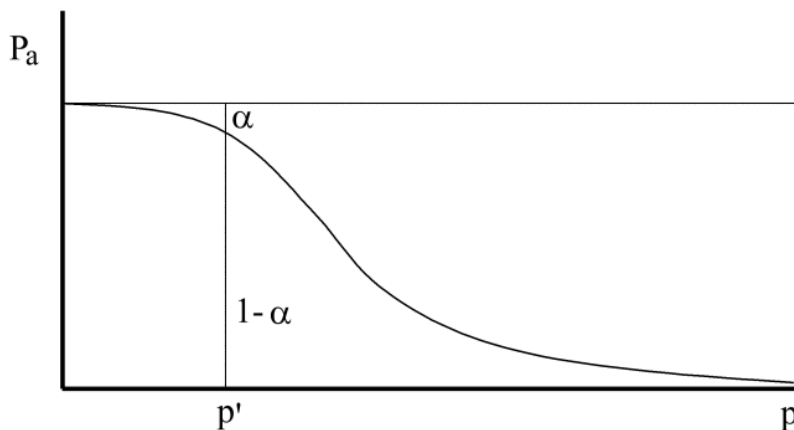
$$P(k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}$$

ahol: λ - az eloszlás paramétere; k – a véletlen események száma.

Mintavételi tervek

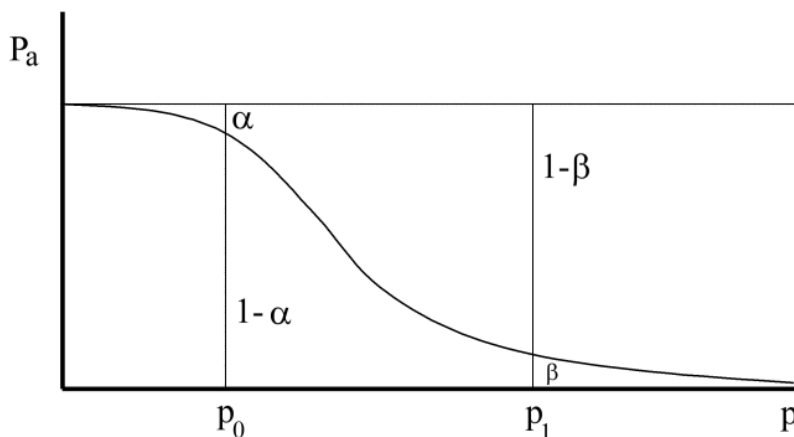
Feladatunk annak meghatározása, hogy mekkora az a p' selejtarány, amelynél alacsonyabb selejtarányú tételt még elfogadhatónak, a nagyobb selejtarányú tételt visszautasítandónak tartjuk. Ebben az esetben a $H_0: p < p'$ nullhipotézis és a $H_1: p > p'$ ellenhipotézis vizsgálatára alkalmas mintavételi terv alapján végzünk ellenőrzést.

Az ilyen szerkezetű mintavételi terv esetén a p' értékhez rögzített kicsi (α) elsőfajú hiba mellett a p' érték közelében lévő, de annál nagyobb p értékekre a (β) másodfajú hiba nagy lehet.



11.8. ábra. Egyponthos mintavételi terv jelleggörbéje (Átvételi jelleggörbe)

Lényeges, hogy p értéke mennyire tér el p' értékétől. Kis eltérés esetén az átadó és az átvevő kis mértékben károsodik vagy kis mértékű gazdasági előnyhöz jut. Amennyiben nagy az eltérés, akkor a haszon, illetve a kár megnövekedik. Ezért a gyakorlati követelményeknek jobban megfelel az a terv, amelynél p' érték helyett : $p_0 < p'$ és $p_1 > p'$ selejtarányokat adunk meg. Ennek megfelelően a H_0 : $p < p_0$ nullhipotézist és a H_1 : $p > p_1$ ellenhipotézist vizsgáljuk az α elsőfajú és a β másodfajú hiba valószínűség mellett, azaz a $p \leq p_0$ selejtarányú tételeket nagy (legalább $1-\alpha$) valószínűséggel át vesszük, míg a $p \geq p_1$ selejtarányú tételeket nagy (legalább $1-\beta$) valószínűséggel visszautasítjuk. A vevő és gyártó által meghatározott α , β , p_0 és p_1 értékek függvényében az adott mintavételi terv jelleggörbéje meghatározható.



11.9. ábra. Kétpontos mintavételi terv jelleggörbéje

A mintavételi tervek jellemzői

A mintavételi tervet alapvetően három adat jellemez:

- a tétel elemszáma (N),
- a minta elemszáma (n) és
- az elfogadási határ (c).

Ezeket az értékeket meghatározzák:

- az α elsőfajú és a β másodfajú hiba megengedett valószínűsége,
- a tétel –nullhipotézis szerinti- elfogadható p_0 selejtaránya, más néven átvételi hibaszintje [AQL – acceptable quality level],

- a tétel –ellenhipotézis szerinti- elutasítási p_1 hibaaránya, más néven elutasítási hibaszintje [RQL – rejectable quality level; LTPD – lot tolerance percent defective].

Az ellenőrzés fajtái

Az átvételi ellenőrzés során a mintavételt egy-, két- vagy több lépcsőben végezhetjük.

1. Egylépcsős (egyszeres) mintavétel: egyetlen minta alapján döntünk a tétel elfogadásáról vagy elutasításáról.
2. Kétlépcsős (kétszeres) mintavétel: ha az első mintában talált selejtszám két határ közé esik, újabb mintát veszünk.
3. Többlépcsős (többszörös) mintavétel: több, egymás után vett minta alapján bármelyik fokozatban dönteni lehet a feltételek teljesülése esetén.

Két- és többlépcsős mintavételnél az átlagos mintanagyság az egyszeri mintavételhez képest kisebb.

Egylépcsős ellenőrzési eljárás

Általában akkor kell alkalmazni, ha az ellenőrzés költsége nem nagy és az ellenőrzés időtartama igen hosszú. A minta nagysága ebben az esetben a legnagyobb.

Mintavételi terv

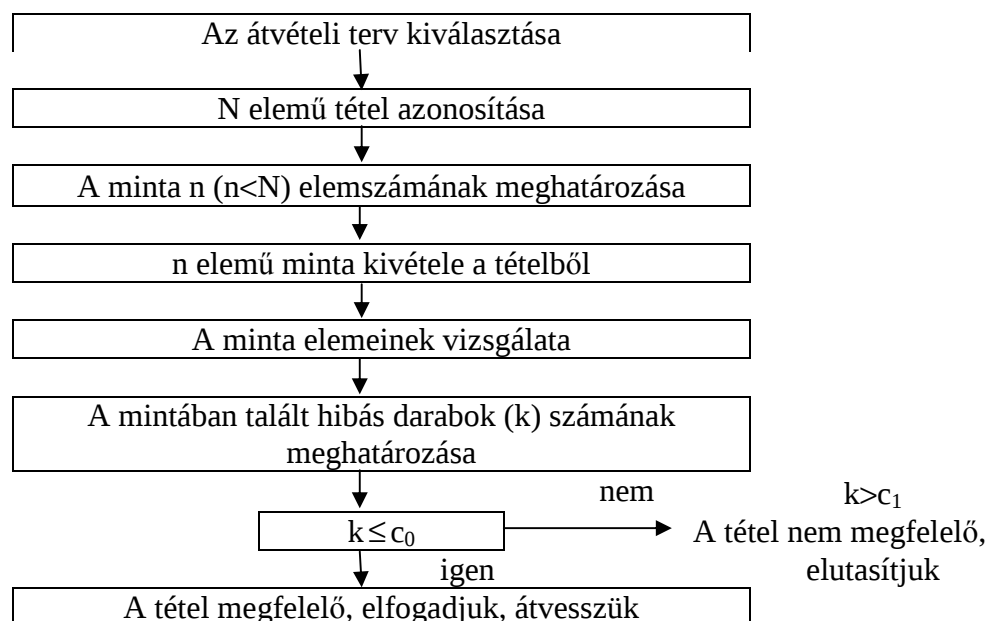
A tétel elfogadásának valószínűsége a $H_0: p = p_0$ nullhipotézis érvényessége esetén, azaz adott p_0 értékhez tartozó α elsőfajú hiba valószínűségének rögzítése mellett (ha $N \gg n$, eltekintünk attól, hogy a mintát visszatevéssel vagy visszatevés nélkül vettük-e):

$$P_a(p = p_0) = \sum_{k=0}^c \binom{n}{k} \cdot p_0^k \cdot (1 - p_0)^{n-k} = 1 - \alpha,$$

valamint adott p_1 értékhez tartozó β másodfajú hiba valószínűségének rögzítése melletti $H_1: p = p_1$ ellenhipotézis érvényessége esetén:

$$P_a(p = p_1) = \sum_{k=0}^c \binom{n}{k} \cdot p_1^k \cdot (1 - p_1)^{n-k} = \beta.$$

A két egyenlet numerikus megoldásával meghatározható, hogy adott elsőfajú és másodfajú hibavalószínűség mellett mekkora mintára van szükség és melyek az elfogadási és elutasítási határok.



11.10. ábra. A minősítéses átvételi ellenőrzés folyamata egylépcsős mintavétel esetén

Javító ellenőrzés, átlagos kimenő hibaszint

Az N elemű és p selejtarányú tételre vonatkozó n elemű mintában a selejtszám nem haladja meg az átvételi határt, akkor a tételt átvesszük (a mintában talált hibás elemeket hibátlanra cserélve vagy megjavítva helyezzük vissza a tételbe). Ha a minta selejtaránya eléri a visszautasítási határt a tételt mindendarabos ellenőrzésnek vetjük alá, így kiszűrjük a hibás elemeket.

