

Budapesti Műszaki Főiskola
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
AGI Gépgyártástechnológiai Szakcsoport
Hosszméréstechnikai és Minőségügyi Labor

Gyakorlati útmutató és segédlet
Méréstechnika I. (FSz. I.) tárgyhoz

Galla Jánosné
Budapest
2008

Tartalomjegyzék

1.	Laboratóriumi szabályzat.....	3
2.	Metrológiai alapfogalmak.....	4
3.	Az 1991. évi XLV. törvény a mérésügyről és a végrehajtásáról szóló 127/1991 (X.9.) Korm. Rendelet összegzése.....	8
4.	Kalibrálás.....	13
5.	A mérési folyamatok irányítása.....	14
6.	Mérőműszerek irányelv (2004/22/EC irányelv)(MID – Measurement Instruments Directive).....	18
7.	Mérési eredmények feldolgozása	20
8.	Vizsgálóberendezés képességvizsgálatának alapelvei és jelentősége	23
9.	Mérőeszköz-vizsgálat eljárásai és folyamatai.....	25
10.	Ellenőrzés idomszerekkel, idomszerek méretezése, tervezése	27
11.	Furatok mérése, ellenőrzése.....	29
12.	Csavarmenetek mérése	32
13.	Optikai hosszmérő eszközök	35
14.	Pneumatikus és villamos finomtapintók	40
15.	Fogaskerek mérése és minősítése	46
16.	Ellenőrzési terv készítése.....	53
17.	A felületi érdesség mérése és eszközei.....	55
18.	Háromkoordinátás méréstechnika	68
19.	Irodalomjegyzék	80

1. 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 cénakesztyűben történik.
- A műszerekkel kapcsolatos bármilyen rendellenességet az oktátónak 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 személybiztonságot nem veszélyezteti, 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.

2. Metrológiai alapfogalmak

Metrológia,

a mérés tudománya a mérési bizonytalanság meghatározásával együtt.

Metrológia:

alkalmazott tudomány, mely a kvantitatív ismeretszerzési folyamatok

- tervezéséhez,
- végrehajtásához és
- az eredmények értékeléséhez nyújt ismereteket.

Általános metrológia

a metrológiának az a része, amely a mérendő mennyiségtől függetlenül a metrológiai kérdések közös problémáival foglalkozik, pl.: mértékegységek, mérési hibák, mérőeszközök metrológiai tulajdonságai.

Mérés célja:

információszerzés a mérendő mennyiség nagyságáról.

Mérési elvek, mérési módszerek:

határterület a metrológia és a természettudományok között.

Mérőeszközök konstrukciós elemei, elvei:

határterület a metrológia és a műszaki tudományok között.

„Valódi „ érték:

a konkrét mennyiség definíciójával konzisztens érték. A helyes érték, a mérési hiba, pontosság, mérési bizonytalanság meghatározásakor használják a valódi érték fogalmát.

Mérés:

„azoknak a műveleteknek az összessége, amelyek célja egy mennyiség értékének meghatározása”.

Mérési eljárás:

felsorolja a mérés során alkalmazott műveleteket (általában írásban készítik, számításokat is tartalmazhat).

Mérési bizonytalanság.

Tapasztalat igazolja, hogy az azonos körülmények között végzett mérések eredményei kisebb – nagyobb mértékben eltérnek egymástól.

A mérési eredmények valószínűségi változók. Kétféle becslést alkalmaznak a mérési bizonytalanság meghatározására: az egyik a relatív gyakoriságon, a másik a relatív megítélésen („hisszük”) alapul. Mivel nem minden esetben áll rendelkezésre elég jó közelítő függvény, ezért az általános mérési bizonytalanságot úgy kell definiálni, hogy az eloszlásra vonatkozó feltételezés nélkül is alkalmazható legyen. Eszerint

„a **mérési bizonytalanság** a mérés eredményéhez csatolt olyan paraméter, amely a mérendő mennyiségnek indokoltan tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.” Pl.: paraméter lehet a szórás vagy annak többszöröse. Útmutató a mérési bizonytalanság kifejezéséhez:

- a mérési bizonytalanság „a méréssel a mennyiség értékére kapott becslés lehetséges hibájának mértéke”,
- a mérési bizonytalanság „a mérendő mennyiség valódi értékét tartalmazó tartományt jellemző becslés”.

Standard bizonytalanság (s , u vagy u_e) – a mérési eredmény bizonytalansága szórásként kifejezve.

s – a mérési sorozatot statisztikai elemzés alapján számítják (A-típusú értékelés)

u – más módszerrel határozzák meg (B-típusú értékelés)

u_e – eredő standard bizonytalanság – számítás után kapjuk; akkor alkalmazzák, ha a mérési eredményhez is számítással jutunk.

$U = k \cdot s$; $U = k \cdot u$; $U = k \cdot u_e$, ahol k – kiterjesztési tényező. A kiterjesztett bizonytalanság, a mért értékek környezetében olyan tartomány, amelyben várhatóan a mérendő mennyiség benne van.

Az eredmény megadása: pl.: $y \pm U$

Megbízhatósági tartomány:

Egyes esetekben szükséges azt is megadni, hogy a kapott y érték körüli $y \pm U$ tartomány mekkora valószínűséggel tartalmazza a mérendő mennyiség valódi értékét.

$$P(y - U \leq y_{\text{valódi}} \leq y + U) = p(U)$$

Ezt általában akkor alkalmazzák, ha az eredményt egy specifikációval, pl. tűréssel kell összehasonlítani.

Hiba. (jele: h). $h = y_{\text{mért}} - y_{\text{valódi}}$ kisebb kell legyen a h_{max} -nál.

Ajánlás: $h_{\text{max}} = U$, mivel $U = k \cdot s \rightarrow h_{\text{max}} = k \cdot s$ Feltétel: az s (becsült szórás) azonos értelmezése.

Ennek alapja, hogy a mérés reprodukálhatóságát jellemző szórás és – a mérendő mennyiség valódi értékéhez viszonyítva meghatározott – hibákat jellemző szórás azonos.

Az **A – típusú** (a mérési eredményekből, statisztikai úton kapott) **szórás becslés** alkalmazható:

- fizikai állandókra,
- anyagjellemzőkre vonatkozó eredmények,
- laboratóriumi összehasonlító és jártassági vizsgálatok,
- etalon összehasonlítások esetén.

Nehézséget okoz ez esetben a kevés mérési eredmény.

A mérőeszköz gyártók feladata, hogy az előzőkhöz illeszthető mérőeszköz jellemzőket adjanak meg, ill. tanúsítsanak.

A mérés tervezőinek, a mérést végzőknek, kiértékelőknek a feladatai:

- a definiálatlan mérendő mennyiség,
- az instabil mérendő mennyiség,
- a mérési módszer és
- a mérési feltételek bizonytalanságainak meghatározása.

(módszer: négyzetes összegzés és a bizonytalanságok értelmezése)

Mérési bizonytalanság kalibráláskor

A kalibrálás

„a mérőeszköz metrológiai jellemzői meghatározásának alapja, azon műveletek összessége, amelyekkel – meghatározott feltételek között – megállapítható az összefüggés a mérőeszköz jelzése vagy az eszközzel végzett mérés eredménye és a mérendő mennyiség etalonnal mért vagy reprodukált helyes értéke között”.

A kalibrálás eredménye:

a kalibrált eszközzel és a kalibráláshoz használt etalonnal mért vagy reprodukált összetartozó értékek y_m és y_h (y_e) értékek sorozata, ahol y_m – a kalibrált eszközzel mért érték, y_h – a „helyes” érték, és y_e – az etalonnal mért érték.

Kalibrálási bizonyítvány:

tartalmazza az összetartozó értékeket és azok bizonytalanságait (U_m és U_e).

Ajánlott $k = 2$ esetén $h_i = y_{mi} - y_{hi} =$ kalibrálás bizonytalansága

Eszközből származó (típusvizsgálat) mérési bizonytalanság:

$$U_m = k_m \cdot$$

ahol: U_m – a műszertípus hibahatára; U_e – az etalon mérési bizonytalansága; k_m – kiterjesztési tényező az adott területen, k_e – etalon kiterjesztési tényező; n – ellenőrzési pontok, hibák száma.

Minősítés a kalibrálás során talált hibák összehasonlítása az előírt specifikációval. **Döntés** arról, hogy megfelel vagy nem felel meg.

Mérhető mennyiség – „jelenség, tárgy vagy anyag minőségileg megkülönböztethető és mennyiségileg meghatározható tulajdonsága”.

Mérőeszköz – „önmagában vagy kiegészítő eszközökkel együtt mérésre használt eszköz”.

Mérőrendszer – „mérőeszközök és egyéb készülékek meghatározott mérési feladat elvégzésére alkalmas összessége”.

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”.

Nemzetközi etalon – „nemzetközi megállapodással elfogadott etalon az adott mennyiség többi etalonjának tulajdonított érték meghatározására”.

Országos etalon – „nemzeti határozattal elismert etalon, az adott mennyiség többi etalonjának tulajdonított érték meghatározására az országban belül”.

Elsődleges etalon – „a legjobb metrológiai minőségűnek kijelölt vagy széles körben elismert etalon, amelynek az értéke elfogadható az ugyanannak a mennyiségnek más etalonjaira való hivatkozás nélkül”.

Másodlagos etalon – etalon, amelynek az értékét elsődleges etalonnal való összehasonlítás révén határozzák meg”.

Referencia etalon – „adott helyen vagy szervezetnél rendelkezésre álló talonok közül a legjobb metrológiai minőségű. Amelyre azon a helyen a méréseket visszavezetik”.

Használati etalon – rendszeresen mértékek, mérőeszközök vagy anyagminták kalibrálására illetve ellenőrzésére használt etalon”.

Összehasonlító etalon – „etalonok összehasonlításához közbülső eszközként használt etalon”.

Utazó etalon – különböző helyszínekre szállítható, esetenként különleges felépítésű etalon”.

Visszavezethetőség – „egy mérési eredménynek vagy egy etalon értékének az a tulajdonsága, hogy ismert bizonytalanságú összehasonlítások megszakítatlan láncolatán keresztül kapcsolódik megadott referenciákhoz, általában országos vagy nemzetközi etalonhoz.

Kalibrálás – „azoknak a műveleteknek összessége, amelyekkel meghatározott feltételek mellett megállapítható az összefüggés a mérőeszköz vagy egy mérőrendszer értékmutatása,

illetve egy mértéknek vagy anyagmintának tulajdonított érték és a mérendő mennyiség etalonnal reprodukált megfelelő értéke között”.

Etalon fenntartása – „azoknak a műveleteknek összessége, amelyek egy etalon metrológiai jellemzőinek megfelelő határok között tartásához szükségesek”.

Anyagminta – „olyan anyag, amelynek egy vagy több tulajdonsága eléggé homogén és jól meghatározott ahhoz, hogy egy készülék kalibrálásához, egy mérési módszer minősítéséhez vagy anyagjellemzők meghatározásához használják”.

Tanúsított anyagminta – „bizonyítvánnyal ellátott anyagminta, amelynek egy vagy több jellemzőjét olyan eljárás tanúsítja, amely biztosítja a visszavezethetőséget annak a mértékegységnek a pontos megvalósításához, amelyben a jellemző értékeit kifejezték, és amely anyagminta minden egyes tanúsított értékéhez adott megbízhatósági szintű mérési bizonytalanság tartozik”.

3. Az 1991. évi XLV. törvény a mérésügyről és a végrehajtásáról szóló 127/1991 (X.9.) Korm. Rendelet összefoglalása

A törvény célja:

- A mérések hazai és nemzetközi egységességének és pontosságának biztosítása.
- A mérési, kutatási, fejlesztési, gyártási, kereskedelmi kultúra színvonalának emelése.
- A fejlett iparú országokkal kiépülő gazdasági kapcsolatok bővítése.
- Termékeink versenyképességének a minőségbiztosítás mérésügyi eszközei által is megalapozott elősegítése.

A törvény hatálya kiterjed (a Magyar Köztársaság területén):

1. A mérésügyi szervezetek tevékenységére.
2. A mértékegységek használatára.
3. A joghatással járó mérésekre.

Mérésügy: „a mérésekkel kapcsolatos tevékenységeknek az a része, amelyet a mérések hazai és nemzetközi egységességének és pontosságának biztosítása céljából a **jog** eszközeivel kell szabályozni, és amelynek ellátásáról az **állam** gondoskodik”.

1. A mérésügyi szervezetek tevékenysége

A mérésügy **irányító, felügyeleti és ellenőrző szerve** az Országos Mérésügyi Hivatal (MKEH).

Az **MKEH** hatósági jogkörrel rendelkező központi hivatal, mely önálló feladatkörrel és hatáskörrel rendelkezik. A kormány által kijelölt miniszter látja el az irányítást, aki kinevezi az elnököt, valamint a mérésügyi szolgáltatásokat igénylő tárcák és egyéb szervek képviselőiből Országos Mérésügyi Tanácsot (tanácsadó szerv) hoz létre. Az MKEH területi szervei (mértékhitelítő hivatalok) is a törvényben megfogalmazott állami feladatokat látják el. Az MKEH önállóan gazdálkodik.

A mérésügyi szervezet (MKEH főosztályai és a mértékhitelítő hivatalok) feladatai:

- A törvényes mértékegységek használatára vonatkozó **szabályozás előkészítéséről**, az országos **etalonokról**, azok nemzetközi összehasonlításáról és hazai továbbármaztatásáról, ezen feladatok ellátásához szükséges **kutatásról és fejlesztésről** gondoskodik.
- A **mérőeszközök** mérésügyi **követelményeit** meghatározza.
- A **hitelesítési előírásokat** ad ki.
- A mérésügyi **szabványokat** előkészíti, a műszaki **irányelveket** kidolgozza.
- Mérésügyi **engedélyezési** feladatokat lát el, (típusvizsgálat, használati mérőeszközök hitelesítése). A kalibráló laboratóriumokat feljogosítja (akkreditálja).
- A mérésügyi jogszabályok megtartásának **ellenőrzéséről** gondoskodik.
- **Képviseli** nemzetközi mérésügyi szervezetben az országot, **együttműködik** külföldi társszervezetekkel, a nemzetközi mérésügyi egyezményből adódó feladatok végrehajtásáról gondoskodik.

A mérésügyi szervezet **egyéb feladatai:**

- Különleges, nagy pontosságú mérések elvégzése.
- Használati etalonok, hiteles anyagminták készítése.
- Nem kötelező hitelesítésű mérőeszközök típusvizsgálata, hitelesítése, kalibrálása.