Elegendő nagy számú tétel ellenőrzése esetén az ismertetett eljárás szerinti ellenőrzések átlagos kimenő hibaaránya a következő összefüggés szerint alakul, ami a tétel eredeti p selejtarányánál természetesen alacsonyabb lesz:

$$AOQ = \frac{P_a \cdot p \cdot (N - n)}{N},$$

ahol: AOQ – átlagos kimenő hibaszint (average outgoing quality),

P_a – a tétel átvételi valószínűsége,

p – a tétel hibaaránya,

N – a tétel elemszáma,

n – a minta elemszáma

Átvételi terv egylépcsős (egyszeres) mintavétel esetén szabvány szerint

A minősítéses átvételi ellenőrzés szabványai: **ISO 2859** : 1983; **MSZ 548** : 1977

Jelölések: N - a tétel elemszáma, n - a minta elemszáma, c - elfogadási határ, p_0 - selejtarány, más néven átvételi hibaszint (AQL), p_1 - visszautasítási hibaszint (LQ megtűrt hibaarány), A_c - az átvétel határértéke, R_e - a visszautasítás határértéke

Olyan átvételi terv szükséges, amelynek α és β hibája kicsi. Ezért az adott p_0 átvételi hibaszint (AQL, elfogadott vagy névleges hibaszint) és p_1 visszautasítási hibaszint (LQ, megtűrt hibaarány) mellett olyan n minta elemszámot és c_0 , c_1 kritikus hibahatárokat adunk meg, amelyeknél $p < p_0$ selejt arányú tételeket legalább $e = 1 - \beta$ valószínűséggel elfogadjuk, míg a $p > p_1$ selejtarányú tételeket csak viszonylag kicsi, legfeljebb β valószínűséggel fogadjuk el, vagyis elég nagy ($e = 1 - \beta$) valószínűséggel visszautasítjuk.

Az n , c_0 , c_1 , α , β meghatározásánál gazdaságossági szakmai szempontok döntenek.

Az átvételi ellenőrzési tervben az átvételi döntés statisztikai hibáit a terv **ellenőrzési fokozata** (szintje) és **fajtája** határozza meg.

Az MSZ 548:77 (ISO 2859 -1) szabvány táblázatokat ad a szükséges minta elem számra és az elfogadási határértékekre.

A terv **ellenőrzési fokozatai:**

- általános fokozatok: I, II, III,
- járulékos fokozatok: S-1, S-2, S-3, S-4.

A terv **ellenőrzési szigorúsági fokozata** lehet:

- normális,
- szigorított,
- enyhített.

Az **átadó - átvevő** a szállítás előtt **megállapodik:**

- az átvételi terv fajtájában,
- a szigorúsági fokozatban,
- a mintavételi lépcsők számában,
- a p_0 átvételi hibaszint (AQL) (névleges hiba %) értékében.

A szállítmány átvételi ellenőrzése e szerint történik.

A táblázatok használata:

1. A szabvány kulcsjel-táblázatából kiolvassuk a kulcsjelet a tétel darabszámának ismeretében.
2. Ezután a szigorúsági fokozathoz adott táblázatban megnézzük, hogy kulcsjelünktől függően hány darabos mintát kell venni, és az átvételi hibaszint (AQL) függvényében (pl. AQL= 1 %, vagyis $p_0 = 0,01$) melyek az átvétel (Ac), ill. a visszautasítás (Re) határértékei.
3. A minta ellenőrzése után döntést hozunk.

Példa minősítéses átvételi ellenőrzésre

Egy 250 darabos tételt minősítünk. A minősítéses átvételi ellenőrzési terv paraméterei a következők:

alkalmazott szabvány: **ISO 2859-1** (MSZ KGST 548 – visszavonva)
N (normális)
II. ellenőrzési fokozat
e (egylépcsős)
2,5 % (AQL)

1. lépés:

A tétel darabszáma ($N = 250$) és az ellenőrzési fokozat (II) alapján a kulcsjel-táblázatból kikeressük a tervhez tartozó kulcsjelet: **G**

Tételnagyság N	Különleges				Általános		
	Ellenőrzési fokozat kulcsjele						
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2-től 8-ig	A	A	A	A	A	A	B
9 15	A	A	A	A	A	B	C
16 25	A	A	B	B	B	C	D
26 50	A	B	B	C	C	D	E
51 90	B	B	C	C	C	E	F
91 150	B	B	C	D	D	F	G
151 280	B	C	D	E	E	G	H
281 500	B	C	D	F	F	H	J
501 1200	C	C	E	G	G	J	K
.....							

2. lépés:

Az egylépcsős mintavétel, normális ellenőrzési táblázatából a kulcsjelhez (**G**) kikeressük a mintaelem-számot, az elfogadási (**Ac**), illetve visszautasítási (**Re**) határok értékét. A keresés eredményét az alábbi táblázat tartalmazza:

Kulcsjel	Mintaelem-szám	Elfogadási határ, (Ac)	Visszautasítási határ, (Re)
G	32	2	3

3. lépés:

A mintavételi terv alapján kivett **mintaelemek vizsgálata**. A 32 elemű mintában $k = 2$ hibás darabot találtunk.

4. lépés:

Döntés a tétel elfogadásáról vagy visszautasításáról. Mivel a 32 elemű mintában 2 darab nem megfelelő mintaelemet találtunk ($k \leq A_c$), a tételt **elfogadjuk**.

Két- és többlépcsős ellenőrzési eljárás

A kétlépcsős ellenőrzés folyamata és jellemzői

A tételből a mintavételi terv első lépcsőjére meghatározott n_1 elemszámú (a hasonló paraméterű egylépcsős tervben alkalmazottnál kisebb) mintát veszünk, melyben meghatározzuk a nem megfelelő elemek számát [k_1]. Amennyiben ez kisebb az első minta elfogadási hibahatáránál (c_1 vagy A_{c1}), akkor a tételt elfogadjuk, ha viszont nagyobb, mint az első mintára vonatkozó elutasítási határ (r_1 vagy R_{e1}), akkor visszautasítjuk. Ha az első minta alapján nem tudunk végleges döntést hozni, akkor kerül sor a második, n_2 elemszámú minta vizsgálatára. A két minta alapján már végleges döntés hozható (a két minta együttes elemszáma azonban már több, mint a hasonló jellegű egylépcsős tervek esetén).

A kétlépcsős terv alkalmazása esetén (binomiális eloszlást alapul véve) a tétel elfogadási valószínűsége:

$$P_a = P_a' + P_a'' = \sum_{k_1=0}^{c_1} \binom{n_1}{k_1} \cdot p^{k_1} \cdot (1-p)^{n_1-k_1} +$$

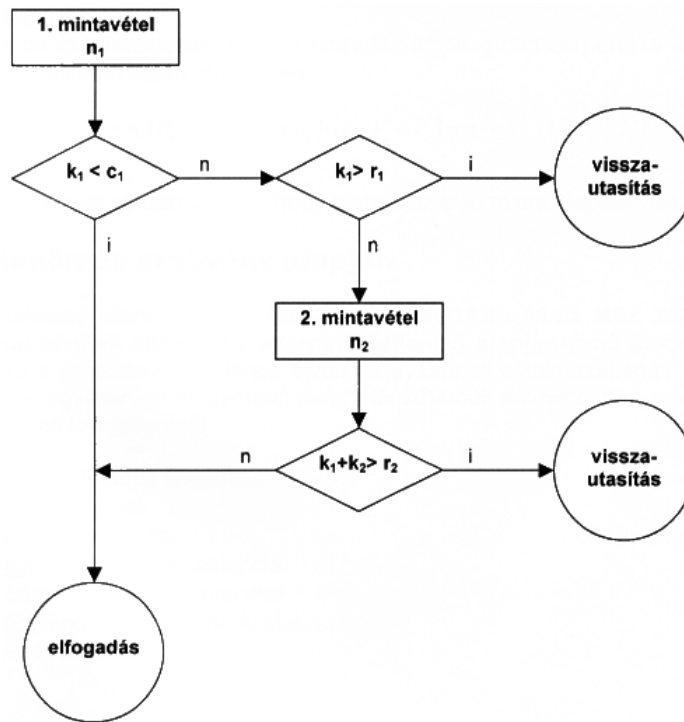
ahol: P_a' – annak valószínűsége, hogy a tételt az első minta alapján elfogadjuk,
 P_a'' – annak valószínűsége, hogy a tételt a két minta alapján fogadjuk el,
 n_1 – az első lépcsőben vett minta elemszáma,
 k_1 – az első mintában talált selejtes elemek száma,
 c_1 (A_{c1}) – az első minta elfogadási határa,
 r_1 (R_{e1}) – az első minta visszautasítási határa,
 n_2 – a második lépcsőben vett minta elemszáma,
 k_2 – a második mintában talált selejtes elemek száma,
 c_2 (A_{c2}) – a két minta együttes elfogadási határa,
 r_2 (R_{e2}) – a két minta együttes visszautasítási határa.

Átlagos mintaelem-szám

A kétlépcsős mintavétel akkor gazdaságos, ha összességében kisebb elemszámú minta vétele szükséges, mint a hasonló statisztikai biztonságot kínáló egylépcsős eljárás esetében.

Az átlagos mintaelem-szám [ASN – average sampling number] értéke a következő összefüggés alapján határozható meg:

A többlépcsős ellenőrzés hasonló módon történik, csak a mintavételek száma nő.