- Szakvélemény készítés.
- Mérésügyi oktatás.
- Mérésügyi kutatás, fejlesztés.

2. Mértékegységek

A törvényes mértékegységek:

- A Nemzetközi Mértékegység-rendszer mértékegységei (SI).
- A külön jogszabályban meghatározott mértékegységek (SI-n kívüli).
- Származtatott mértékegységek (SI-ből és SI-n kívüli mértékegységekből).
- Az előző mértékegységek többszörösei és törtrészei (képzésüket külön jogszabály rögzíti).

A törvényes mértékegységen kívüli mértékegységek használati területei:

- Külkereskedelmi kapcsolatok.
- Nemzetközi megállapodások.
- Tudományos kutatások.

(Az **SI alapegységei**: hosszúság – méter [m]; tömeg – kilogramm [kg]; idő – másodperc [s]; villamos áramerősség – amper [A]; termodinamikai hőmérséklet – kelvin [K]; anyagmennyiség – mól [mol]; fényerősség – kandela [cd].

Az **SI származtatott mértékegységei**: frekvencia – hertz [Hz]; radioaktív sugárforrás aktivitása – becquerel [Bq]; erő – newton [N]; nyomás – pascal [Pa]; energia – joule [J]; teljesítmény – watt [W]; elnyelt sugárdózis – gray [Gy]; dózisegyenérték – sievert [Sv]; villamos töltés – coulomb [C]; villamos feszültség – volt [V]; villamos kapacitás – farad [F]; villamos ellenállás – ohm [Ω]; Villamos vezetőképesség –siemens [S]; mágneses fluxus – weber [W]; mágneses indukció – tesla [T]; induktivitás – henry [H]; fényáram – lumen [lm]; megvilágítás – lux [lx]; katalitikus aktivitás – katal [kat]; síkszög – radián [rad]; térszög – szteradián [sr].

Az **SI-n kívüli**, korlátozás nélkül használható **törvényes mértékegységek**: térfogat – liter [l] vagy [L]; síkszög – fok [$^{\circ}$], vagy perc/ívperc [$'$], vagy másodperc/ívmásodperc [$''$]; tömeg – tonna [t]; idő – perc [min], vagy óra [h], vagy nap [d], vagy naptári időegységek: hét, hónap, év; sebesség – kilométer/óra [km/h]; munka (energia) – wattóra [W.h]; hőmérséklet – Celsius fok [$^{\circ}\text{C}$].

Az **SI-n kívüli**, kizárólag **meghatározott szakterületen** használható **törvényes mértékegységek**: hosszúság/légi és tengeri hajózásban – tengeri mérföld; hosszúság/csillagászatban – 1 csillagászati egység, vagy parsec [pc], vagy fényév; terület/földterület – hektár [ha]; síkszög/geodéziában – újfok, másképpen gon [gon]; tömeg/atom- és magfizikában – atomi tömegegység [u]; nyomás/folyadékok és gázok esetén – bar [bar], nyomás/orvosi vérnyomásmérő készüléknél – higanyoszlop milliméter [mmHg]; energia/atom- és magfizikában – elektronvolt [eV]; teljesítmény/villamos látszólagos teljesítmény meghatározására – voltamper [VA]; teljesítmény/elektromos meddő teljesítmény meghatározására – var [var].) (A 127/1991. (X.9.) Korm.rendelet 1. számú melléklete alapján).

3. Joghatással járó mérések

„**Joghatással jár a mérés**, ha annak eredménye az állampolgárok és/vagy jogi személyek jogát vagy jogi érdekeit érinti, különösen, ha a mérési eredményt

- mennyiség és/vagy megfelelőség tanúsítására,
- a szolgáltatás és ellenszolgáltatás mértékének megállapítására,
- vagy hatósági ellenőrzésre és bizonyításra használják fel; továbbá
- az élet- és egészségvédelem, a környezetvédelem és a vagyonvédelem területén.”

A joghatással járó mérést

- hiteles mérőeszkővel (mely a mérési feladat elvégzésére alkalmas), vagy
- használati etalonnal ellenőrzött mérőeszkővel kell elvégezni.

Az a mérőeszköz hiteles, melyet

- mérésügyi szervek hitelesítettek, vagy amelynek
- a külföldi hitelesítését az MKEH első belföldi hitelesítésként elismeri.

Megjegyzések:

Mérőeszköz (mérésügyi szempontból): az a technikai eszköz, mellyel a mérés elvégezhető, és amelynek a mérési pontosságát és a megbízhatóságát jellemző tulajdonságai ismertek és ellenőrizhetők.

Az **országos etalonról** kell leszármaztatni, arra vissza kell vezetni minden olyan mérőeszközt, melyet joghatással járó méréshez használnak.

Etalon: mérőeszköz, amely a mértékegység reprodukálására és fenntartására szolgál. Az etalonról származtatható át a mértékegység a használati etalonokra.

Használati etalon (hiteles anyagminta): mérőeszköz, mely alkalmas a mennyiség egységének és/vagy helyes értékeinek előállítására és továbbszármaztatásra (más mérőeszkőre). „Használati etalonnal kell rendszeresen ellenőrizni azoknak a joghatással járó mérés elvégzésére használt mérőeszközöknek a pontosságát, amelyeknek a hitelesítése nem kötelező.” A használati etalonok mindig pontosabbak, mint a velük ellenőrzött mérőeszközök. A használati etalon akkor használható csak fel, ha érvényes hitelesítéssel vagy kalibrálási bizonyítvánnyal rendelkezik. Használati etalonnal kötelesek rendszeresen ellenőrizni a mérőeszközök pontosságát a mérőeszköz gyártók, a mérőeszköz javítók, a mérőeszköz kölcsönzők, a kereskedelmi forgalomba kerülő árút adagoló, kimérő, töltő, előrecsomagoló készülékek üzemeltetői.

Országos etalonná nyilváníthat az MKEH olyan mérőeszközt is, amelynek tulajdonosa nem a mérésügyi szerv, de erről a tulajdonossal megállapodást kell kötni.

A kötelező hitelesítésű mérőeszközök köre:

Kereskedelmi méterrudak, kereskedelmi hosszúságmérő gépek és berendezések, tartály méréshez használt mérőszalagok. Kereskedelmi űrmértékek. Súlyok. Nem automatikus működésű mérlegek. Közúti kerék- és tengelyterhelés-mérők. Járműsebesség-mérők, melyeket közúti ellenőrzésre használnak. Kipufogógáz gázelemzők. Gépjármű gumibroncsnyomás mérők. Viteldíj jelzők. Gépjármű menetírók. Vízmérők. Folyadékmérők (ásványolajtermék, alkoholtermék, sör, pezsgő, köztes termék). Sűrűségmérő eszközök. Gázmérők, gázmérő rendszerek. Hő-fogyasztás mérők. Áram és feszültség mérőváltók. Villamos fogyasztásmérők és egybeépített mellékkészülékeik. Dózismérők és felületi szennyezettség-mérők a gyógyászatban és sugárvédelemben. Zajszintmérők, környezetvédelmi, munkavédelmi és egyéb hatósági ellenőrzésnél használva. Szerencsejátékra szolgáló eszközök.

A 127/1991. (X.9.) Korm. rendelet 2. sz. melléklete tartalmazza a 20 féle kötelező hitelesítésű mérőeszköz részletes megnevezését és a hitelesítés érvényességének időtartamát (az MKEH ettől eltérő időt is meghatározhat). A hitelesítési kötelezettség ezekre a használati mérőeszközökre vonatkozik.

„A kötelező hitelesítésű mérőeszköz csak érvényes hitelesítéssel forgalmazható, használható vagy tartható használatra kész állapotban.”

A kötelező hitelesítésű mérőeszközök **hitelesítettetéséről gondoskodnia kell:**

- a belföldi forgalomba hozónak a belföldi forgalomba hozás előtt (ezt hívják első hitelesítésnek),
- a javítást végzőnek javítás után (ezt hívják javítás utáni hitelesítésnek),
- a mérőeszköz tulajdonosának vagy használójának meghatározott időközönként (ezt hívják időszakos hitelesítésnek),
- az üzembe helyezőnek, ha a mérőeszköz helyhez kötött és első hitelesítésről van szó.

Nem kötelező a hitelesítés, ha belföldi forgalomba nem kerül a mérőeszköz, vagy magánszemély háztartási célra használja. Hitelesítési kötelezettség alól felmentést az MKEH adhat, de csak jogszabályban megadott esetekben.

Az MKEH feljogosíthat más szervet – csak meghatározott feltételek teljesítése után - az időszakos javítás utáni mérőeszköz minősítésre. Ez a mérőeszköz minősítés a **helyettesítő hitelesítés**.

A mérésügyi szervek által használt törvényes tanúsító jeleket a 127/1991. (X.9.) Korm. rendelet 3. sz. melléklete tartalmazza.

A **hitelesítési engedély** alapján hitelesíthetők a kötelező hitelesítésű mérőeszközök. A hitelesítési engedélyt típusvizsgálat alapján az MKEH adja ki. Ennek megszerzése az első belföldi forgalomba hozó vagy amennyiben ez nem ismert, akkor a felhasználó feladata.

A hitelesítés

- a mérőeszköz engedélyezett **típusával** való **azonosságának** megállapításából,
- méréstechnikai **vizsgálatból** és
- a megfelelőség közhitelű **tanúsításából** áll.

A hitelesítés célja

Annak elbírálása, hogy az adott mérőeszköz megfelel-e a vele szemben támasztott mérésügyi előírásoknak, tehát, hogy elég pontos-e, metrológiai jellemzőit a használat során kellő ideig megtartja-e, eléggé ellenálló-e a környezet befolyásoló hatásaival és védett-e az illetéktelen beavatkozással szemben.

A hitelesítés folyamata

Típusvizsgálat (tapasztalatok)	
A mérőeszköz mérési hibája a mért jellemzőre megengedett tűrések függvényében	Hitelesítési előírások
Tapasztalatok hasonló mérőeszközökkel	Az átvevők, hatóságok és szabványok előírásai
Környezeti hatások, az alkalmazás helye,...	A mérőeszköz gyártójának irányelvei
	A garanciális időszak,

A mérőeszköz hibájából
származó károk mértéke

próbaüzem időszakának
lejárta

A hitelesítési időszak meghatározása

A mérőeszköz használatba vétele

A mérőeszköz időközi ellenőrzése

Az időközi ellenőrzés eredménye

Korábbi vizsgálatok
eredményei

Felhasználói tapasztalatok
(zavar, meghibásodás)

Az alkalmazási körülmények változása

A garanciális időszak
lejárta (javítások)

Szükséges-e
a hitelesítési időszak
felülbírlata?

Igen

Új

hitelesítési

Nem

időszak

A hitelesített mérőeszközt úgy kell tekinteni, hogy nincs olyan hibája, amely a mérési eredményt befolyásolhatja. Az üzemben tartás és használat rendeltetésszerű kell legyen. Bármilyen változás esetén a mérőeszköz használója köteles a használatból kivonni a mérőeszközt és gondoskodni a javíttatásról, hitelesíttetésről.

Az MKEH-nak joga van a **mérésügyi jogszabályok megtartását ellenőrizni** és az ellenőrzés során feltárt hiányosságok mértékétől függően **intézkedéseket tenni**. Az ellenőrzésre feljogosított MKEH munkatársak a magánháztartásokat kivéve mindenhol ellenőrzést végezhetnek, ahol joghatással járó mérés elvégzésére szolgáló mérőeszközt használnak (Megjegyzés: A haditechnikai eszközök esetében, a rendészeti szerveknél és a fegyveres testületeknél az illetékes miniszter az MKEH elnökével egyetértésben szabályozza a mérésügyi ellenőrzés módját és feltételeit. 22/1992. (X.20.) HM rendelet). Az ellenőrzés a következőkre **terjedhet ki**: a helyes mértékegység használat; mérőeszközök; az alkalmazott mérési módszer; mérési eredmény megadásának módja; a mérés személyi feltételei; egyéb, a mérésügyi jogszabályokban meghatározott kötelezettségek teljesítése. **Intézkedési jogok**: felelős írásbeli figyelmeztetése; felettes tájékoztatása a hiányosságokról; felelősségre vonás kezdeményezése; a hitelesítés érvénytelenítése; a mérőeszköz használat megtiltása; szabálysértés, büntető eljárás kezdeményezése.

„A mérésügyi szolgáltatások igénybevételéért igazgatási jellegű szolgáltatási díjat kell fizetni.”

Az MKEH a Nemzeti Akkreditáló Testülettel együttműködik és a nemzeti akkreditálásról szóló törvény rendelkezéseit betartva részt vesz (közreműködik) a kalibráló és vizsgáló laboratóriumok akkreditálásában.

4. Kalibrálás

A **kalibrálás** során a vizsgált mérőeszköz metrológiai vizsgálatát végezzük el és e jellemzőket jegyzőkönyvben rögzítjük. A vizsgálatához olyan etalon(oka)t használunk, mely(ek)nek visszavezethetőségét igazolni lehet. Adott mérési feladat elvégzésére alkalmas mérőeszköz kiválasztásához ismerni kell a mérőeszközre vonatkozó követelményeket is, ennek alapján tudjuk eldönteni, hogy megfelelő-e az eszköz. A **minősítés** során a követelményeket hasonlítjuk össze a kalibrálás során kapott metrológiai jellemzőkkel. Ismert, hogy minden mérés eredménye bizonytalan, így a kalibrálás során kapott mérési eredmények is tartalmaznak **mérési bizonytalanságot**, melyet figyelembe kell venni a mérőeszköz minősítésekor.

A Nemzeti Akkreditálási Rendszer NAR-EA-4/02 sz. kiadványa „A mérési bizonytalanság meghatározása kalibrálásnál”, valamint a NAR-22-VIII „Segédlet mérési bizonytalanság számításához kalibrálásnál” a mérési bizonytalanság meghatározásának és a kalibrálási bizonyítványok készítésének elveit és követelményeit tartalmazzák.

A mérési bizonytalanságnak számos **forrását** ismertük meg eddigi tanulmányaink során: a mérendő mennyiséget pontatlanul határozták meg; környezeti hatások befolyásolhatják a mérést; a mérést végző személy számos hiba forrása (hiányos tudás, figyelmetlenség, fáradtság, stb); a mérőműszer felbontása nem megfelelő; az etalon is pontatlan; az állandókat kerekítve használjuk fel; a megismétlésből eltérések következnek; nem reprezentatív a mintavétel, stb.

A mérési bizonytalanság, mely a bemeneti becsléshez tartozik kétféle módszerrel határozható meg:

- Amennyiben a bemenő mennyiség értékére azonos mérési körülmények között kapott független, nagyszámú (több) adat áll rendelkezésre, akkor az ún „A-típusú” értékelési módszert alkalmazzuk. A **standard bizonytalanság A-típusú meghatározása** a mérési sorozat statisztikai elemzésével történik (középérték tapasztalati szórása).
- A **standard bizonytalanság B-típusú meghatározása** során a kevés számú megfigyelés (pl. csak egy érték ismert) feldolgozásához tapasztalat és széles körű ismeret szükséges.

Kiterjesztett bizonytalanság a mérési eredmény körüli elhelyezkedő tartomány, amely a mérendő mennyiségnek megalapozottan tulajdonítható értékek eloszlásának nagy részét tartalmazza.

Kiterjesztési tényező: egy szorzószám, ennek segítségével kapjuk a standard bizonytalanságból a kiterjesztett bizonytalanságot.

A **legjobb mérési képesség** mindig konkrét, meghatározott mennyiségre, a mérendő mennyiségre vonatkozik. *az a legkisebb mérési bizonytalanság, amit a laboratórium akkreditált mérési területén el tud érni kalibráláskor.*

A kalibrálási bizonyítványban többek között meg kell adni a mérendő mennyiség becslését (y), az ehhez tartozó kiterjesztett bizonytalanságot (U) és a kiterjesztési tényezőt (k).

5. 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).

1.1. 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 követelményeinek teljesülését,
- a vevői követelményeknek való megfelelés igazolását.

1.2. 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).

1.3. 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).

1.3.1. Metrológiai megerősítés (konfirmálás).

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

Megjegyzés: 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” [1]. **Igazolás (verifikálás):** „annak megerősítése objektív bizonyíték szolgáltatásával, hogy az előírt követelmények teljesülnek” [1]. **Érvényesítés/jóváhagyás (validálás):** „annak megerősítése objektív bizonyíték szolgáltatásával, hogy az adott szándék szerinti használathoz vagy alkalmazáshoz előírt követelmények teljesültek” [1].

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 kalibrálások 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 tartalmazzák:

- 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, visszavezetettség bizonyítéka;
- a szándék szerinti használat követelményei.

A feljegyzések készíthetők kézírással, géppel, elektronikusan. Feljegyzéseket csak az arra felhatalmazott személy készíthet, módosíthat, adhat ki vagy érvényteleníthet.

1.3.2. 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.

1.3.3. 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.

Megjegyzés: 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].

1.4. Elemzés, fejlesztés

A mérésirányítási rendszert előre megtervezett gyakorisággal **audit**álják, 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 intézkedéseket 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.

6. Mérőműszerek irányelv (2004/22/EC irányelv)(MID – Measurement Instruments Directive)

Cél: a joghatással járó mérésekhez használt mérőműszerekre legyen egységes előírás az EU-ban. A direktíva meghatározza az alapvető követelményeket és a megfelelőség értékelésnél használható eljárásokat.

Alkalmazási területe az egységes európai piac, a versenyképesség javítása, valamint a közérdek, közegészség, biztonság, jogrend, környezet, fogyasztók védelme érdekében.

Régi megközelítés (old approach):

- A direktívák részletes műszaki követelményeket tartalmaznak.
- A hazai jogrendbe miniszteri rendeletekkel (6/2001 GM rendelet, eszköz-specifikus) átültetik.
- Hatósági megfelelőség-tanúsítás.

Új megközelítés (new approach):

- Alapvető követelmények a direktívában, műszaki követelmények a nem kötelező használatú szabványokban.
- A hazai jogrendbe miniszteri rendeletekkel átültetik.
- 2004/22/EK irányelv a mérőműszerekről.

A **mérőeszköz** ennek értelmében **termék**, melynek **szabad áramlását** biztosítani kell.

A direktíva tartalmazza az egyes mérőműszerekre vonatkozó követelményeket és ezek tanúsítási módját. A 16 db régi megközelítésű (1970) direktíva jelentős részét **felváltja** az **egységes mérőeszköz irányelv**. Érvényben marad az 1 db új megközelítésű direktíva (1990).

2006-ban lép életbe (október 31), a türelmi idő 2016-ig tart.

A **MID hatálya** alá eső **mérőműszer csoportok**: víz-, gáz- és villamos fogyasztásmérők; hőmennyiségmérők; átfolyó folyadékok (víz nem) mérőeszközei (folyamatos és dinamikus mérés); automatikus mérlegek; viteldíjmérők (taxi); hossz- és térfogat mérők, méretek (hosszúság, térfogat, felület) meghatározására alkalmas műszerek, kipufogógáz elemző műszerek.

A MID az alapvető követelményeket és azon felül az egyes műszercsoportokra vonatkozó követelményeket is meghatározza.

Alapkövetelmények:

- a mérési hiba nem lehet nagyobb a zavar hatása alatt sem, mint a megadott érték.
- A mérés legyen reprodukálható.
- A hibahatárokhoz képest a többszöri mérések közötti különbség elhanyagolható legyen.
- A mérőműszer érzékenysége legyen megfelelő.
- A mérőműszer legyen a feladatra alkalmas, megbízható és tartós.
- Legyen védett külső behatás ellen.
- A mérőműszerhez a szükséges információ álljon rendelkezésre.
- Megfelelő módon kell jelezni a mért értéket.
- A műszer kialakítása tegye lehetővé a megfelelőség ellenőrzését.

Követelmények egyes műszer csoportokra:

- Meghatározások.
- Működési tartomány.
- Pontossági osztály, zavarok megengedett hatása, max. hibahatár.
- Követelmények a használatához (hőmérséklet, mérési tartomány, pontossági osztály adott esetben).

Fontos:

- A MID a 89/336/EGK EMC-irányelv követelményeitől eltérő, saját követelményt ír elő az elektromágneses jelenségekkel szembeni védelemre, de az EMC-irányelv előírásait a kibocsátásnál alkalmazni kell.
- A követelmények a műszerben használt szoftverekre is érvényesek (azonosíthatóság, védelem).
- A használat közbeni műszerellenőrzés szabályozása, valamint a szolgáltatások területe nemzeti hatáskörbe tartozik.

Globális megközelítés (global approach):

A kölcsönös elismerés elvének érvényesülését teszi lehetővé:

- jogilag nem szabályozott területen a kölcsönös elismerési megállapodásokkal,
- jogilag szabályozott területeken a tanúsítási modulrendszer alkalmazásával. (A-H).

A megfelelés értékelését a modulok tartalmazzák. A gyártó felelőssége kiterjed a termék előállítására, a megfelelés-értékelési eljárás elvégzésére, a jelölésekre (CE és a kiegészítő M), a megfelelési nyilatkozatra, a dokumentációk megőrzésére.

A választható modulokat a direktíva műszer-specifikus mellékletei tartalmazzák. A MID irányelv és a 10 melléklet adja meg, hogy milyen modult kell választani.

Modul	Eljárás	Kinyilvánít
A	Belső gyártásellenőrzés	megfelelés
A1	Belső gyártásellenőrzés + termékvizsgálat (bejelentett terület végzi)	megfelelés
B	Típusvizsgálat	
C	Belső gyártásellenőrzés	típusazonosság
C1	Belső gyártásellenőrzés + termékvizsgálat (bejelentett terület végzi)	típusazonosság
D	A gyártás minőségbiztosítása	típusazonosság
D1	A gyártás minőségbiztosítása	megfelelés
E	A végtermék-ellenőrzés és végtermék-vizsgálat minőségbiztosítása	típusazonosság
E1	A végtermék-ellenőrzés és végtermék-vizsgálat minőségbiztosítása	megfelelés
F	A termék ellenőrzése	típusazonosság
F1	A termék ellenőrzése	megfelelés
G	Mindendárbos ellenőrzés	megfelelés
H	Teljes minőségbiztosítás	megfelelés
H1	Teljes minőségbiztosítás + tervek vizsgálata	megfelelés

A mérőeszköz forgalomba hozás három tanúsítási módja:

- Nemzeti első hitelesítés
- Közösségi első hitelesítés (e jel)
- EK hitelesítés vagy gyártói megfelelés értékelés (CE + M).

7. Mérési eredmények feldolgozása

A méretet megbízhatóan csak több mérés eredményéből lehet meghatározni. A kísérletsorozat vagy gyártás eredményének meghatározása kiértékelési feladat, mely matematikai statisztikai feldolgozásra ad lehetőséget. Két módszert használnak:

- a kisminták módszerét, melynek legnagyobb mintanagysága 20 db,
- a nagyminták módszerét, melynek legkisebb mintanagysága 40 db.

A kisminta módszer szerint meghatározzuk a mérési eredmények statisztikai jellemzőit:

A minta átlaga $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, ahol $\bar{x}$ - átlag, n – a minta nagysága

A minta szórásnégyzete

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

ebből a szóráss $s = \sqrt{s^2}$.

A megbízhatósági határokat a következőképpen határozzuk meg. A konfidencia-intervallum (megbízhatósági tartomány) a normális eloszlású változó várható értéke. Ez azt jelenti, hogy a mért érték megbízhatósági határai mekkorák az előírt megbízhatósági szint esetén. Ha a megbízhatósági korlátokat α_1 és α_2 –vel jelöljük, és az 1-p jelölést megbízhatósági szintnek (valószínűségnek) nevezzük, akkor

Ismert szóráss esetén a korlátok:

az alsó határ $\alpha_1 = \bar{x} - u_p \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$,

a felső határ $\alpha_2 = \bar{x} + u_p \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$,

ahol: σ az ismert szóráss értéke,

az u_p tényező értéke a következő:

Valószínűségi szint	Hibaaarány	Az u_p tényező értéke
90 %	10	1,64
95 %	5	1,96
99 %	1	2,58
99,9 %	0,1	3,29

Ismeretlen szóráss esetén két módon határozhatjuk meg a korlátokat.

- 1) Ismerjük a tapasztalati szóráss (s) értékét, ekkor az „a” ismeretlen várható értékének megfelelő konfidencia intervallum

$$\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t \leq a \leq \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t,$$

az alsó határ $\alpha_1 = \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t$,

a felső határ $\alpha_2 = \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t$,

ahol „t” a Student-faktor, nagysága a következő táblázatban található:

f = n-1	1-p				f = n-1	1-p			
	0,90	0,95	0,99	0,999		0,90	0,95	0,99	0,999
1	6,314	12,706	63,657	636,6	12	1,782	2,179	3,055	4,318
2	2,920	4,303	9,925	31,600	14	1,761	2,145	2,977	4,140
3	2,353	3,182	5,841	12,922	16	1,746	2,120	2,921	4,015
4	2,132	2,776	4,604	8,610	18	1,734	2,101	2,878	3,922
5	2,015	2,571	4,032	6,869	20	1,725	2,086	2,845	3,849
6	1,943	2,447	3,707	5,959	22	1,717	2,074	2,819	3,792
7	1,895	2,365	3,499	5,408	24	1,711	2,064	2,797	3,745
8	1,860	2,306	3,355	5,041	26	1,706	2,056	2,779	3,704
9	1,833	2,262	3,250	4,781	28	1,701	2,048	2,763	3,674
10	1,812	2,228	3,169	4,587	30	1,697	2,042	2,750	3,646
					∞	1,645	1,960	2,576	3,291

1. táblázat. A normális eloszlás várható értékének intervallumát az (1-p) megbízhatósági szint és f = n-1 érték függvényében meghatározó Student-faktor

2) A mintaterjedelem alapján is meghatározható az 1-p megbízhatósági szinthez az „a” várható érték konfidencia-intervalluma, ha $n \leq 12$

$$\bar{x} - qR \leq a \leq \bar{x} + qR$$

az alsó határ $\alpha_1 = \bar{x} - q \cdot R$,

a felső határ $\alpha_2 = \bar{x} + q \cdot R$,

A q tényező értékeit az átlag konfidencia-intervallumának számításához a 2. táblázat tartalmazza.

n, a mintanagyság		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
q tényező, ha a megbízhat. szint	0,95	6,353	1,304	0,717	0,507	0,399	0,338	0,289	0,250	0,230	0,210	0,194
	0,99	31,828	3,008	1,316	0,843	0,628	0,507	0,429	0,374	0,333	0,302	0,277

2. táblázat: A q tényező értéke az átlag konfidencia intervallumának számításához

Konfidencia intervallum a normális eloszlású változó szórására a tapasztalati szórás alapján.