11.11. ábra. Kétlépcsős mintavételi ellenőrzés folyamata

B) Méréses ellenőrzési eljárások

A termék minőségét a tételből kivett minta egy vagy több tulajdonságának mérése útján határozzuk meg. Általában normális (Gauss-) eloszlású (normalitás vizsgálattal ellenőrizhető). A mérés után az adatokra elfogadási határokat szerkesztünk (a termék jellemzőre vonatkozó specifikációnak és a minősítési döntés hibaszintjének ismeretében). Ezután a mért értéket összevetjük az elfogadási határokkal, döntünk (a minta alapján) a tétel elfogadásáról.

Elsősorban folyamatosan érkező, ugyanazon gyártási folyamatból kikerülő tételekre alkalmazható, ha

- a terméknek kevés számú mérhető minőségi jellemzőjét vizsgáljuk, amely véletlenszerűen változik,
- a termék mérhető minőségi jellemzője folytonos eloszlású valószínűségi változó, amely normális eloszlású, vagy eloszlása a normális eloszlással jól közelíthető.

A méréses átvételi ellenőrzés **előnyei** (a minősítési ellenőrzéshez képest): kevesebb a mintaszám, több információ, jelzi az eltérés mértékét. **Hátrányai**: a mért jellemző eloszlását ismerni kell; minden minőségi jellemzőre külön mintavételi tervet kell készíteni.

A méréses mintavételi terv **két alaptípusa**:

- A vizsgált paraméter (μ) előírt értéktől való eltérését ellenőrző tervek,
- Selektarány ellenőrző tervek.

Mintavételi tervek az eloszlás paramétereire

Ez esetben azt ellenőrizzük, hogy a vizsgált jellemző várható értéke egy adott határértéket (vagy határértékeket) nem halad-e meg.

A várható érték vizsgálata egyoldali tűréshatár esetén

A vizsgálat végrehajtása során az n elemű minta vizsgált jellemzőjének átlagértékét ($\bar{x}$) hasonlítjuk össze egy, a minta átlagértékére vonatkozó küszöbértékkel ($\bar{x}^*$), melyre ha fennáll az $\bar{x} < \bar{x}^*$, a tételt visszautasítjuk.

A szükséges minta elemszáma és az elfogadási határ értéke a $H_0: \mu \geq \mu_0^L$ nullhipotézishez tartozó α elsőfajú hiba, illetve a $H_1: \mu = \mu_1^L < \mu_0^L$ ellenhipotézishez tartozó β másodfajú hiba értékeinek rögzítésével a következőképpen határozható meg:

$$n = \left(\frac{u_\alpha + u_\beta}{\mu_0^L - \mu_1^L} \right)^2 \cdot \sigma^2 \quad ; \quad \bar{x}^* = \frac{\mu_0^L \cdot u_\beta + \mu_1^L \cdot u_\alpha}{u_\alpha + u_\beta},$$

ahol: u_α - az u eloszlás α elsőfajú hiba által meghatározott értéke,

u_β - az u eloszlás β másodfajú hiba által meghatározott értéke,

μ_0^L - a vizsgált jellemző alsó határértékre vonatkozó nullhipotézis szerinti várható értéke,

μ_1^L - a vizsgált jellemző alsó határértékre vonatkozó ellenhipotézis szerinti várható értéke,

Ha a vizsgált jellemzőnek nem az alsó, hanem a felső tűréshatára (USL) adott, akkor a fentiekhez hasonlóan számítjuk ki a szükséges minta elemszámot és elfogadási határt úgy, hogy a felső határértékre vonatkozó adatokat (várható értékek) helyettesítjük be a képletekbe.

A várható érték vizsgálata kétoldali tűréshatár esetén

A termék kétoldali tűréshatár esetén akkor megfelelő, ha a vizsgált minőségi jellemző értéke az alsó és felső tűréshatárok által meghatározott intervallumba esik.

Itt is hasonló módon határozzuk meg a szükséges mintanagyság és az elfogadási határok értékét azzal a különbséggel, hogy a hibavalószínűségek szimmetrikusan megosztott értékével számolva két elfogadási küszöbértéket kell meghatározni:

$$n = \left(\frac{\frac{u_\alpha}{2} + \frac{u_\beta}{2}}{\mu_0 - \mu_1} \right)^2 \cdot \sigma^2 \quad \text{vagy} \quad n = \left(\frac{\frac{u_\alpha}{2} + \frac{u_\beta}{2}}{\mu_1^U - \mu_0} \right)^2 \cdot \sigma^2$$
$$\bar{x}^{*L} = \frac{\mu_0 \cdot \frac{u_\beta}{2} + \mu_1^L \cdot \frac{u_\alpha}{2}}{\frac{u_\alpha}{2} + \frac{u_\beta}{2}}, \quad \bar{x}^{*U} = \frac{\mu_0 \cdot \frac{u_\beta}{2} + \mu_1^U \cdot \frac{u_\alpha}{2}}{\frac{u_\alpha}{2} + \frac{u_\beta}{2}},$$

A gyakorlatban sokszor ismeretlen a minőségi jellemző szórása. Ilyenkor a számításokhoz a mintából meghatározott jellemzők értékeit (s – a minta tapasztalati szórása; R – a minta terjedelme), valamint az u eloszlás helyett a t -eloszlást alkalmazzuk. Ebben az esetben a számítások menete meglehetősen bonyolult, ezért a vonatkozó MSZ 213:1982 szabvány eljárásait célszerű alkalmazni.

Mintavételi tervek a selejtarány ellenőrzésére

Az eddigiekben azt vizsgáltuk, hogy a minőségi jellemző várható értéke nem haladja-e meg az előzetesen meghatározott határértékeket, melyre sok esetben nehezen definiálhatóak. Célszerű ilyen esetben annak vizsgálata, hogy a tétel elemeinek mekkora része esik a tűréshatárokon kívülre. Tulajdonképpen ez is a várható érték vizsgálata.

Az eljárás menete és az alkalmazott összefüggések gyakorlatilag azonosak a minőségi jellemző várható értéke vizsgálatánál tárgyalattal, természetesen a megfelelő paraméterek alkalmazásával.

A számítások egyszerűsítésére két módszer használatos:

1. k-módszer, melynek lépései

- Bevezetjük a $k = u_{p_0} - \frac{u_\alpha}{\sqrt{n}} \approx u_{p_1} - \frac{u_\beta}{\sqrt{n}}$ tényezőt.
- A tételből származó n elemű mintára meghatározzuk alsó tűréshatár esetén az $u_A = \frac{\bar{x} - ATH}{\sigma}$; felső tűréshatár esetén az $u_F = \frac{FTH - \bar{x}}{\sigma}$ értékeket.
- Összehasonlítjuk a számított értékeket a k tényező értékével és döntünk. A tételt elfogadjuk, ha $u > k$, és visszautasítjuk, ha $u < k$.

2. M-módszer

- Bevezetjük az $M = 1 - \Phi\left(k \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}\right)$ tényezőt.
- A tételből származó n elemű mintából meghatározzuk a $Q_A = \frac{\bar{x} - ATH}{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$; valamint a $Q_A = \frac{FTH - \bar{x}}{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{n}{n-1}}$ értékeket.
- Az u -eloszlás táblázatából határozzuk meg a kiszámított Q_A , Q_F értékekhez tartozó $\hat{p}$ becsült tételbeli selejtarány értékét.
- Amennyiben $\hat{p} < M$, a tételt elfogadjuk, ellenkező esetben visszautasítjuk.

Ellenőrzés szabvány alapján

A mérési eljárásokhoz is rendelkezésre áll a gyakorlati alkalmazást megkönnyítő **MSZ 213:1982** szabvány, melynek táblázatai megadják a minta méretét és az elfogadás feltételeit.

Az áttérési szabályok ugyanazok, mint az MSZ 518-ban. Itt is a kulcsjelek a minta elemszám meghatározásához szükségesek, a tétel elemszám meghatározása azonos a minősítéssel, de a hozzájuk tartozó minta elemszám kisebb. A minta elemszáma a tétel nagyságától és az ellenőrzési fokozattól függ.

A szabvány a selejtarány ellenőrzésére szolgál.

1. Egyoldali tűréshatár esetén használható a

- (k) módszer,
- (M) módszer

2. Kétoldali tűréshatár esetén csak az

- (M) módszer.

A szabványban külön táblázat van az ismert szórás (σ) és az ismeretlen szórás (s) esetére. Ismert szórás esetén kisebb a minta darabszám, de feltétel, hogy a gyártás stabil (veszélyes hibáktól mentes) legyen és nagy számú korábbi adatot használjunk fel a szórás becslésénél.

A szerződő feleknek a minősítendő termékre vonatkozóan meg kell állapodni (szerződésben rögzíteni) a következő átvételi paraméterekben:

- az ellenőrizendő mért jellemző és a tűréshatárok (egyoldali tűréshatár vagy kétoldali tűréshatár),

- átvételi hibaszint (AQL), (kétoldali tűréshatár esetén a tűréshatárokhoz különböző AQL értékeket is lehet választani),
- a minősítés módszere (σ -módszer, s-módszer, R-módszer),
- ellenőrzési fokozat (szint),
- az ellenőrzés szigorúsági fokozata, (enyhített, normális, szigorított).

A szabvány a különböző vizsgálati módszerekre az alábbi eljárásokat tartalmazza:

Tűréshatár és átvételi hibaszint jellege	AQL értékek száma	Ellenőrzési módszer		
		σ -módszer	s-módszer	R-módszer
egyoldali tűréshatár	egy	grafikus numerikus	grafikus numerikus	grafikus numerikus
kétoldali tűréshatár különálló átvételi hibaszint	kettő	grafikus numerikus	grafikus numerikus	grafikus numerikus
kétoldali tűréshatár együttes átvételi hibaszint	kettő	grafikus	grafikus	grafikus

11.13 ábra. A méréses ellenőrzések szabvány szerinti eljárásai

A méréses átvételi ellenőrzés folyamatában a minta megmérése után a statisztikai jellemzőket ki kell számítani, azaz: a mért értékek $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ismeretében az

átlag:
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

a szórás:
$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

a terjedelem:
$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

Megjegyzés: részminták (pl.: öt darabos csoportokba rendezve mérjük a munkadarabokat) esetén $R_1, R_2, \dots, R_k$ értékekből számtani átlagot számítunk, ez a terjedelemátlag, jele $\bar{R}$. Amennyiben a szórást korábbi tapasztalatból tudjuk, azzal is lehet számolni.

A **Q minőségi mutató** kiszámításához az alábbi táblázat nyújt segítséget.

Módszer	Egyoldali tűréshatár		Kétoldali tűréshatár
	ATH	FTH	
σ módszer	$\frac{\bar{x} - ATH}{\sigma}$	$\frac{FTH - \bar{x}}{\sigma}$	$\frac{\bar{x} - ATH}{\sigma}$ és $\frac{FTH - \bar{x}}{\sigma}$
s módszer	$\frac{\bar{x} - ATH}{s}$	$\frac{FTH - \bar{x}}{s}$	$\frac{\bar{x} - ATH}{s}$ és $\frac{FTH - \bar{x}}{s}$
R módszer	$\frac{\bar{x} - ATH}{R}$	$\frac{FTH - \bar{x}}{R}$	$\frac{\bar{x} - ATH}{R}$ és $\frac{FTH - \bar{x}}{R}$

Ezután a k_{krit} elfogadási állandót kikeressük a táblázatból .

Majd döntünk a tétel elfogadásáról vagy elutasításáról a Q minőségi mutató és a k_{krit} elfogadási állandó összehasonlítása alapján.

	Egyoldali tűréshatár		Kétoldali tűréshatár
	ATH	FTH	

Elfogad	$Q_A \geq k_A$	$Q_F \geq k_F$	$Q_A \geq k_A$ és $Q_F \geq k_F$
Elutasít	$Q_A < k_A$	$Q_F < k_F$	$Q_A < k_A$ vagy $Q_F < k_F$

Példa méréses átvételi ellenőrzésre

A 250 darabos tételt méréses átvételi ellenőrzéssel vizsgáljuk. Az alkatrész egyik átmérő méretének nagysága 116 mm, a felső tűréshatár (FTH) + 4,8 mm, az alsó tűréshatár (ATH) – 2,2 mm.

Az átvételi ellenőrzési terv paraméterei a következők:

Alkalmazott szabvány: **MSZ 213**

N (normális)

II (szigorúsági fokozat)

AQL = 2,5 % az alsó és felső tűréshatárra egyaránt,

s – módszer (ellenőrzési módszer)

1. lépés

A tétel darabszáma ($N = 250$) és az ellenőrzési fokozat (II) alapján a kulcsjeltáblázatból kikeressük a tervhez tartozó kulcsjelet: **G**.

2. lépés

A szórás módszer, normális ellenőrzés táblázatából a kulcsjelhez (**G**) kikeressük a minta-elemszámot és az elfogadási állandó (**k**) értékét. A keresés eredményét az alábbi táblázat tartalmazza:

Kulcsjel	Minta-elemszám	Elfogadási állandó (k)
G	15	1,65

Tételnagyság	Kulcsjelek a				
	járulékos		általános		
	ellenőrzési szinthez				
	S-3	S-4	I	II	III
.....					
91 150	B	C	E	F	H
151 280	B	D	F	G	I
281 500	C	E	G	H/I	J
.....					

Kulcsjel	Minta-nagyság n	Átvételi hibaszint, AQL (%)										
		0,1 k	0,15 k	0,25 k	0,40 k	0,65 k	1,00 k	1,50 k	2,50 k	4,00 k	6,50 k	10,00 k
...		↓	↓	...								
F	10	↓	2,24	2,11	1,98	1,84	1,72	1,58	1,41	1,23	1,03	0,828
G	15	2,42	2,32	2,20	2,06	1,91	1,91	1,79	1,65	1,30	1,09	0,886
H	20	2,47	2,36	2,24	2,11	1,96	1,82	1,69	1,51	1,33	1,12	0,917
...		...										

3. lépés

A mintavételi terv alapján kivett mintaelemek vizsgálata. A lemért 15 elemű minta méretei a következők:

Sorszám	Érték	Sorszám	Érték	Sorszám	Érték
1.	117,0	6.	116,0	11.	118,0
2.	117,2	7.	119,0	12.	118,0
3.	118,0	8.	118,0	13.	120,0
4.	117,2	9.	118,0	14.	116,0
5.	116,0	10.	120,0	15.	118,0

4. lépés

A mért adatok átlagának kiszámítása:

$$\bar{x} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} x_i = 117,76 \text{ mm}$$

5. lépés

A mért adatokból a tapasztalati szórás kiszámítása:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (x_i - 117,76)^2}{15 - 1}} = 1,2654 \text{ mm}$$

6. lépés

A minőségi mutatók értékeinek kiszámítása:

$$Q_F = \frac{FTH - \bar{x}}{s} = \frac{120,8 - 117,76}{1,2654} = 2,402$$

$$Q_A = \frac{\bar{x} - ATH}{s} = \frac{117,76 - 113,8}{1,2654} = 3,129$$

7. lépés

Döntés a minta elfogadásáról vagy visszautasításáról. Mivel a kiszámított minőségi mutatók (Q_A és Q_F) értékei nagyobbak, mint a táblázatban található elfogadási állandó (k), ezért a tételt **elfogadjuk**.

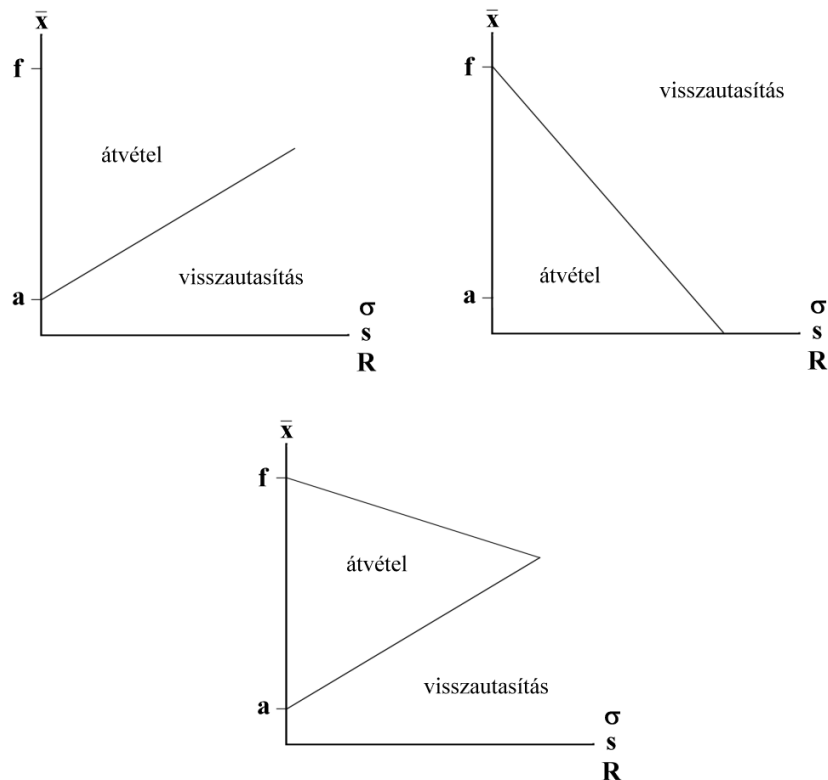
Grafikus eljárások folyamatai

Egy vagy kétoldali tűréshatár esetén (különálló átvételi hibaszint)

- A tétel elemszámának függvényében meghatározzuk az adott ellenőrzési fokozathoz rendelt kulcsjelet.
- Az ellenőrzés módszere (σ -módszer, s -módszer, R -módszer) és az ellenőrzés fajtája (normális, enyhített, szigorított) által meghatározott táblázatból, az adott kulcsjelnek megfelelően meghatározzuk a rögzített átvételi hibaszinthez (AQL) tartozó minta elemszámát és a k elfogadási állandó értékét.
- A mintát megmérjük és kiszámítjuk a statisztikai jellemzőt.
- Megrajzoljuk az alkalmazott statisztikai jellemző által meghatározott, az alábbiakban összefoglalt egyenleteknek megfelelő egyeneseket (10. ábra)

Módszer	Egyoldali tűréshatár esetén		Kétoldali tűréshatár esetén	
	ATH	FTH		
σ -módszer	$\bar{x} = ATH + \sigma.k$	$\bar{x} = FTH - \sigma.k$	$\bar{x} = ATH + \sigma.k$ és	$\bar{x} = FTH - \sigma.k$
s -módszer	$\bar{x} = ATH + s.k$	$\bar{x} = FTH - s.k$	$\bar{x} = ATH + s.k$ és	$\bar{x} = FTH - s.k$
R -módszer	$\bar{x} = ATH + R.k$	$\bar{x} = FTH - R.k$	$\bar{x} = ATH + R.k$ és	$\bar{x} = FTH - R.k$

11.14.ábra. Az átvételi egyenesek egyenletei



11.15.ábra Átvételi ábrák különálló átvételi hibaszintek esetén

- Ábrázoljuk a minta alapján meghatározott – a vizsgálat módszere szerinti – $(\sigma; \bar{x})$ vagy $(s; \bar{x})$ vagy $(R; \bar{x})$ pontot és ennek elhelyezkedése alapján döntünk a tétel elfogadásáról, illetve elutasításáról

Kétoldali tűréshatár esetén (együttes átvételi hibaszint)

σ -módszer alkalmazása esetén

A tétel elemszámának függvényében meghatározzuk az adott ellenőrzési fokozathoz rendelt kulcsjelet.