Megadjuk az 1-p megbízhatósági szintet, majd az „s” tapasztalati szórás értékét a mintából kiszámítjuk. Az 1-p és az f = n – 1 értékekhez (szabadságfok) a 3. táblázatból a ψ_1 és ψ_2 tényezőket kikeressük. A tényezők segítségével tudjuk a konfidencia intervallum σ_A alsó és σ_F felső határait a következő képlettel meghatározni:

$$\sigma_A = s \cdot \Psi_1 \quad \text{és} \quad \sigma_F = s \cdot \Psi_2$$

A szórásnégyzetekre érvényes konfidencia-intervallumot ezek négyzetre emelésével kapjuk:

$$\sigma_A^2 \leq \sigma^2 \leq \sigma_F^2$$

1-p	0,99		0,98		0,95		0,90	
f	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_1	Ψ_2
1	0,356	159,000	0,388	79,800	0,446	31,900	0,510	15,900
2	0,434	14,100	0,466	9,970	0,521	6,280	0,578	4,400
3	0,483	6,470	0,514	5,110	0,566	3,730	0,620	2,920
4	0,519	4,390	0,549	3,670	0,599	2,870	0,649	2,370
5	0,546	3,480	0,576	3,000	0,524	2,450	0,672	2,090
6	0,569	2,980	0,597	2,620	0,644	2,202	0,690	1,916
7	0,588	2,660	0,616	2,377	0,661	2,035	0,705	1,797
8	0,604	2,440	0,631	2,205	0,675	1,916	0,718	1,711
9	0,618	2,277	0,644	2,076	0,688	1,826	0,729	1,645
10	0,630	2,154	0,656	1,977	0,699	1,755	0,739	1,593
11	0,641	2,056	0,667	1,898	0,708	1,698	0,748	1,550
12	0,651	1,976	0,677	1,833	0,717	1,651	0,755	1,515
13	0,660	1,910	0,685	1,779	0,725	1,611	0,762	1,485
14	0,669	1,854	0,693	1,733	0,732	1,577	0,769	1,460
15	0,676	1,806	0,700	1,694	0,739	1,548	0,775	1,437
16	0,683	1,764	0,707	1,659	0,745	1,522	0,780	1,418
17	0,690	1,727	0,713	1,629	0,750	1,499	0,785	1,400
18	0,696	1,695	0,719	1,602	0,756	1,479	0,790	1,385
19	0,702	1,666	0,725	1,578	0,760	1,460	0,794	1,370
20	0,707	1,640	0,730	1,556	0,765	1,444	0,798	1,358
21	0,712	1,617	0,734	1,536	0,769	1,429	0,802	1,346
22	0,717	1,595	0,739	1,519	0,773	1,416	0,805	1,335
23	0,722	1,576	0,743	1,502	0,777	1,402	0,809	1,326
24	0,726	1,558	0,747	1,487	0,781	1,391	0,812	1,316
25	0,730	1,541	0,751	1,473	0,784	1,380	0,815	1,308
26	0,734	1,526	0,751	1,460	0,788	1,371	0,818	1,300
27	0,737	1,512	0,758	1,448	0,791	1,361	0,820	1,293
28	0,741	1,499	0,762	1,436	0,794	1,352	0,823	1,286
29	0,744	1,487	0,765	1,426	0,796	1,344	0,825	1,279
30	0,748	1,475	0,768	1,417	0,799	1,337	0,828	1,274
40	0,774	1,390	0,792	1,344	0,821	1,279	0,847	1,228
50	0,793	1,336	0,810	1,297	0,837	1,243	0,861	1,199
60	0,808	1,299	0,824	1,265	0,849	1,217	0,871	1,179
70	0,820	1,272	0,835	1,241	0,858	1,198	0,879	1,163
80	0,829	1,250	0,844	1,222	0,866	1,183	0,886	1,151
90	0,838	1,233	0,852	1,207	0,873	1,171	0,892	1,141
100	0,845	1,219	0,858	1,195	0,878	1,161	0,897	1,133
120	0,887	1,150	0,897	1,130	0,912	1,110	0,925	1,106

3. táblázat: Tényezők a normális eloszlású változó szórásának alsó és felső konfidencia határához az 1-p megbízhatósági szint és az $f = n - 1$ függvényében

8. Vizsgálóberendezés képességvizsgálatának alapelvei és jelentősége

Mérőeszközök tulajdonságainak leírása

Pontosság

Pontosság azt a különbséget jelenti, a mért értékek átlaga és a valódi érték között van.

Jellemzői:

- ugyanazon mérendő mennyiség
- azonos mérőeszköz
- azonos mérési módszer
- ugyanazon személy
- azonos mérőhely
- mérés rövid idő alatt.

Ismételhetőség

Az ismételhetőség jelenti a megismételt mérések megegyezését azonos körülmények között.

Jellemzők:

- ugyanazon mérendő mennyiség
- azonos mérőeszköz
- azonos mérési módszer
- ugyanazon személy
- azonos mérőhely
- mérés rövid idő alatt.

Reprodukálhatóság

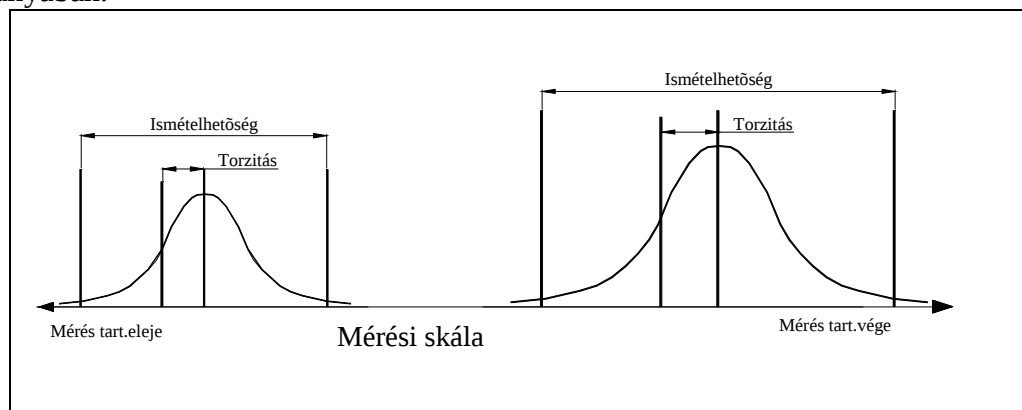
Reprodukálhatóság jelenti a megismételt mérések egyezését különböző körülmények között.

Jellemzői:

- ugyanazon mérendő mennyiség
- különböző személyek
- különböző mérőeszköz
- különböző mérőhely
- mérés rövid idő alatt

Linearitás

Linearitásként a pontosság vagy ismételhetőség eltérést értelmezzük a mérőeszköz kívánt mérési tartományában.



1. ábra: Mérőeszközök linearitása

$Linearitás = regr.egyenes\ meredeksége * mérési\ tartomány$, százalékosan megadva
 $Linearitás\% = 100 * regr.egyenes\ meredeksége$

Stabilitás

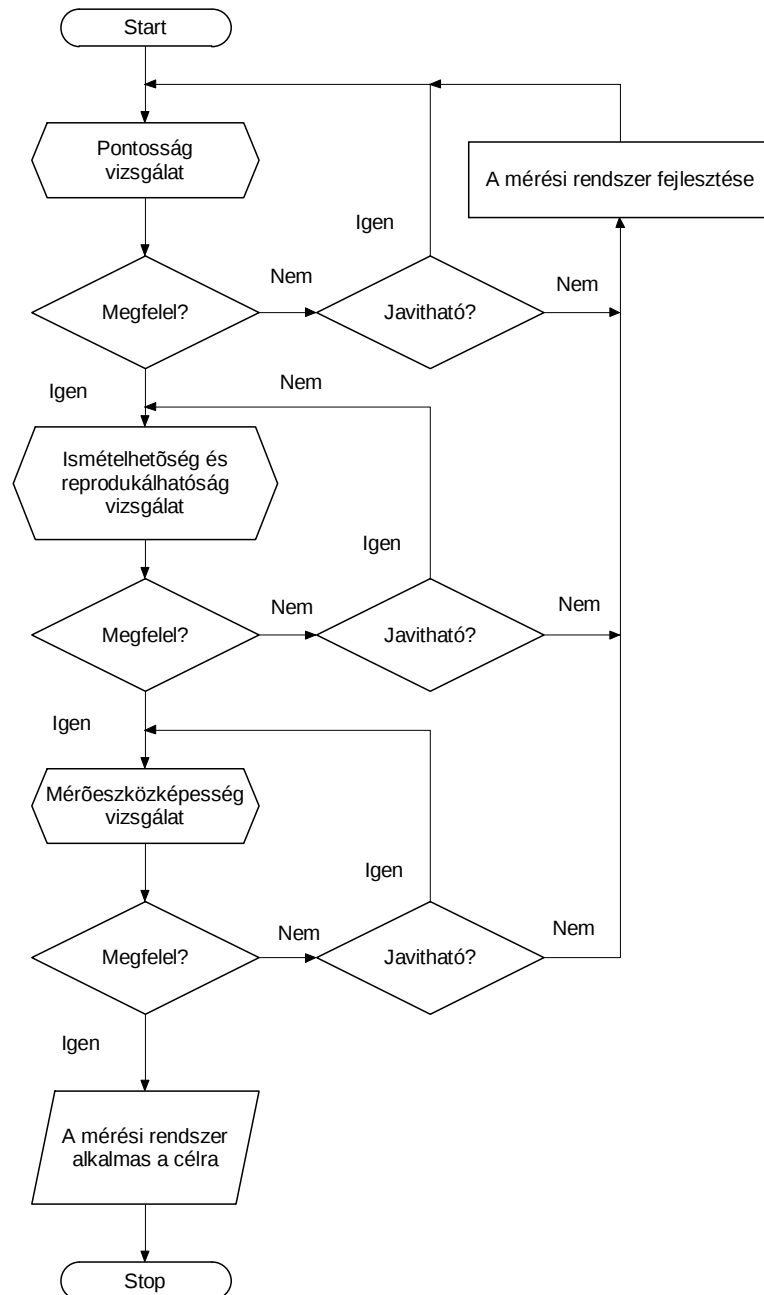
A stabilitás azt jelenti, hogy a különböző időpontokban megismételt mérések megegyeznek.

Jellemzők:

- ugyanazon mérendő mennyiség
- azonos mérőeszköz
- azonos mérési módszer
- ugyanazon személy
- azonos mérőhely
- megismételt mérés hosszabb idő után

9. Mérőeszköz-vizsgálat eljárásai és folyamatai

2. ábra: Mérőeszközök vizsgálata



Ismételhetőség és reprodukálhatóság vizsgálata

A mérési rendszer eltéréseit nemcsak a nem megfelelő pontosságú mérőeszközök okozhatják, hanem a mérést végző személyek is. Folyamatos gyártásnál az ellenőrzést több operátor (minőségellenőr) végzi, és a cél az, hogy az adott alkatrész különböző személyek által végzett mérései a lehető legjobban megközelítsék egymást.

Az R&R vizsgálat során több személy (q db), több alkatrész (r db) vizsgálatát végzik el, ismételt (p db) mérések során. Általában $q=3$, $r=10$ és $p=3$.

Az ingadozás forrásainak felbontása:

1. Mérési eredmények eltérése
 - a. alkatrészek közötti különbség
 - b. mérőrendszer okozta különbség

i. mérőeszköz (ismételhetőség)

ii. operátor (reprodukálhatóság)

A mérési eredmények eltérését jellemző variancia az alábbi összetevőkből épül fel:

$$\hat{\sigma}_{teljes}^2 = \hat{\sigma}_{alkatrész}^2 + \hat{\sigma}_{mérés}^2$$

$$\hat{\sigma}_{mérés}^2 = \hat{\sigma}_{reprodukálhatóság}^2 + \hat{\sigma}_{ismételhetőség}^2$$

$$\hat{\sigma}_{reprodukálhatóság}^2 = \hat{\sigma}_{operátor}^2 + \hat{\sigma}_{operátor*alkatrész}^2$$

Az ANOVA módszer segítségével megállapítható, hogy mely faktoroknak és milyen mértékű hatása van a mérés kimenetére, továbbá fontos megemlíteni, hogy az operátor és az alkatrész faktorok esetleges kölcsönhatását is csak ezzel a módszerrel tudjuk kiértékelni.

Az egyes becsült variancia-komponensek ($\hat{\sigma}_{operátor}^2$; $\hat{\sigma}_{ismételhetőség}^2$; $\hat{\sigma}_{operátor*alkatrész}^2$; $\hat{\sigma}_{alkatrész}^2$) meghatározása után meghatározható az R&R érték [4]:

$$R \& R = \hat{\sigma}_{ismételhetőség}^2 + \hat{\sigma}_{reprodukálhatóság}^2$$

$$R \& R\% = \frac{R \& R}{\hat{\sigma}_{teljes}^2}$$

Minősítési kritériumok:

$R \& R\% \geq 10\%$: Megfelelő

$10\% < R \& R \leq 30\%$: Megfontolással elfogadható

$R \& R > 30\%$: Nem megfelelő

Mérőeszköz képesség vizsgálata

A mérőeszköz-képesség a vizsgált mérőeszközzel adott mintán, azonos körülmények között végzett mérések szórása, viszonyítva a mérendő mennyiség vagy a mérőeszköz tűrésmezejéhez, ahol a mérőeszköz tűrésmezeje a mérendő mennyiség 15%-a. Mivel esetünkben a gyártási folyamat képességi indexe nem ismert, a mérőeszköz-képesség meghatározása az alábbi formulával történik:

$$C_g = \frac{T * 0,15}{s_g},$$

ahol T : a tűrésmező szélessége

s_g : az azonos körülmények között, adott mintán történő ismételt mérések szórása

Mivel a mérőeszköz-képességi index csak a tűrésmező és a tapasztalati szórás értékét veszi figyelembe, és nem mutatja meg a mérések átlagértékének a valós értékhez való eltolódási viszonyát, be kell vezetni a korrigált mérőeszköz-képességi indexet.

$$C_{gk} = \text{Min} \left\{ \frac{(X_v + 0,075 * T) - \bar{x}_g}{3 * s_g}; \frac{\bar{x}_g - (X_v - 0,075 * T)}{3 * s_g} \right\},$$

ahol X_v : az adott minta valódi értéke

$\bar{x}_g$: az azonos körülmények között, adott mintán történő ismételt mérések átlaga

Minősítési kritériumok:

$C_{gk} \geq 1,67$: Megfelelő

$1,67 > C_{gk} \geq 1,33$: Megfontolással elfogadható

$C_{gk} < 1,33$: Nem megfelelő

10. Ellenőrzés idomszerekkel, idomszerek méretezése, tervezése

A mérés célja

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

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. [1]”

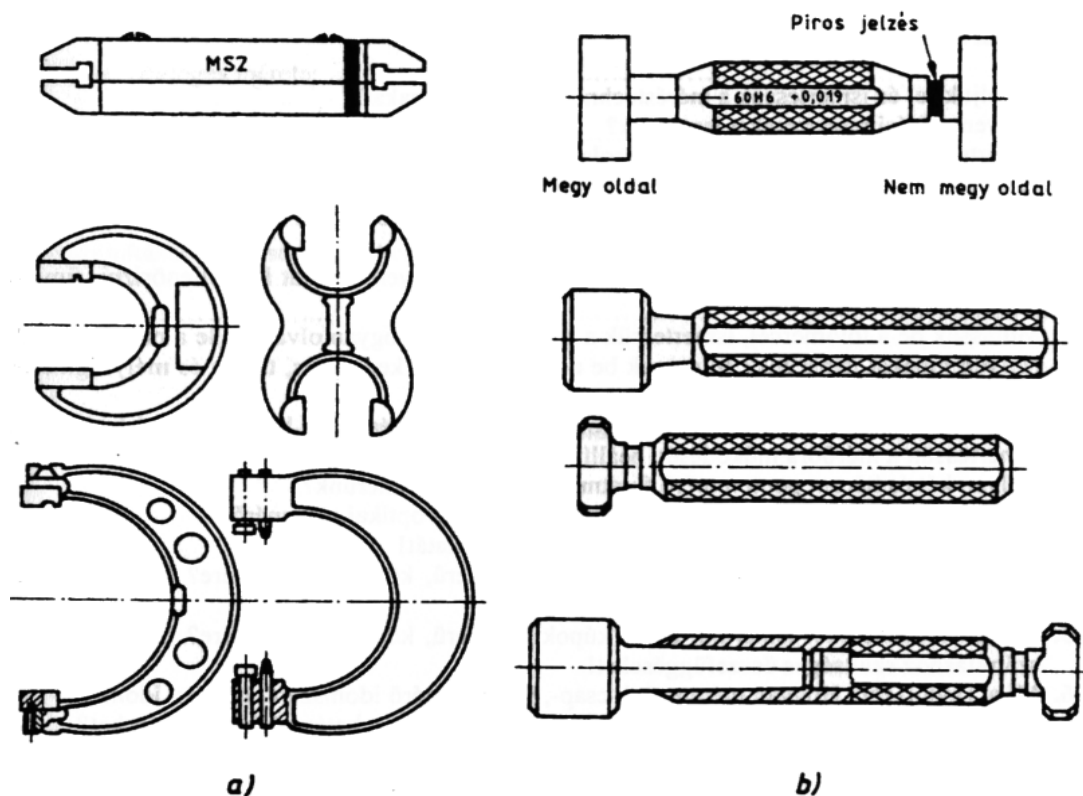
Az un. **Taylor-elvet**, mely egyben a helyettesítő mérések alapelve is, a hosszmeréstechnika alaptételei közé soroljuk. Tehát az idomszer megy oldalának meg kell felelnie az ideális ellendarabnak abból a célból, hogy vizsgálni lehessen az illeszkedést. Ezzel a követelménnyel összefügg az idomszerek 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 pedig tudnia kell pontonként az egyes meghatározó méreteket vizsgálni azért, hogy meg lehessen állapítani a tűréshatárt 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 **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. A z , z_1 , H , H_1 , y , y_1 értékeit a **11. táblázatban** találjuk.