- Az ellenőrzés fajtája (normális, enyhített, szigorított) által meghatározott táblázatból, az adott kulcsjelnek megfelelően kiválasztjuk a rögzített átvételi hibaszinthez (AQL) tartozó minta elemszámát
- A mintát megmérjük és kiszámítjuk a mért értékek átlagát
- Kiválasztjuk az adott kulcsjel szerinti ábrából az átvételi hibaszinthez tartozó átvételi görbét.
- Megrajzoljuk a $\frac{\sigma}{FTH - ATH}$ értékhez tartozó, tengellyel párhuzamos egyenest, melynek az átvételi görbével alkotott metszéspontjai alapján meghatározzuk az átvételi határokat.
- A számított mintaátlag értékének ábrázolt helyzete alapján döntünk a tétel elfogadásáról vagy elutasításáról.

s-módszer és R-módszer alkalmazása esetén

A tétel elemszámának függvényében meghatározzuk az adott ellenőrzési fokozathoz rendelt kulcsjelet.

- Az ellenőrzés módszere (σ -módszer, s-módszer, R-módszer) és az ellenőrzés fajtája (normális, enyhített, szigorított) által meghatározott táblázatból, az adott kulcsjelnek

megfelelően meghatározzuk a rögzített átvételi hibaszinthez (AQL) tartozó minta elemszámát és a k elfogadási állandó értékét.

- A mintát megmérjük és kiszámítjuk a statisztikai jellemzőt.
- Kiválasztjuk az ellenőrzés módszerének megfelelően, az adott kulcsjel szerinti ábrából a rögzített átvételi hibaszinthez (AQL) tartozó átvételi görbét.
- Ábrázoljuk a minta alapján meghatározott értékpároknak megfelelő pontot, és ennek elhelyezkedése alapján döntünk a tétel elfogadásáról vagy visszautasításáról.

11. Mérészközfelügyelet, a mérési folyamatok irányítása

A mérési tevékenység értéktöbbletet teremtő olyan speciális folyamat, mely az előállított termék minőségének támogatását segíti elő. Az egységes értelmezés érdekében először néhány szakkifejezés meghatározása kerül ismertetésre:

Mérőberendezés: azok az etalonok, mérőeszközök, mérési segédeszközök, szoftverek, stb., melyek a mérési folyamathoz szükségesek.

Mérőgép: azok, a speciális mérési feladatra kifejlesztett mérőeszközök, amelyek képesek a munkadarab felületének ciklikusan ismétlődő, jellegzetes makro- és mikrogeometriai mintázatát mérni és az eredményt összehasonlító mérőszám formájában megadni. Korszerűbb az a szemlélet, amely szerint a mérőgépnek az alkatrész várható működési minőségét kell meghatároznia (pl.: fogaskerék kinematikai hibája)

Mérési folyamat: a mért mennyiség értékének meghatározásához szükséges összes művelet.

Metrológiai jellemző: a mérési eredményeket befolyásoló megkülönböztető tulajdonság.

Metrológiai megerősítés = konfirmálás: olyan műveletek összessége, amelyek annak biztosításához szükségesek, hogy egy mérőeszköz kielégítse a szándék szerinti alkalmazás követelményeit.

Megjegyzések: A metrológiai megerősítés általában felöleli a kalibrálást és/vagy a hitelesítést (igazolást), minden szükséges beállítást vagy javítást és az ezután következő újrakalibrálást, az eszköz szándék szerinti alkalmazásával kapcsolatos metrológiai követelményekkel való összehasonlítást, valamint a szükséges zárjeggyel való ellátást és címkézést. Egészen addig nem teljesül a metrológiai megerősítés, amíg nincs bizonyítva és dokumentálva a mérőeszköz alkalmassága a szándék szerinti alkalmazásra (megfontolások: mérési tartomány, felbontóképesség, legnagyobb megengedett hiba, stabilitás, környezeti feltételek, szakértelem stb.) A metrológiai megerősítés követelményei nem azonosak általában a termék követelményeivel, a termék követelményei között nem is szerepel.

Mérésirányítási rendszer (a mérés szabályozási rendszere): a metrológiai megerősítéshez és a mérési folyamatok folyamatos szabályozásának megvalósításához szükséges, egymással összefüggő vagy egymással kölcsönhatásban álló elemek összessége. A mérésirányítási rendszer biztosítja azt, hogy az előírt metrológiai követelmények teljesüljenek.

A mérésirányítási rendszer kialakításához nyújt útmutatást és segítséget az **MSZ EN ISO 10012:2003** szabvány, melynek címe: **Mérésirányítási rendszerek. A mérési folyamatokra és a mérőberendezésekre vonatkozó követelmények (ISO 10012:2003).**

1. A mérésirányítási rendszer kialakításában elsődleges a szervezet vezetőségének felelőssége:

- meghatározza a metrológiai feladatköröket (lehet egy vagy több személy, nagy szervezetnél egy külön osztály),
- biztosítja a szükséges erőforrásokat,
- a mérésirányítási rendszer mérhető minőségcéljait meghatározza és kialakítja,
- rendszeresen, tervszerűen átvizsgálja a mérésirányítási rendszer alkalmasságát, hatékonyságát és megfelelőségét.

A mérésirányítási rendszert is szabályozni és **folyamatosan fejleszteni** kell.

A mérési folyamat bemenete a **vevői igény**, így biztosítani kell:

- a vevői követelmények meghatározását és átalakítását metrológiai követelményekké,
- a vevő metrológiai követelményinek teljesülését,
- a vevői követelményeknek való megfelelés igazolását.

2. A mérési folyamatban részt vevő **erőforrások**:

- emberi, (hatáskörük meghatározott és bizonyítottan felkészültek);
- tárgyi, - hozzáférhető és azonosított mérőberendezések;
 - ha szükséges a konfirmálás, akkor előtte legyen érvényes kalibrálás;
 - dokumentált eljárás kialakítása, fenntartása és alkalmazása a mérőberendezések szállítására, átvételére, kezelésére, tárolására,
 - a környezeti feltételek (hőmérséklet, nedvesség, megvilágítás, rezgés, por, elektromágneses impedancia, tisztaság, stb) meghatározása, biztosítása, figyelemmel kísérése és dokumentálás;
- információ, - mérési eljárási utasítások,
 - szoftverek (dokumentálni, azonosítani, ellenőrizni),
 - feljegyzések (megőrizni),
 - azonosítás (minden mérőberendezést és műszaki folyamatot egyedileg vagy együttesen, egyértelműen kell azonosítani);
- külső (be)szállítók: - a követelmények meghatározása, dokumentálása
 - kiválasztás, figyelemmel kísérés, értékelés,
 - feljegyzések megőrzése,
 - ISO/IEC 17025 szerinti megfelelés (kalibrálást végző szállítónál).

3. A mérési folyamat megvalósítása és a **metrológiai megerősítés** (konfirmálás)

Amennyiben szükséges a metrológiai megerősítés, akkor az megelőzi a mérési folyamat megvalósítását (a mérési folyamat egyetlen mérőeszköz használatára is korlátozódhat).

3.1. Metrológiai megerősítés (konfirmálás).

A metrológiai megerősítés a mérőberendezés **kalibrálását és a mérőberendezés igazolását** (verifikálás) foglalja magába.

Emlékeztető. Kalibrálás: „azoknak a műveleteknek az összessége, amelyekkel meghatározott feltételek mellett megállapítható az összefüggés egy mérőeszköz vagy egy mérőrendszer értékmutatása, illetve egy mértéknek vagy anyagmintának tulajdonított érték és a mérendő mennyiség etalonnal reprodukált megfelelő értéke között” []. Igazolás (verifikálás): „annak megerősítése objektív bizonyíték szolgáltatásával, hogy az előírt követelmények teljesülnek” []. Érvényesítés/jóváhagyás (validálás): „annak megerősítése objektív bizonyíték szolgáltatásával, hogy az adott szándék szerinti használathoz vagy alkalmazáshoz előírt követelmények teljesültek” [].

A mérőberendezést kezelő személy számára hozzáférhetővé kell tenni a konfirmált állapotra vonatkozó valamennyi fontos információt. A metrológiai jellemzők olyan tényezők, amelyek hozzájárulnak a mérési bizonytalansághoz, és amelyek a metrológiai megerősítés (konfirmálás) érdekében a metrológiai követelményekkel közvetlenül összehasonlíthatók.

A metrológiai megerősítések megismétlésre kerülnek. A közöttük eltelt **idő** (általában a kalibrálás közötti időszakkal megegyezhet) tapasztalati úton kerül meghatározásra, (szakirodalom ajánlásokat tartalmaz). Ezeket az időközöket szükség szerint felülvizsgálni és módosítani szükséges, például a mérőberendezés javítása után.

A megerősített (konfirmált) mérőberendezés szabályozószerveit **védni** kell az illetéktelen elállítástól, vagy annak lehetőségétől, pl.: a kijelző berendezés szabályozó gombjai elzárható kis ajtó mögött vannak, írásvédett szoftverek, festés, bélyeg, stb. A lezárások vagy egyéb

védelem sérülése, feltörése, hiánya esetén elvégzendő tevékenységeket a konfirmálás eljárási utasításaiban kell szabályozni.