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 tartjuk kézben.

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



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	$AH \pm H_1/2$	$FH \pm H/2$

2. ábra Az idomszer méretezéséhez szükséges összefüggések

11. Furatok mérése, ellenőrzése

A mérés célja.

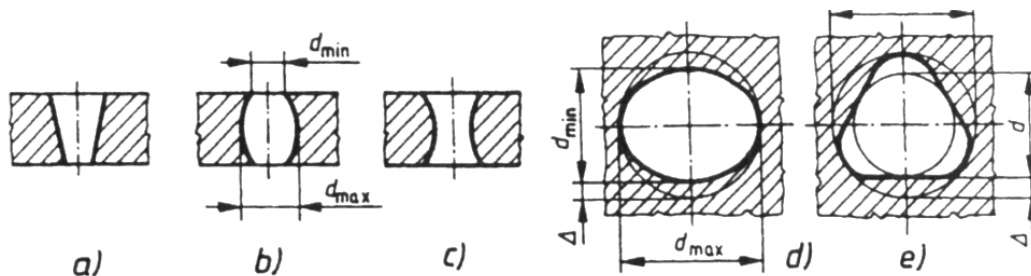
Az egyszerű mechanikus működésű két- és három ponton mérő furatmérő eszközök megismerése, használatuk, a helyes méretre állításuk és leolvasásuk gyakorlása.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

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. ábra**.



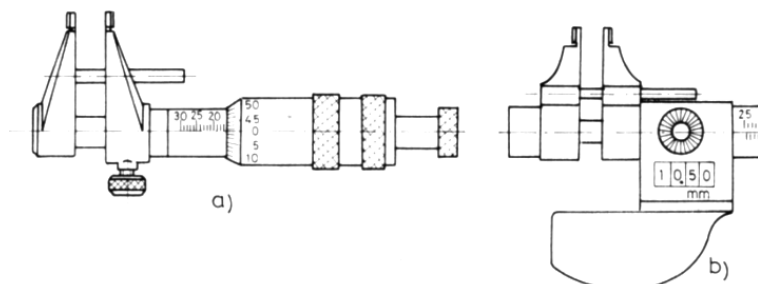
1. ábra. Jellegzetes furathibák [1]

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 **analóg 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.

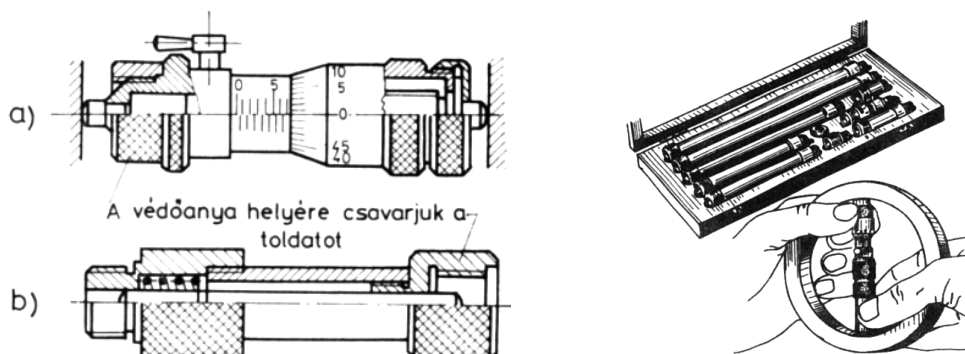
A két ponton mérő **mérőcsőrös furatmikrométer** (**2. ábra**) 3 mm (5mm) feletti belső méretek mérésére alkalmas általában 5 ...30 mm vagy 30 ...55 mm mérési tartományban. A mérőfelületek stabil helyzetét vezetőcsap teszi lehetővé. A mérőcsőrök vastagságát a méret leolvasásakor nem kell figyelembe venni, mert a skála ennek megfelelően készül.



2. ábra Mérőcsőrös furatmikrométer [2]

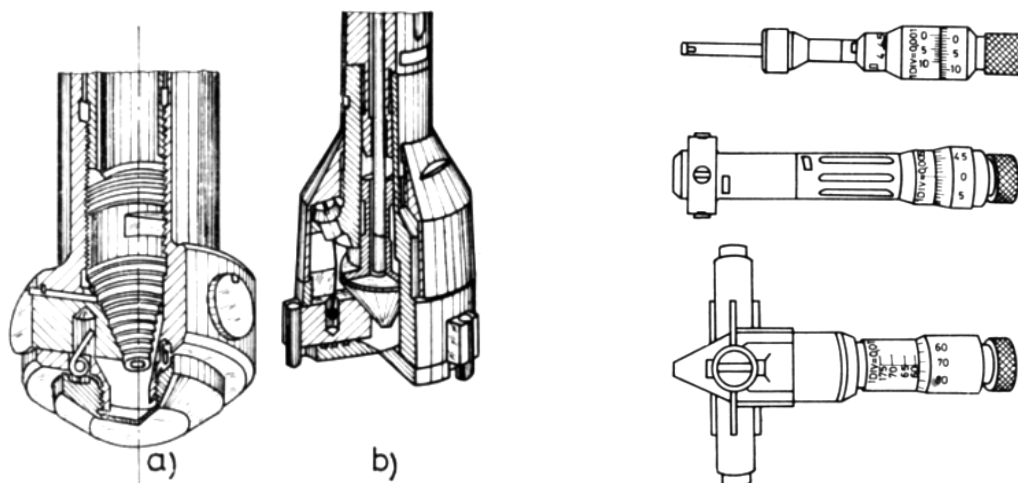
Szintén két ponton mérő a **pálcás furatmikrométer** (**3. ábra**). Az alpmikrométer mérési tartománya a védőanya helyére csavart hosszabbítókkal bővíthető 50 mm-től akár 1500 mm-re is.

Helyes használatakor arra kell ügyelni, hogy a furat tényleges átmérőjét mérjük. Akkor járunk el helyesen, ha a mérőeszköz a furat középvonalára merőlegesen áll és középvonala átmegy a furat középvonalán. Mivel finombeállító nincs a műszeren, a mérőnyomás változhat. Használata nagy gyakorlatot igényel.



3. ábra Pálcsás furatmikrométer és használata [1,2,3]

Három ponton mérő furatmikrométereket mutat be a **4. ábra**. A mérőcsapok mozgatása lépcsős menettel vagy kúppal történik.



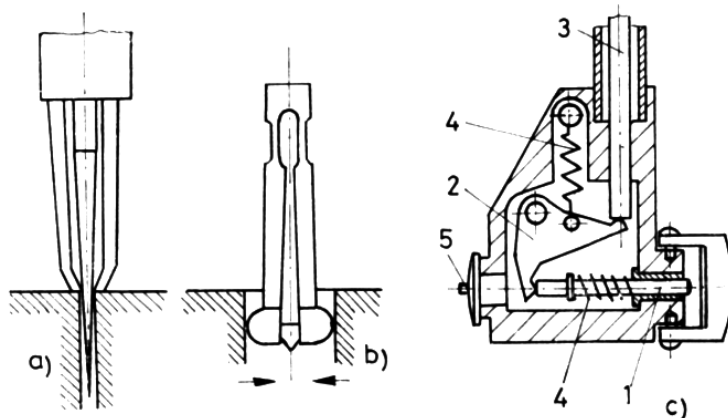
4. ábra Három ponton mérő furatmérő mikrométerek [1,2,3]

A **mérőórás furatmérő eszközök** a beállított névleges furatátmérő és a tényleges átmérő közötti különbséget érzékelik. Az **5. ábra** a furat-mérőórák mérőfejének leggyakrabban alkalmazott kialakításait mutatja be.

Az **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 megkönnyíti.

Nagyobb furatokat **kúpos** áttételezésű mérőórával mérünk (**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 **5.c. ábra** mutatja be. Az 1 mozgó 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.

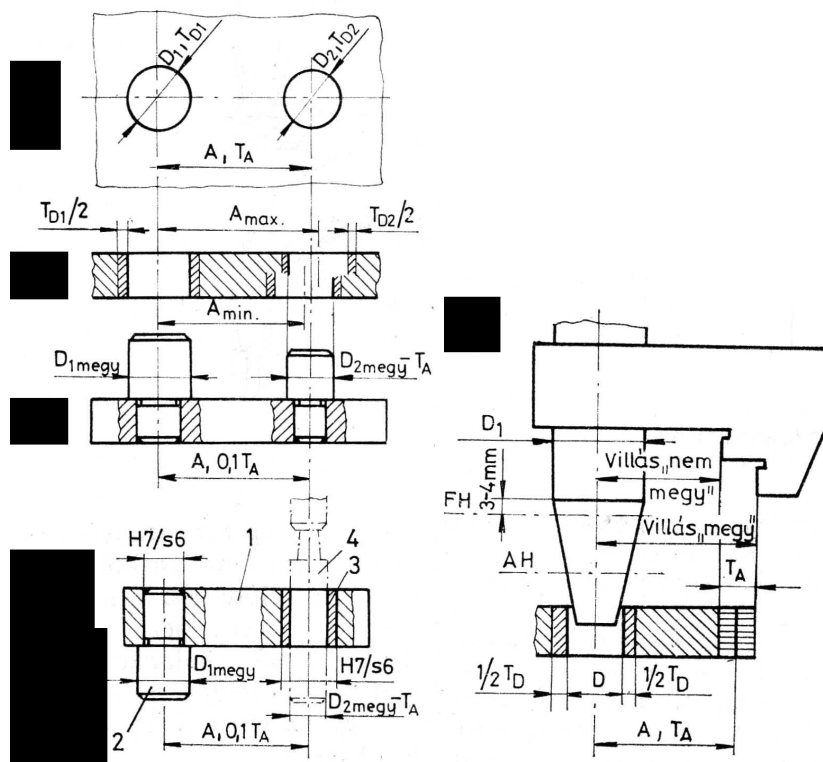


5. ábra Furat-mérőórák mérőfejének kialakítása [2]

Kiegészítő ismeretek

A furatok helyzetének mérése többféle módon történhet, például mikroszkópon kettőskép-okulárral, vagy 3D mérőgépen. Sorozatgyártásban alkalmazhatók ellenőrzésre az ún. **határmérő idomszerek**.

- Két furat egymástól mért helyzetének ellenőrzésére alkalmas idomszer kialakítására az [2] könyv 374. oldalán találunk példát.
- A síkfelülettől megadott furathelyzet ellenőrzését teszik lehetővé az ún. **zászlós idomszerek**, melyek hengeres csapos vagy kúpos csapos kialakításúak lehetnek. A hengeres csapos zászlós idomszert akkor használjuk, ha a furat tűrése lényegesen kisebb a helyzettűrésnél, míg a kúpos csapos zászlós idomszert akkor, ha a furat tűrése lényegesen nagyobb a helyzettűrésnél. Példát az idomszer méretezésére és kialakítására a [2] könyv 365. és 366. oldalán találunk.
- Merőlegesség mérésére alkalmas idomszert találunk a [2] könyv 376. oldalán.
- Furatok egytengelyűségét is lehet idomszerekkel ellenőrizni. Ez esetben az egyik furat a bázis, ehhez viszonyítva ellenőrizzük a másik furat egytengelyűségét. [2] könyv 377. oldal.



12. Csavarmenetek mérése

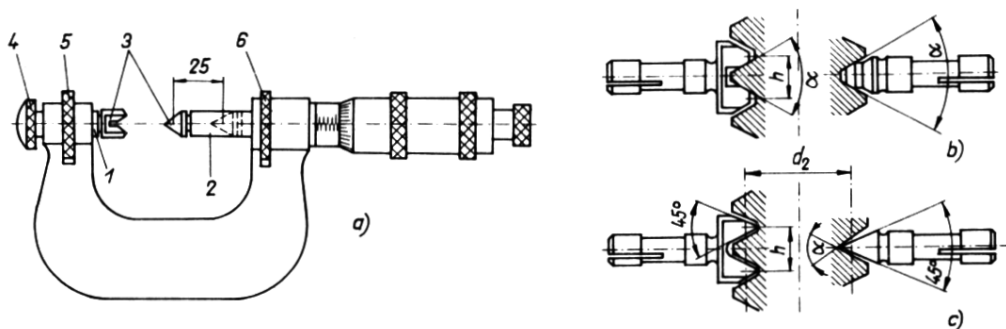
A mérés célja.

A normál métermenet fontosabb jellemzői (középátmérő, menetemelkedés, szelvényyszög, külső átmérő, magátmérő, lásd.: *kiegészítő ismeretek a fejezet végén*) 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 a mérési módszer választását befolyásolja a mérés pontossága, a mérendő munkadarabok száma.

A **menetmikrométer** (**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 **1.b.ábra** középátmérő, a **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 orsóival szemközti csap is mozgatható).