A metrológiai megerősítési folyamat **feljegyzései**, melyek azt bizonyítják, hogy a mérőberendezés minden eleme az előírt metrológiai követelményt teljesíti, a következőket tartalmazza: gyártó, típus, gyártási szám; a konfirmálás időpontja és a következő konfirmálások időköze, a konfirmálásra vonatkozó eljárás azonosítása; a megengedett maximális hibák mértéke (ennek nagyságát vagy a gyártó vagy a szervezet határozhatja meg); környezeti feltételek; a kalibrálás bizonytalansága; a karbantartás részletei; a használatra vonatkozó korlátozások; a konfirmálást végző személyek neve; a felelősök neve; kalibrálási bizonyítvány, jegyzőkönyv vagy dokumentum azonosítója, visszavezettség bizonyítéka; a szándék szerinti használat követelményei. A feljegyzések készíthetők kézírással, géppel, elektronikusan. Feljegyzéseket csak az arra felhatalmazott személy készíthet, módosíthat, adhat ki vagy érvényteleníthet.

3.2. A mérés folyamata

A mérési folyamatokat tervezni, validálni, bevezetni, dokumentálni és ellenőrizni kell. A metrológiai követelményeket a mérési folyamat **tervezési szakaszában** határozzák meg a vevő, a szervezet, az ide vonatkozó jogszabályok és előírások követelményei alapján (pl.: a termék minőségének biztosításához szükséges mérések, mérési módszerek, a szükséges mérőberendezések és azok specifikációi, a mérő személy(ek) hozzáértése, minősítése, stb.). A követelmények legyenek összhangban a mérés jelentőségével, a végtermék minőségére gyakorolt hatásával (azt és annyit mérjünk, amennyi szükséges és elég). A tervezés során határozzák meg a működési jellemzőket és nagyságukat (pl.: mérési bizonytalanság, ismételhetőség, reprodukálhatóság, stabilitás, stb.).

A mérést **ellenőrzött feltételek között kell végrehajtani**. Ez azt jelenti, hogy a méréshez felhasznált mérőberendezés konfirmált, az alkalmazott mérési eljárás érvényesített, az információk, a környezeti feltételek, a szakképzett személyek rendelkezésre állnak, az eredményeket dokumentálják, az egész mérési folyamatot figyelemmel kísérik.

A mérések elvégzése során készült feljegyzések a megfelelés igazolásához nélkülözhetetlenek, ezek lehetnek, pl.: a mérési folyamat leírása; működési feltételek; a személyzet megkövetelt és teljesített képessége; a mérési folyamat szabályozásából eredő információ, az ellenőrzések időpontja és eredménye, felelős személyek.

3.3. Visszavezethetőség és mérési bizonytalanság.

A **visszavezethetőséget** minden mérési eredmény esetében biztosítani kell, az erre vonatkozó feljegyzéseket a szükséges ideig meg kell őrizni.

A **mérési bizonytalanságot** becsülni és dokumentálni kell a mérésirányítási rendszerbe tartozó valamennyi mérési folyamat esetében a mérőberendezés konfirmálása és a mérési folyamat érvényesítése előtt.

Emlékeztető. Visszavezethetőség: „a mérési eredménynek, vagy egy etalon értékének az a tulajdonsága, hogy ismert bizonytalanságú összehasonlítások megszakítatlan láncolatán keresztül kapcsolódik megadott referenciákhoz, általában országos vagy nemzetközi etalonhoz” [1]. Etalon: „mérték, mérőeszköz, anyagminta vagy mérőrendszer, amelynek az a rendeltetése, hogy egy mennyiség egységét, illetve egy vagy több ismert értékét definiálja, megvalósítsa, fenntartsa vagy reprodukálja, és referenciaként szolgáljon” [1]. Mérési bizonytalanság: „a mérési eredményhez társított paraméter, amely a mérendő mennyiségnek megalapozottan tulajdonítható értékek szóródását jellemzi” [1].

4. Elemzés, fejlesztés

A mérésirányítási rendszert előre megtervezett gyakorisággal **auditálják**, a megerősítést és a folyamatokat szintén rendszeresen **figyelemmel kísérik** azzal a céllal, hogy a hiányosságokat időben feltárva megelőzzék a követelményektől való eltérést. A szervezet célja a hibák,

nemmegfelelőségek megelőzése. A nem megfelelő mérési folyamatokat (azonosításuk után) le kell állítani a szükséges helyesbítő intézkedések elrendeléséig. A módosított mérési folyamatot érvényesíteni (validálni) kell az alkalmazása előtt. A hibák feltárásának eszköze lehet pl.: belső audit, vevői panasz vagy visszajelzés, többszöri ellenőrzés, a szabályozó/ellenőrző kártyák elemzése, labor-összehasonlítás, stb.

A nem megfelelő mérőberendezéseket a használatból kivonják és a téves használat elkerülése érdekében azonosító jelöléssel látják el.

TÁBLÁZATOK

1. táblázat

A legkedvezőbb d_0 átmérőjű mérőcsapok és a kereskedelemben kapható d_m méretű mérőcsapok méretei a P menetemelkedés függvényében [mm]. [2]

P	d_0	d_m	P	d_0	d_m	P	d_0	d_m	P	d_0	d_m
0,20	0,11547	-	0,50	0,28868	0,29	1,25	0,72169	0,725	3,50	2,02073	2,05
0,25	0,14434	0,17	0,60	0,34641	0,335	1,50	0,86603	0,895	4,00	2,30940	2,55
0,30	0,17321	0,17	0,70	0,40415	0,455	1,75	1,01036	1,100	4,50	2,59808	2,55
0,35	0,20207	0,22	0,75	0,43301	0,455	2,00	1,15470	1,350	5,00	2,88675	3,20
0,40	0,23094	0,25	0,80	0,46188	0,455	2,50	1,44338	1,650	5,50	3,17543	3,20
0,45	0,25981	-	1,00	0,57735	0,62	3,00	1,73205	2,050	6,00	3,46410	4,00

2. táblázat

A normál métermenetek mérőcsapos méréséhez szükséges adatok névleges (kereskedelmi) mérőcsapok esetén. [2]

Névl. menet- átmérő d [mm]	Névleges mérőcsap átmérő d_0 [mm]	Menet- emel- kedés P [mm]	Orsó- menet d_2 [mm]	Mérő- méret 0 mérő- nyomás L [mm]	k_2 [μ m]	k_5	Névl. menet- átmérő d [mm]	Névleges mérőcsap átmérő d_0 [mm]	Menet- emel- kedés P [mm]	Orsó- menet d_2 [mm]	Mérő- méret 0 mérő- nyomás L [mm]	k_2 [μ m]	k_5
2	0,25	0,4	1,721	2,145	0,646	0,01	14	1,35	2	12,663	15,021	0,43	0,098
2,2	0,29	0,45	1,888	2,369	0,646	0,15	16	1,35	2	14,663	17,021	0,43	0,098
2,5	0,29	0,45	2,188	2,669	0,646	0,15	18	1,65	2,5	16,334	19,164	0,43	0,104
3	0,29	0,5	2,655	3,113	0,646	0,001	20	1,65	2,5	18,334	21,163	0,43	0,104
3,5	0,335	0,6	3,089	3,596	0,646	0,006	22	1,65	2,5	20,334	23,163	0,215	0,104
4	0,455	0,7	3,523	4,305	0,646	0,026	24	2,05	3	22,003	25,606	0,215	0,160
4,5	0,455	0,75	3,991	4,707	0,43	0,011	27	2,05	3	25,003	28,605	0,215	0,160
5	0,455	0,8	4,456	5,153	0,43	0,004	30	2,05	3,5	27,674	30,848	0,215	0,015
6	0,62	1	5,324	6,346	0,43	0,022	33	2,05	3,5	30,674	33,848	0,215	0,015
7	0,62	1	6,324	7,345	0,43	0,022	36	2,55	4	33,342	37,591	0,215	0,121
8	0,725	1,25	7,160	8,282	0,43	0,002	39	2,55	4	36,342	40,590	0,215	0,121
9	0,725	1,25	8,160	9,282	0,43	0,002	42	2,55	4,5	39,014	42,832	0,215	0,024
10	0,895	1,5	8,994	10,414	0,43	0,015	45	2,55	4,5	42,014	45,832	0,215	0,024
11	0,895	1,5	9,994	11,413	0,43	0,015	48	3,2	5	44,681	50,025	0,215	0,158
12	1,1	1,75	10,829	12,650	0,43	0,045	52	3,2	5	48,681	54,024	0,215	0,152

3. táblázat

Mikroszkópállvány döntésének szöge métermenetes orsó középátmérőjének méréséhez [2]

P [mm]	d_2 [mm]	γ [°]	P [mm]	d_2 [mm]	γ [°]	P [mm]	d_2 [mm]	γ [°]
0,2	1	4° 10'	1	12	1° 37'	2	60	0° 37'
0,2	1,6	2° 29'	1	20	0° 57'	2	80	0° 28'
0,25	1	5° 27'	1	30	0° 37'	2,5	20	2° 27'
0,25	2	2° 27'	1,25	8	3° 12'	3	30	1° 57'
0,3	1,4	4° 32'	1,25	10	2° 29'	3	40	1° 26'
0,35	1,6	4° 28'	1,25	14	1° 44'	3	50	1° 08'
0,4	3	2° 16'	1,5	10	3° 01'	3	60	0° 57'
0,5	2	4° 11'	1,5	20	1° 27'	3	80	0° 42'
0,5	3	3° 24'	1,5	30	0° 57'	3,5	30	2° 17'
0,5	5	1° 57'	1,5	40	0° 42'	3,5	60	1° 16'
0,75	10	0° 56'	1,5	60	0° 28'	4	80	0° 57'
0,75	4,5	3° 05'	1,75	12	2° 56'	5	48	2° 00'
0,75	10	1° 06'	2	14	2° 52'	6	70	1° 39'
1	20	0° 42'	2	20	1° 57'	6	80	1° 27'
1	6	3° 24'	2	30	1° 16'	6	100	1° 10'
1	8	2° 27'	2	40	1° 57'			

4. táblázat

Egyenes fogazatú, hengeres fogaskerek mérettűrései, $m = 2 - 3,55\text{ mm}$ és $d = 10 - 50\text{ mm}$ osztókör átmérő esetén ($\alpha = 20^\circ$) a DIN 3962 alapján, [μm].