1. ábra Menetmikrométer [2]

Pontosabb mérést tesz lehetővé a **mérőcsapos középátmérő mérés** (**2. ábra**). A méréshez 2 + 1 darab, készletben forgalmazott mérőcsapot használunk. (**1. táblázat**) A készlet a menetemelkedéstől függően tartalmazza a mérőcsap párokat. A megfelelő méretű mérőcsapokat a menetszelvénybe helyezzük, és azokat kívülről érintjük. Ehhez használhatunk pl. mikrométert, hosszmérő-gépet, optimétert, 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 középátmérőn érinti a menetoldalt): $d_{D0} = P / (2 \cos \alpha / 2)$.

A mérés során fellépő **hibákat** korrekciós tényezőkkel (**2. táblázat**) vesszük figyelembe, ezek a következők:

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

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

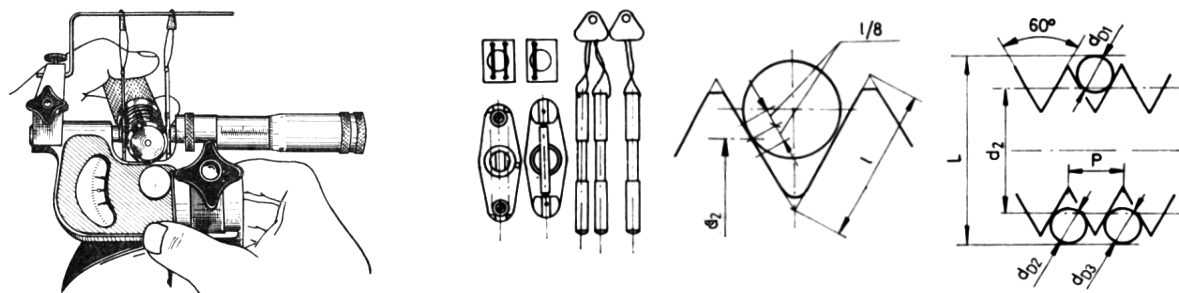
K_3 – A menetemelkedés a valóságban eltér az elméleti értéktől.

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 értékét korrigáljuk.

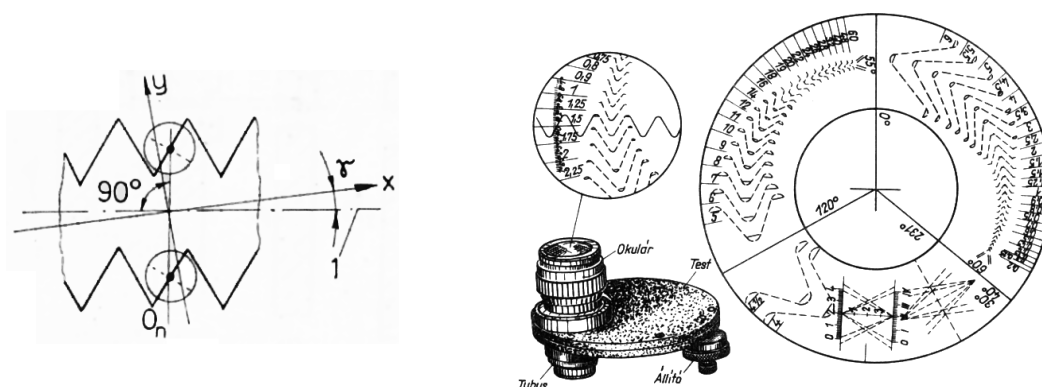
$$\Sigma K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 ; \quad d_2 = 1 - 3d_D + 0,86603 P + \Sigma K$$



2. ábra. Mérőcsapos menetmérés [2, 3]

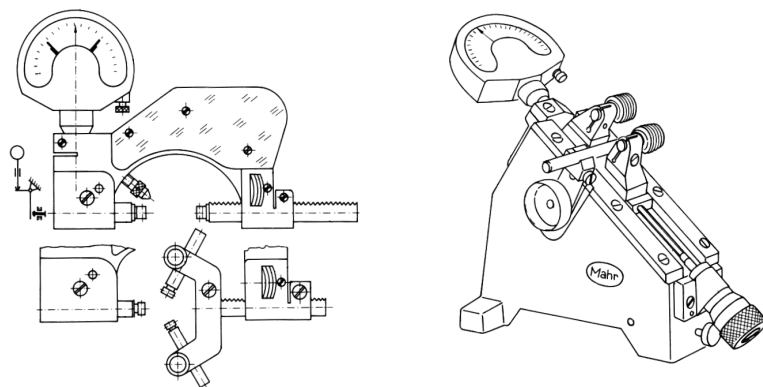
Egyedi méréshez a megfelelő pontosságot adó módszer a **mikroszkópos középátmérő mérés**, melyet végezhetünk a mikroszkóp szátkeresztjének (3. ábra), vagy az ún. mérőkécek segítségével. Az orsómenetet központosítva, tengelyvonalát koordinátáirányban beállítva helyezzük a mikroszkóp asztalára. A mikroszkóp oszlopát a menetemelkedéstől és középátmérőtől függően dönteni kell (3. táblázat). Az élesre állított menetszelvényre a szemlencse szátkeresztjével ráállunk úgy, hogy a szátkereszt metszés pontja 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 középátmérő méretét. Kérőkécek segítségével hasonló módon járunk el a mikroszkóp szögmérő okulárját felhasználva.

A mikroszkóp okulár helyére illesztett menetmérő okulár (revolverokulár) (3. ábra) testében állítócsavarral forgatható idomlemez található. Az okulárban az idomlemez rajza, mint mérce hasonlítható a tárggyal. A mérés során az idomlemez 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; mérőkékes menetmérés.



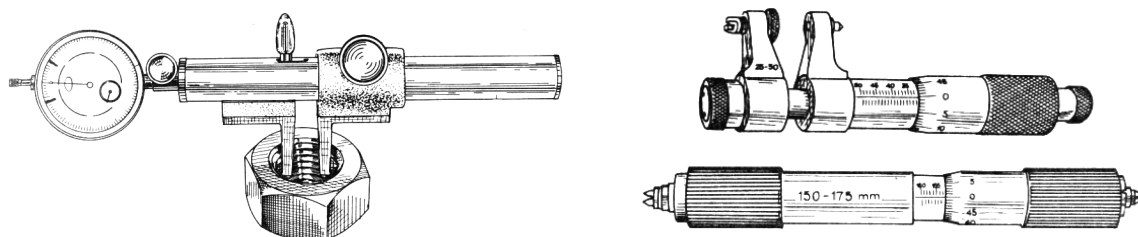
3. ábra. Orsómenet középátmérőjének mérése mikroszkópon szátkereszttel, valamint menetmérő okulárral [2, 3]

Nagyobb darabszámú munkadarab mérésére alkalmas eszközöket mutat be a 4. ábra. Ezek közös jellemzője: különbségmérő eszközt alkalmaznak méretérzékelésre, a beállításhoz etalon szükséges, gyorsan cserélhető a vizsgálandó munkadarab, üzemi körülmények között használható.



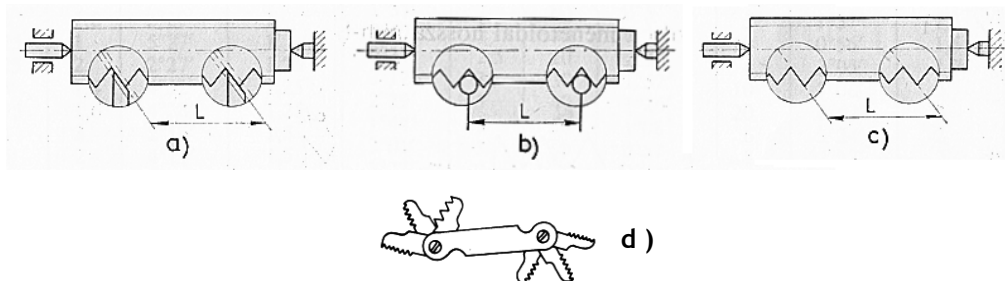
4. ábra Gyors mérőkészülékek orsómenet középátmérő mérésére [2]

Az anyamenet középátmérő mérésére használható eszközök az 5. ábrán láthatók.



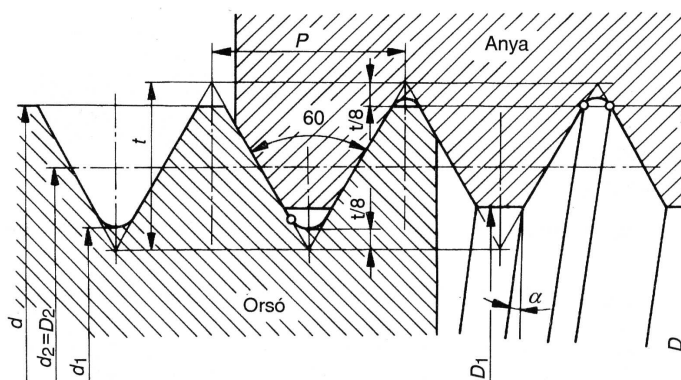
5. ábra Anyamenet középátmérő mérésére alkalmas mérőeszközök [2,3]

A menetemelkedés durva becslése történhet **menetfésű**vel (6.d ábra). Pontos mérésre alkalmas a **mikroszkóp**. A mérés elvi vázlatát mutatja be a 6.a., b., és c. ábra.



6. ábra Menetemelkedés mérése a) mérőkésekkel, b) mérőgömbbel, c) száskeresztrel.
d) menetfésű

Kiegészítő ismeretek



7. ábra A metrikus menet fő méretei [10]

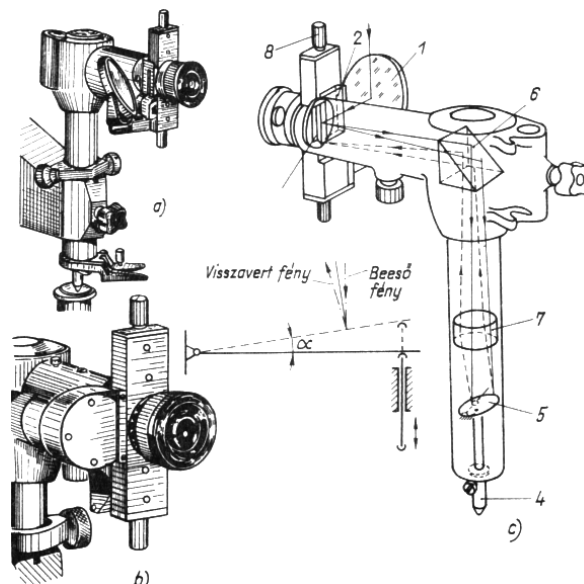
13. Optikai hossz mérő eszközök

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: $\pm (0,5 + L_{mm}/100)_{\mu m}$. A **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 tükröbe 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 tükröre érkező fénysugár már tartalmazza a skálát, a tükrö 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 $1 \mu m$, a mérési tartománya $\pm 100 \mu m$.



1. ábra Optiméter [3]

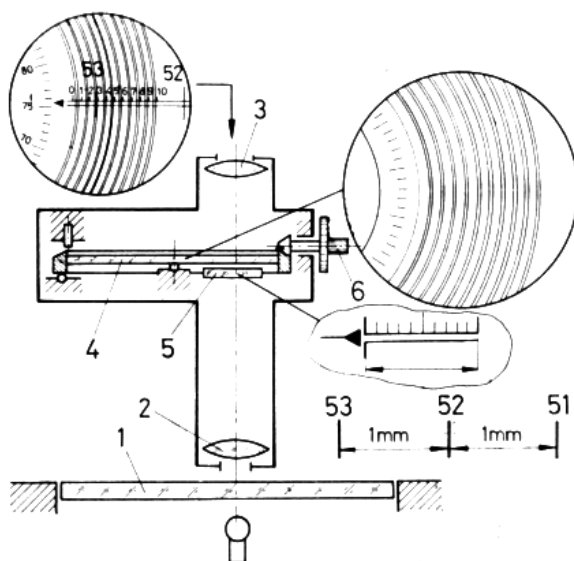
Az Abbe-féle elv a hossz mérő gépek szerkesztésének alapelve. A **függőleges hossz mérő gép** **2. ábrán** látható változata (Premisura, Microprem 225) $0,001 \text{ mm}$ leolvasást biztosít. Mérési tartománya $0 \dots 28 \text{ mm}$, az üvegmérce osztása $0,1 \text{ mm}$, a mikrométerskála osztásértéke $0,001 \text{ mm}$. A mérőerő $0,5 \text{ N}$, a maximális mérhető méret 100 mm .

A munkadarab asztalra helyezésekor (**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 vetítőtükrörről olvasható le. A nullázás a 7 csavarral történik.

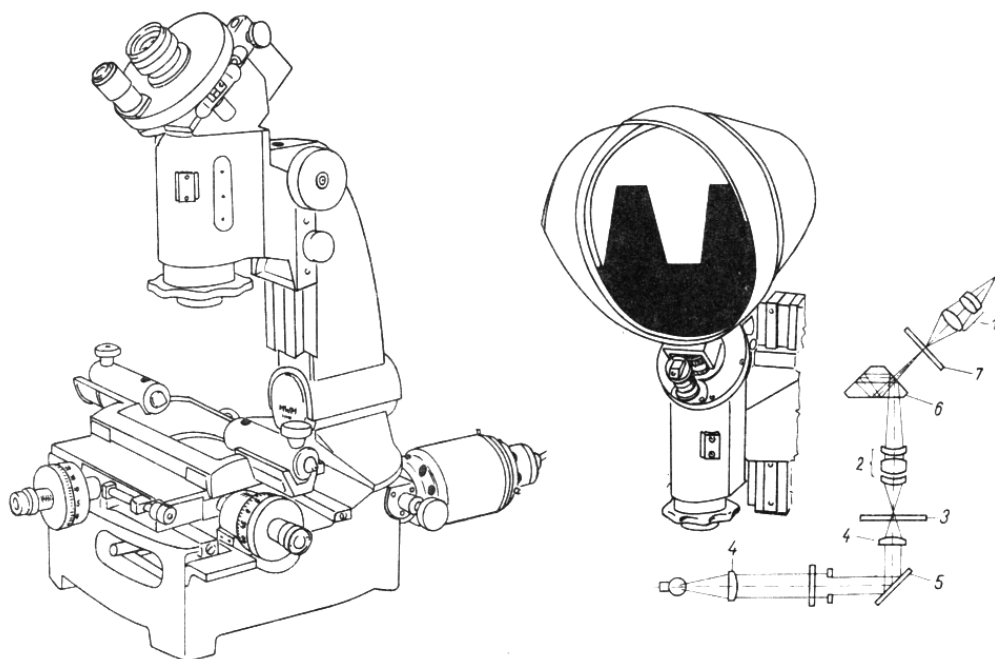
A **2.b. ábra** a hossz mérő gép szerkezetét, a c. ábra a méret leolvasást mutatja be.