Jellemző mutató	Pontossági osztály											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
f_f	1,5	2	3	4	6	8	11	16	22	36	56	90
$f_{H\alpha}$	1	1,5	2	3	4,5	6	9	12	18	28	45	71
F_f	2	3	4	5	7	10	14	20	28	45	71	110
f_p, f_{pe}	1	2	2,5	3,5	5	7	10	14	20	32	50	80
f_u	1,5	2,5	3	4,5	6	9	12	18	25	40	63	100
F_p	4	6	8	11	16	20	28	40	56	90	140	250
$F_p z/8$	2,5	3,5	5	7	10	16	20	25	36	56	90	140
F_r	3	4	5,5	8	11	16	22	32	45	63	90	125
F_s	2	2,5	3,5	5	7	10	14	20	28	36	56	71

5. táblázat

A kinematikai pontosság tűrései, $m = 1 - 3,5\text{ mm}$ és $d = 1 - 125\text{ mm}$ osztókör átmérő esetén ($\alpha = 20^\circ$) az MSZ 642 alapján, [μm]. [2] (Részlet)

Jellemző mutató	Pontossági osztály									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F_i'	$F_p + F_r$	$F_p + F_r$	$F_p + F_r$	$F_p + F_r$	$F_p + F_r$	$F_p + F_r$	-	-	-	-
F_r	6	10	16	25	36	45	71	100	125	160
F_{vw}	4	6	10	16	22	28	-	-	-	-
F_i	-	-	22	36	50	63	90	140	180	224
F_c	4	6	10	16	22	28	-	-	-	-

6. táblázat

Elemi fogazat többfog-mérete $m = 1\text{ mm}$, $\alpha = 20^\circ$ esetén. [2] (Részlet)

z	k	W_0'	z	k	W_0'	z	k	W_0'
6	2	4,51223	21	3	7,67444	36	4	10,83666
7		4,52624	22		7,68845	37	4	10,85067
8		4,54024	23		7,70246	38	5	13,80280
9		4,55425	24		7,71646	39	5	13,81680
10		4,56825	25		7,73047	40		13,83081
11		4,58226	26		7,74447	41		13,84481
12		4,59626	27		7,75848	42		13,85882
13		4,61027	28	3	7,77249	43		13,87282
14		4,62427	29	4	10,72462	44	6	13,88683
15		4,63828	30	4	10,73862	45		13,90084
16		4,65229	31		10,75263	46		13,91484
17		4,66629	32		10,76663	47	5	13,92885
18		4,68030	33		10,78064	48	6	16,88098
19		4,69439	34		10,79464	49		16,89498
20	2	4,70831	35		10,80865	50		16,90899
	3	7,66044			10,82265			16,92299
								16,93700

7. táblázat

A többfogmért E_{Ws} vagy $+E_{Wi}$ legkisebb eltérése, valamint a többfogmért átlagos hossza legkisebb eltérésének I. összetevők értékei [μm] [2] (Részlet)

Illesztési fokozat	Pontossági osztály	Osztókör átmérő, d, mm		Illesztési fokozat	Pontossági osztály	Osztókör átmérő, d, mm	
		80-ig	80...125			80-ig	80...125
H	3...6	8	10	B	7	100	110
	7	10	10		8	100	110
E	3...6	20	24		9	110	120
	7	25	30		10	110	140
D	3...6	30	35		11	120	140
	7	35	40	A	3...6	120	160
	8	40	50		7	140	180
C	3...6	50	60		8	160	200
	7	55	70		9	180	200
	8	60	80		10	200	200
	9	70	80		11	200	250
B	3...6	80	100		12	200	250

8. táblázat

A többfogmért átlagos hosszának $-E_{Wms}$ és $+E_{Wmi}$ legkisebb eltérésének II. összetevő értékei, [μm] [2] (Részlet) (E_{Wms} - A többfogmért átlagos hosszának legkisebb eltérése mínusz előjellel külső fogazatnál)

A fogkoszorú radiális ütésének tűrése, F_r										
8-ig	8...10	10...12	12...16	16...20	20...25	25...32	32...40	40...50	50...60	60...80
2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18

9. táblázat

A többfogmért átlagának T_{Wm} tűrése, [μm] [2]

Illesztési fokozat	Foghézag tűrése	Fogkoszorú radiális ütésének tűrése, F_r									
		8-ig	8...10	10...12	12...16	16...20	20...25	25...32	32...40	40...50	50...60
H, E	h	16	16	18	20	20	20	22	25	25	28
D	d	20	25	25	25	28	30	35	40	40	40
C	c	28	30	30	35	40	45	45	50	60	70
B	b	35	40	40	40	45	50	55	60	70	100
A	a	45	50	50	55	60	60	80	90	100	100
-	z	60	60	60	70	70	80	100	110	120	140
-	y	70	80	90	90	100	110	120	160	180	220
-	x	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250

Illesztési fokozat	Foghézag tűrése	Fogkoszorú radiális ütésének tűrése, F_r									
		60...80	80...100	100-125	125-160	160-200	200-250	250-320	320-400	400-500	500-630
H, E	h	30	40	55	70	80	100	100	140	160	200
D	d	60	70	80	100	120	140	160	240	250	350
C	c	90	110	120	140	180	240	280	300	400	550
B	b	100	120	140	200	250	300	350	450	550	700
A	a	140	150	180	240	280	350	450	550	700	800
-	z	180	200	250	300	400	500	600	800	800	1100
-	y	240	300	350	400	500	600	800	900	1100	1400
-	x	300	350	400	550	700	800	1100	1200	1400	1800

Illesztési fokozat	Foghézag tűrése	Fogkoszorú radiális ütésének tűrése, F_r									
		8-ig	8...10	10...12	12...16	16...20	20...25	25...32	32...40	40...50	50...60
H, E	h	20	20	25	28	28	30	35	40	50	60
D	d	25	28	28	30	35	40	50	55	60	70
C	c	35	35	35	40	50	55	60	70	80	100
B	b	35	40	50	50	55	60	70	80	100	120
A	a	50	55	55	60	70	80	100	110	120	140
-	z	60	70	70	70	80	100	110	120	140	180
-	y	80	100	100	100	110	120	140	180	200	250
-	x	100	100	110	120	140	140	180	200	250	280

Illesztési fokozat	Foghézag tűrése	Fogkoszorú radiális ütésének tűrése, F_r									
		60...80	80...100	100-125	125-160	160-200	200-250	250-320	320-400	400-500	500-630
H, E	h	70	80	100	140	160	200	250	300	400	450
D	d	100	110	140	180	200	250	300	400	500	600
C	c	120	140	180	200	280	350	400	500	600	700
B	b	140	180	200	280	350	400	500	600	700	1000
A	a	180	200	250	300	350	500	600	700	1000	1100
-	z	200	250	300	350	500	600	800	1000	1100	1400
-	y	280	350	400	500	600	800	1000	1100	1400	1800
-	x	350	400	500	600	800	1000	1200	1400	1800	2000

11. táblázat

Az idomszer gyártási tűrései, a kopási lehetőségének, túlkopásának számértékei [μm], [2] (Részlet)

Mdb IT	Furat-mérés	Csap-mérés	Átmérőcsoportok, a munkadarab névleges mérete [mm]							
			3-ig	3 felett 6-ig	6 felett 10-ig	10 felett 18-ig	18 felett 30-ig	30 felett 50-ig	50 felett 80-ig	80 felett 120-ig
6	T	T	6	8	9	11	13	16	19	22
	z		1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3
	y		1	1	1	1,5	1,5	2	2	3
	H/2		0,6	0,75	0,75	1,0	1,25	1,25	1,5	2
		z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5
		y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4
		$H_1/2$	1,0	1,25	1,25	1,5	2	2	2,5	3
7	T	T	10	12	15	18	21	25	30	35
	z	z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5
	y	y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4
	H/2	$H_1/2$	1	1,25	1,25	1,5	2	2	2,5	3
8	T	T	14	18	22	27	33	39	46	54
	z	z_1	2	3	3	4	5	6	7	8
	y	y_1	3	3	3	4	4	5	5	6
	H/2	$H_1/2$								
9	T	T	25	30	36	43	52	62	74	87
	z	z_1	5	6	7	8	9	11	13	15
	H/2		1	1,25	1,25	1,5	2	2	2,5	3
		$H_1/2$	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5
10	T	T	40	48	58	70	84	100	120	140
	z	z_1	5	6	7	8	9	11	13	15
	H/2		1	1,25	1,25	1,5	2	2	2,5	3
		$H_1/2$	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5

Tétel- Nagyság N	Különleges				Általános		
	Az ellenőrzési fokozat kulcsjele						
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
...	...	...	...	...	...	...	...
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10000	C	D	F	G	J	L	M
10001-35000	C	D	F	H	K	M	N
...	...	...	...	...	...	...	...