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

teszik lehetővé. Méréskor a 6 állítógombbal a spirállemezt 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.



4. ábra Spirálmikroszkóp [2]



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 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 szálkereszt üveglemez, mely tengelye körül forgatható és a méretre állítást teszi lehetővé.

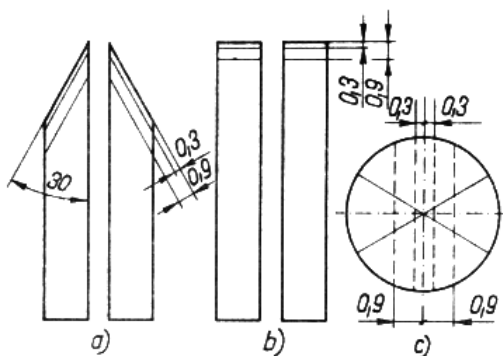
A tárgyasztal kereszt- és hosszirányban mozgatható és körbeforgatható, az elfordítás mértéke leolvasható. A munkadarabot az üvegasztalra fektetve, prizmába vagy csúcsok közé foga mérjük. A kisebb méretű darabok biztos rögzítésére leszorítókat használunk.

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**.

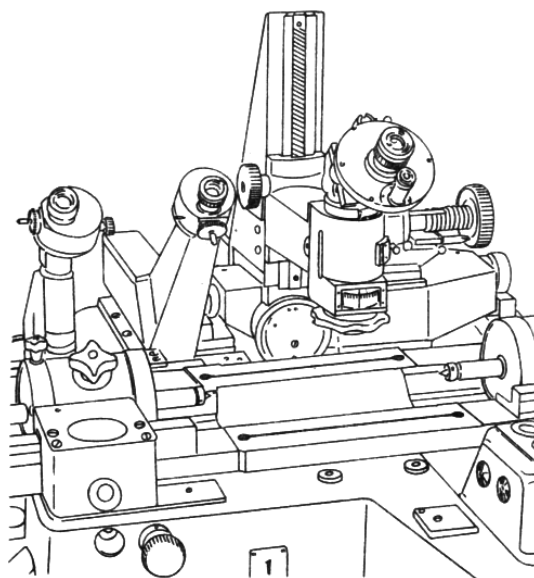
Méréskor a mérendő felületet fedésbe hozzuk a szálkeresztrel, leolvassuk a mikrométer által mutatott értéket (L_1), vagy nullázzuk a digitális kijelzőt. Ezután az asztalt addig mozgatjuk, amíg a szálkereszt a mérendő felület másik szélével fedésbe nem kerül. Az elmozdulás mértéke a mért méret.

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 (**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 (csúscmagasságban), 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 szálkeresztje melletti vonalak középvonaltól mért távolságaival), melyeket az ún. **rávillágítás módszerrel** világítunk meg. A mérőkést akkor állítjuk be helyesen, amikor a fényrés eltűnt. A mérőél ekkor egyenesen felfekszik a mérendő felületen. A mérés ezután megegyezik a hossz-mérésnél leírtakkal.



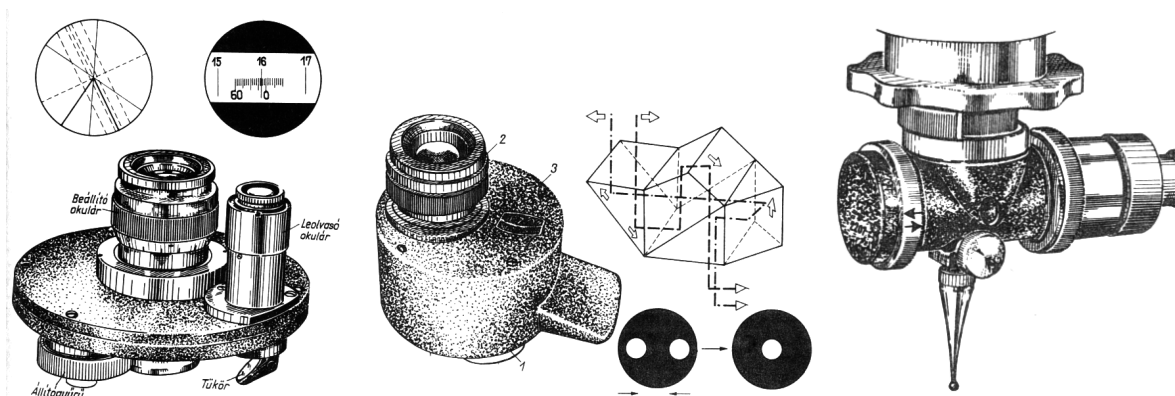
6. ábra Mérőkések mikroszkópos méréshez [3]



7. ábra Egyetemes mérőmikroszkóp [2]

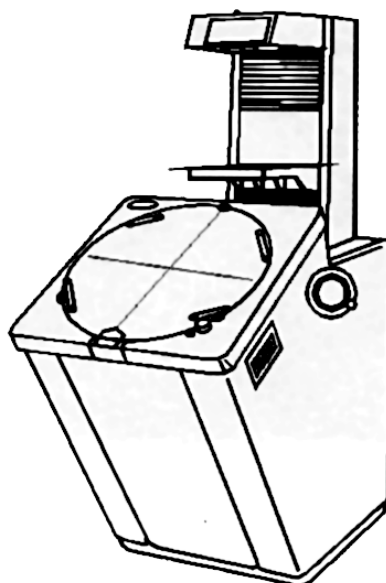
Az **egyetemes mérőmikroszkóp** hossz- (0 – 200 mm) és keresztirányú (100 mm) elmozdulását optikai leolvasóberendezéssel (üvegmerce és spirálmikroszkóp) olvassuk le (1/1000 mm). A berendezés alkalmas árnyékképes és mérőkéses mérésre egyaránt, azaz vele külső és belső, hengeres és kúp, valamint sík felületek,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

A 17. oldalon a mikroszkóphoz tartozó menetmérő okulárt már bemutattuk. A **8. ábrán** látható szögmérő okuláron két szemlencse található, középen, az ún. beállító okulárban szálkeresztet látunk és segédvonalakat. A szélen 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.



8. ábra Optikai leolvasó és értékelő berendezések [3]

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



9. ábra Projektor

A gyakorlaton használt projektor részei a következők:

1. A projektor felső része. 2. Vetítőernyő. 3. A vetítőernyő forgató gombja. 4. Vetítőernyő rögzítő. 5. Szögelfordulás számláló. 6. xy (számláló) kijelző. 7. Forgató csap. 8. Optikai lencse. 9. Gyűjtőlencse. 10. Asztal. 11. Gyűjtőlencse kapcsoló kar a körvonal kivilágítóhoz. 12. Ellenőrző panel. 13. Körvonal kivilágító (belül). 14. Fókuszáló kerék. 15. Elektromos panel. 16. xy számláló kimenő csatlakozó aljzat. 17. Finom élesre állító gomb. 18. Kijelző

14. Pneumatikus és villamos finomtapintók

A mérés célja.

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

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.

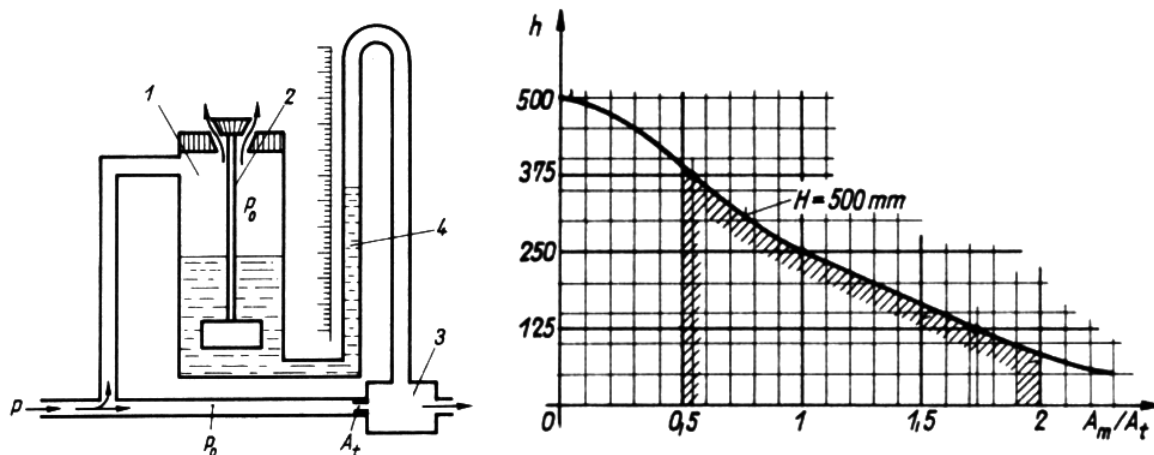
A pneumatikus hossz mérő eszközök legfontosabb **előnyei**: nulla mérőnyomás, az alkatrészek kis kopása, nagy nagyítás, üzembiztosak, aktív mérésre használhatók.

Fajtái: kisnyomású mérési rendszer,
nagynyomású mérési rendszer.

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

Kisnyomású pneumatikus mérési rendszer

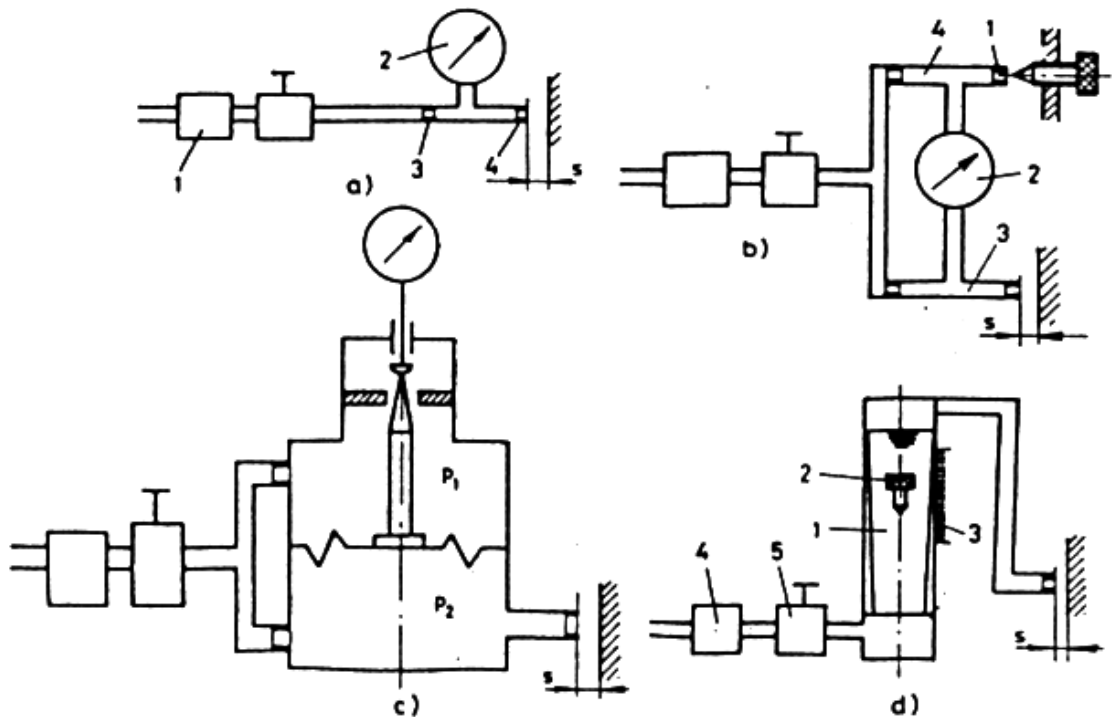
Az elsőként megjelenő Solex eljárás 500 – 1000 mm vízoszlop nyomással dolgozott. Az állandó nyomást egyszerű merülő csöves szabályozó biztosította. A **1. ábrán** látható a Solex rendszer továbbfejlesztett változata. A mérőnyomást az 1 edényben lévő 2 súlyzár biztosítja. Az A_t tápfúvóka fojtást okoz, 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.



1. ábra Solex rendszer és a kisnyomású rendszer jelleggörbéje [2, 3]

Nagynyomású pneumatikus mérési rendszer

A később kifejlesztett rendszerek már nagynyomású levegővel (1,5-3 bar-os mérőlevegő-nyomás) működtek. Ezek kijelzője már -általában- körskálás kivitelű. A pneumatikus hossz méréstechnika fejlődésével a következő eljárásokat dolgozták ki (**2. ábra**):

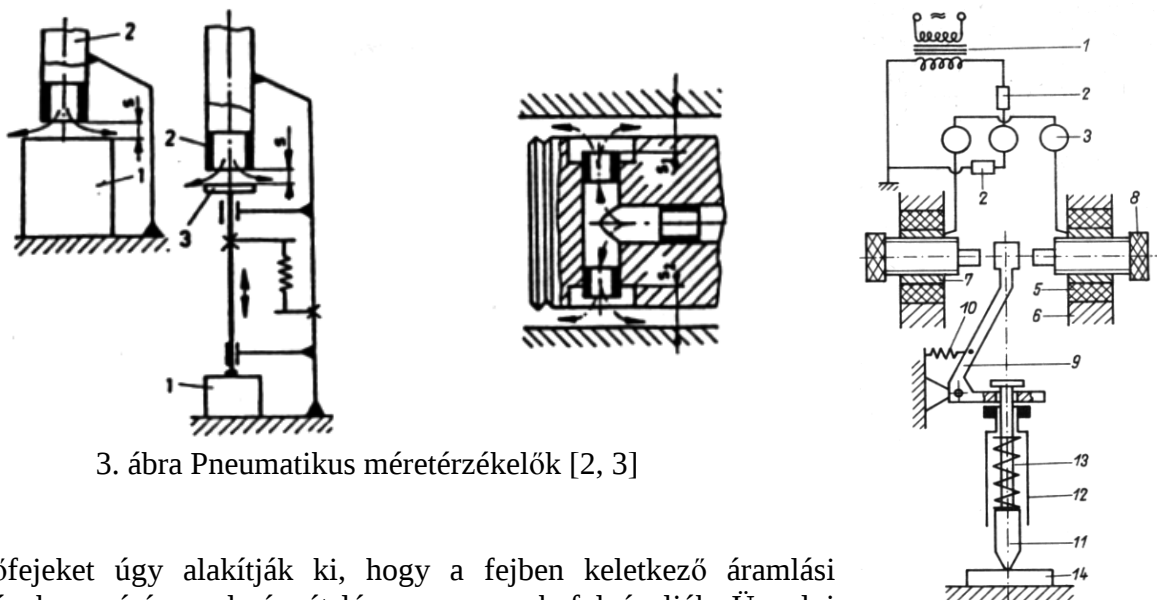


2. ábra Nagynyomású pneumatikus mérőrendszerek [3]

- a **(közvetlen) nyomásméréssel** dolgozó berendezések (2. a ábra)
- a **nyomáskülönbség mérésén** alapuló berendezések (2. b ábra). Az ilyen készüléken egy 1 kiegyenlítő fúvókát is találunk. Ezen távozhat 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 (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** (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) (3. ábra) alapvetően kétféle kialakításúak:

- Az **érintkezés nélküli típusok** a mérés közben nem érnek a mérendő tárgyhöz. 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.