13. táblázat

Egylépcsős tertípus **normális** vizsgálatra minősítéses átvételi ellenőrzéshez (Részlet) [3]

Kulcs- jel	Minta db szám	Átvételi hibaszint (AQL)									
		0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0 1	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1 2	2 3	3 4
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2 3	3 4	5 6
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3 4	5 6	7 8
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	5 6	7 8	10 11
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7 8	10 11	14 15
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	10 11	14 15	21 22
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	14 15	21 22	↑
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	21 22	↑	↑
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑
R		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑

Kulcsjel-táblázat [3] méréses átvételi ellenőrzéshez (Részlet)

14. táblázat

Tétel- Nagyság N	Járulékos		Általános		
	Az ellenőrzési fokozat kulcsjele				
	S-3	S-4	I	II	III
...	...	...	...	...	...
151-280	B	D	F	G	I
281-500	C	E	G	H/I*	J
501-1200	D	F	H	J	K
1201-3200	E	G	I	K	L
3201-10000	F	H	J	L	M
10001-35000	G	I	K	M	N
35001-150000	H	J	L	N	P
...	...	...	...	...	...

* H, ha a tételszám 281-400-ig terjed; I, ha a tételnagyság 401-500-ig terjed.

15. táblázat

Kétlépcsős tertípus **normális** vizsgálatra minősítéses átvételi ellenőrzéshez (Részlet) [4]

K. jel	Minta		Átvételi hibaszint (AQL)											
	kivét	együtt	0,1	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0			
	db		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
H	32	32	↓	↓	*	↑	↓	0 2 1 2	0 3 1 4	1 4 4 5	2 5 6 7			
	32	64												
J	50	50	↓	*	↑	↓	0 2 1 2	0 3 1 4	1 4 4 5	2 5 6 7	3 7 8 9			
	50	100												
K	80	80	*	↑	↓	0 2 1 2	0 3 1 4	1 4 4 5	2 5 6 7	3 7 8 9	5 9 12 13			
	80	160												
L	125	125	↑	↓	0 2 1 2	0 3 1 4	1 4 4 5	2 5 6 7	3 7 8 9	5 9 12 13	7 11 18 19			
	125	250												
M	200	200	↓	0 2 1 2	0 3 1 4	1 4 4 5	2 5 6 7	3 7 8 9	5 9 12 13	7 11 18 19	11 16 26 27			
	200	400												
N	315	315	0 2 1 2	0 3 1 4	1 4 4 5	2 5 6 7	3 7 8 9	5 9 12 13	7 11 18 19	11 16 26 27	↑			
	315	630												

16. táblázat

Kétlépcsős tertípus **enyhített** vizsgálatra minősítéses átvételi ellenőrzéshez (Részlet) [4]

K. jel	Minta		Átvételi hibaszint (AQL)											
	kivét	együtt	0,1	0,15	0,25	0,40	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0			
	db		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac	Re
H	13	13	↓	↓	*	↑	↓	0 2 1 2	0 3 3 4	0 4 4 5	0 4 5 6	0 4 5 6		
	13	26												
J	20	20	↓	*	↑	↓	0 2 1 2	0 3 3 4	0 4 4 5	0 4 5 6	1 5 6 7	1 5 6 7		
	20	40												
K	32	32	*	↑	↓	0 2 1 2	0 3 3 4	0 4 4 5	0 4 5 6	1 5 6 7	2 7 8 9	2 7 8 9		
	32	64												
L	50	50	↑	↓	0 2 1 2	0 3 3 4	0 4 4 5	0 4 5 6	1 5 6 7	2 7 8 9	6 8 11 12	6 8 11 12		
	50	100												
M	80	80	↓	0 2 1 2	0 3 3 4	0 4 4 5	0 4 5 6	1 5 6 7	2 7 8 9	6 8 11 12	5 10 15 16	5 10 15 16		
	80	160												
N	125	125	0 2 1 2	0 3 3 4	0 4 4 5	0 4 5 6	1 5 6 7	2 7 8 9	6 8 11 12	5 10 15 16			↑	
	125	250												

17. táblázat

Kétlépcsős tertípus **szigorított** vizsgálatra minősítéses átvételi ellenőrzéshez (Részlet) [4]

K. jel	Minta		Átvételi hibaszint (AQL)																														
	kivét	együtt	0,1		0,15		0,25		0,40		0,65		1,0		1,5		2,5		4,0														
	db		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re													
H	32	32	↓		↓		↓	*		↓		↓	0		2		0		3		1		4										
	32	64						1					2		3		4		4		5												
J	50	50						↓	↓				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0		3		1		4		2		5			
	50	100			1		2			3		4								4		5		6		7							
K	80	80			↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0		3		1		4		2		5		3		7				
	80	160													1		2		3		4		4		5		6		7		11		12
L	125	125	↓				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0		3		1		4		2		5		3		7				
	125	250													1		2		3		4		4		5		6		7		11		12
M	200	200					↓		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	2		5		3		7		6		10		9		14		
	200	400															1		2		3		4		4		5		6		7		11
N	315	315			↓				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	3		7		6		10		9		14		↑				
	315	630															1		2		3		4		4		5				6		7

18. táblázat

Normális ellenőrzés az ismert szóráson alapuló σ -módszerhez méréses átvételi ellenőrzéshez (Részlet) [5]

Kulcs jel	Átvételi hibaszint, AQL (%)																						
	0,10		0,15		0,25		0,40		0,65		1,00		1,50		2,50								
	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k	n	k							
B	↓		↓		↓		↓		↓		↓	2	1,36	↓	2	1,25	↓	2	1,09				
C																							
D										2		1,58	2		1,42	2		1,33	3	1,17			
E						2		1,94		2		1,81	3		1,69	3		1,56	3	1,44	4	1,28	
F	↓		3	2,19	3	2,07	3	1,91	4	1,80	4	1,69	4	1,53	5	1,39							
G	4	2,39	4	2,30	4	2,14	5	1,05	5	1,88	6	1,78	6	1,62	7	1,45							
H	5	2,46	6	2,34	6	2,23	6	2,08	7	1,95	7	1,80	8	1,68	9	1,49							
I	6	2,49	6	2,37	7	2,25	8	2,13	8	1,96	9	1,83	10	1,70	11	1,51							
J	8	2,54	9	2,45	9	2,29	10	2,16	11	2,01	12	1,88	14	1,75	15	1,56							
K	11	2,59	12	2,49	13	2,35	14	2,21	16	2,07	17	1,93	19	1,79	22	1,61							
L	16	2,65	17	2,54	19	2,41	21	2,27	23	2,12	25	1,97	28	1,84	32	1,65							
M	22	2,69	23	2,57	25	2,43	27	2,29	30	2,14	33	2,00	36	1,86	42	1,67							
N	31	2,72	34	2,62	37	2,47	40	2,33	44	2,17	49	2,03	54	1,89	61	1,69							
P	42	2,73	45	2,62	49	2,48	54	2,34	59	2,18	65	2,04	71	1,89	81	↑1,70							

Jelmagyarázat:

Ac - átvételi szám;

Re - visszautasítási szám;

* - egylépcsős tervtípust kell alkalmazni;

↓ - A nyíl alatt legelőször található tervet kell alkalmazni. Ha a minta = tétel, akkor 100 %-os ellenőrzés

↑ - A nyíl felett legelőször található tervet kell alkalmazni.

Irodalomjegyzék

1. Dr. Harmath József szerk.: Mérési gyakorlatok. Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 2003.
2. Dr. Szilágyi László: Gépipari hosszmerések. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
3. Dr. Szilágyi László: Gépipari méretellenőrzés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
4. Dr. Palásti Kovács Béla: Gépalkatrészek minősége. Tervezés, gyártás, minősítés. BMF BGK, Tanfolyami jegyzet, Budapest, 2001
5. Kemény Sándor - Papp László – Deák András: Statisztikai minőség (megfelelőség-) szabályozás. Műszaki Könyvkiadó – Magyar Minőség Társaság, Budapest, 1999.
6. Dr. Szabó Gábor Csaba szerk.: Minőségsszabályozás és –ellenőrzés. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
7. Dr. Szabó Gábor Csaba: Vállalati minőségsszabályozás. Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest
8. Csikós Istvánné – Juhász Tibor: Minőségtervezés és –irányítás. NOVORG Kiadó, Budapest, 1997
9. Halász Gábor – Huba Antal: Műszaki mérések. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2003.
10. Gépkiönyv, Goulder Mikron gyártmányú köralak vizsgáló
11. Dr. Harmath József – Pálincás Tibor: Elektronika a gépipari hosszmeréstechnikában. Rádiótechnika Évkönyv Budapest, 1992, p: 53 – 62.
12. Dr. Harmath József – Pálincás Tibor: Elektronika a gépipari hosszmeréstechnikában. Rádiótechnika Évkönyv Budapest, 1993, p: 61 – 73.
13. Dr. Harmath József – Pálincás Tibor: Elektronika a gépipari hosszmeréstechnikában. Rádiótechnika Évkönyv Budapest, 1994, p: 71 – 85

Ajánlott szabványok

MSZ EN ISO 10360 – 1. Geometrical Product Specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) Part 1 : Vocabulary (ISO 10360 – 1 : 2000)

MSZ EN ISO 4287 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 4287 : 1997)

MSZ EN ISO 8785 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface imperfections – Terms, definitions and parameters (ISO 8785:1998)

MSZ EN ISO 10012:2003 Mérésirányítási rendszerek. A mérési folyamatokra és a mérőberendezésekre vonatkozó követelmények