3. ábra Pneumatikus méretérzékelők [2, 3]

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.

Villamos finomtapintók

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

Határértéket jelző érintkezős (kapcsolós) villamos finomtapintók (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 mikrométerorsókkal. 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.

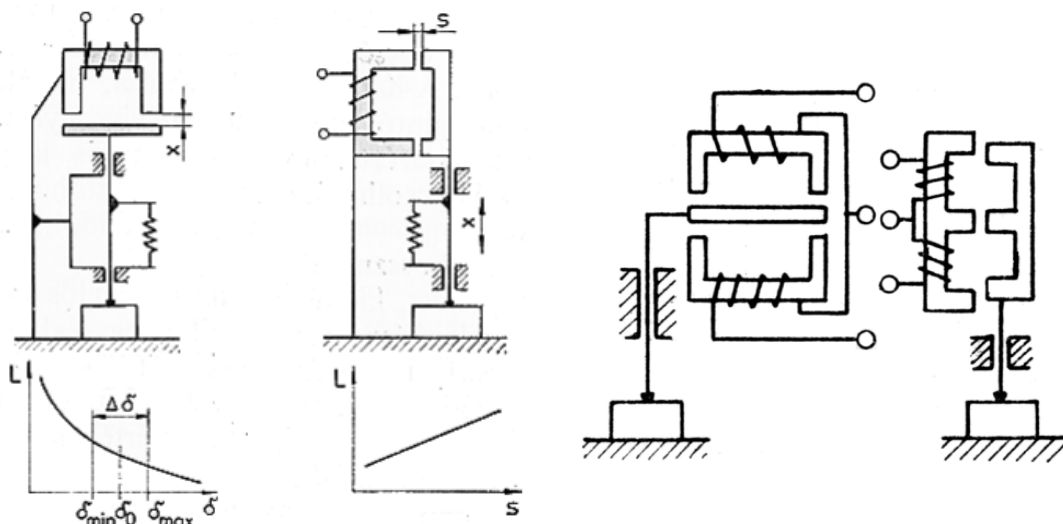
A finomtapintókkal a felhasználó oldaláról, csak vázlatosan foglalkozunk, hiszen a gépipar a kereskedelemből készen szerzi be az eszközöket és elsősorban felhasználja, készülékeibe beépíti azokat. Az esetleges javítás sem vállalati, hanem márkaszerviz feladat.

A méret megjelenítése szempontjából megkülönböztetünk **fojtótekerces** (5. ábra) és **transzformátoros** (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 mérés technikai szempontból jelentéktelen.

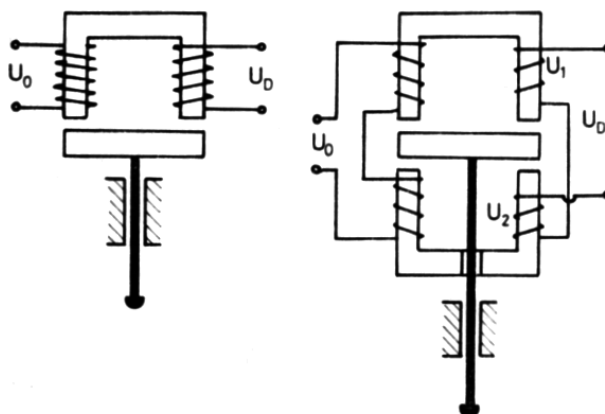
A **fojtótekerces** finomtapintóknak két típusa (5. ábra) van, de mindkét esetben a mérőcsap elmozdulása induktivitás változást okoz, ez a változás kerül feldolgozásra. Az egyik esetben a légrés változik, ez érzékenyebb, de a linearitása rosszabb, mint a másik változaté. A másik változat a változó felületű vasmag elvén működik. Ennek linearitása jó, és lényegesen hosszabb szakaszú.

Az induktív finomtapintók legegyszerűbb **felhasználási területe** az összehasonlító mérésen alapuló kézi mérőeszközök. 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.



5. ábra Fojtótekerces finomtapintók elve és jelleggörbéje, differenciális fojtótekerces induktív finomtapintók [2]



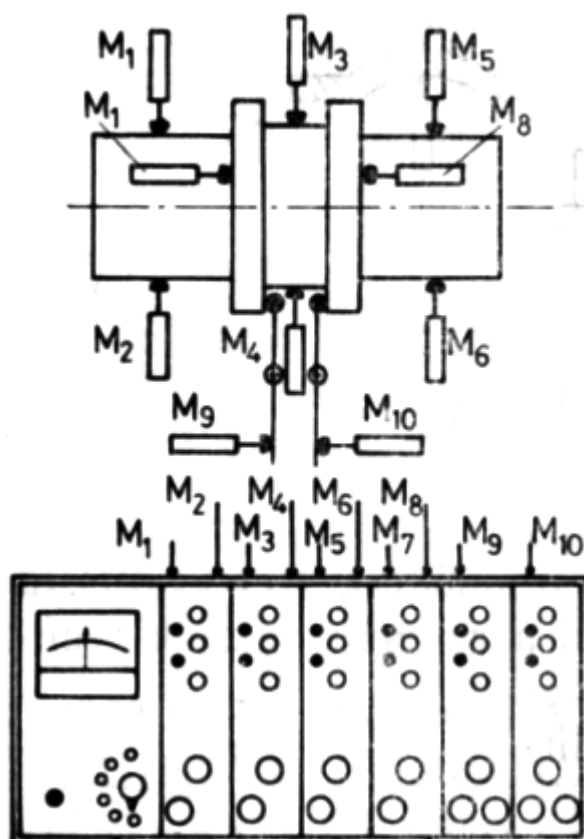
6. ábra Transzformátoros és differenciáltranszformátoros mérőfejek [7, 8, 9]

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.

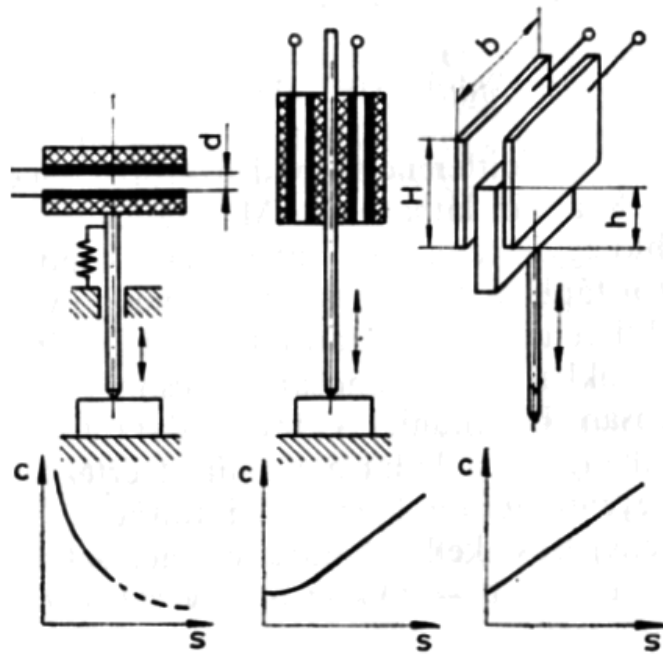
Az elemekből összeállítható mérőkészülékekhez (7. ábra) a legtöbb ismert, hossz mérés-technikával foglalkozó cég kifejlesztett induktív finomtapintókhoz illeszthető, moduláris felépítésű elektronikus egységeket. Ezek a rendszerek könnyen variálhatók és szinte korlátlanul bővíthetők.

Kapacitív finomtapintók

A finomtapintók harmadik csoportja a kapacitív finomtapintók (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.



7. ábra Több méret egyidejű ellenőrzése (M: mérőfej) [7, 8, 9]



8. ábra Kapacitív villamos finomtapintók (kialakítások és jelleggörbék) [7, 8, 9]

15. 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 fogaskereket 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 hordozóképeség	f_i' ; f_p ; (f_{pe}) ; f_i'' ; F_f ; $f_{H\alpha}$; F_p ; (F_r)
T	Statikus hordozóképeség	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 fordulatra; 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 ($F_{ik}' = F_{pk} + f_r$); 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}); osztókori osztás (f_{pt}); alaposztás (f_{pb}); profilhiba (f_f); kétprofilos gördülőhiba egy fogra (f_i'').

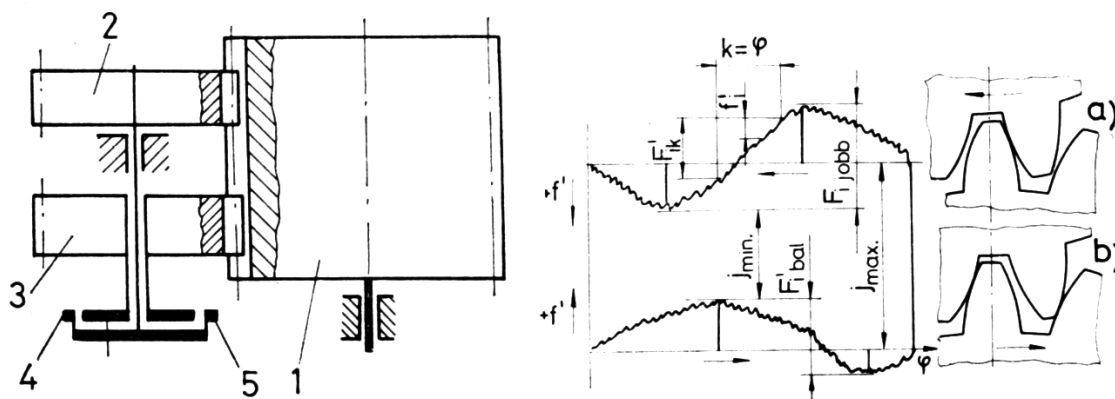
A **fogkapcsolódást jellemzi**: az alaposztás hibája normál metszetben (F_{pxn}); a kapcsolóvonal összegzett hibája (F_k); fogirányhiba (F_β); tengelypárhuzamossági hiba ($f_x = F_\beta$); tengelykitérési hiba ($f_y = 0,5 F_\beta$).

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

A fogaskerék 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.

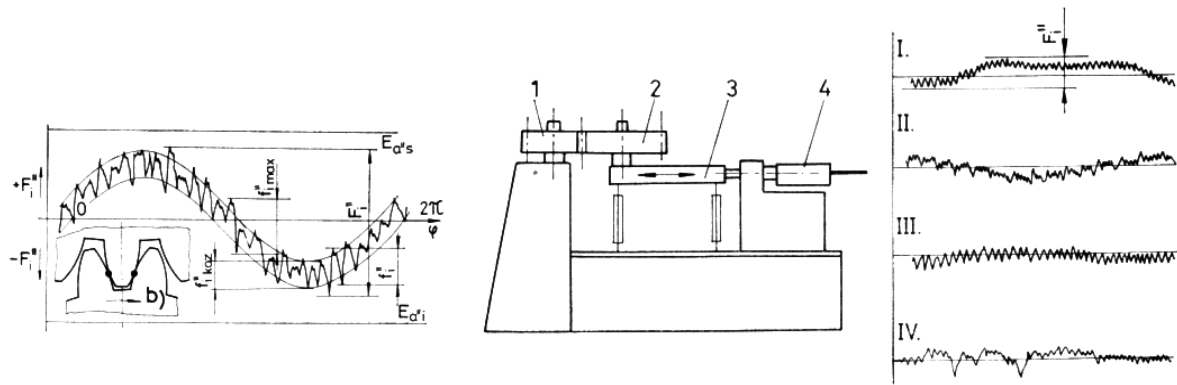
1. Komplex vizsgálat az egyoldalas és a kétoldalas összegördítő vizsgálat. Az egyoldalas vizsgálatnál a kerék, illetve hajtás kinematikai hibáját (szögsebesség ingadozását), a kétoldalas vizsgálatnál a mérési tengelytávolság ingadozását mérjük.



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

Az egyoldalas (**egyprofilos**) **összegördítés vizsgálat** a kinematikai hiba kimutatására alkalmas. A **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 fogkapcsolódást. Jobb és bal irányban forgatva a fogaskerekeket a fogaskerék 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 **kétprofilos összegördítő vizsgálat** (**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.



2. ábra Kétprofilos összegördítő vizsgálat és diagramja [2]

2. Az egyedi hibákat feltáró módszerek

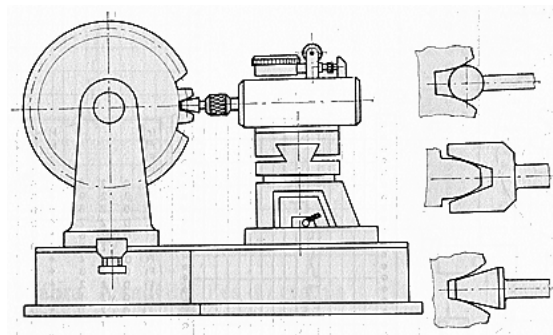
A kinematikai hibát elsősorban egyoldalas összegördítő vizsgálattal lehet megállapítani. Ha ez nem valósítható meg (a mérőkészülék, mely költséges, nem áll rendelkezésre, a kis darabszám nem indokolja a költséges mérést, stb.), akkor a minősítésre alkalmas helyettesítő méréseket is el lehet végezni. A gyakorlat során a radiális hiba (F_r) és a többfogméret 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
$$m = \frac{d_a}{z + 2} ; \quad \text{az osztókör átmérője } d = m \cdot z .$$

A **radiális hiba** meghatározása során a fogaskereket csúccsal rendelkező mérőóra állványba (körfutás-ellenőrző pad) helyezzük, 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 mérés 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.



3. ábra Fogkoszorú radiális ütéseinek 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.

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.

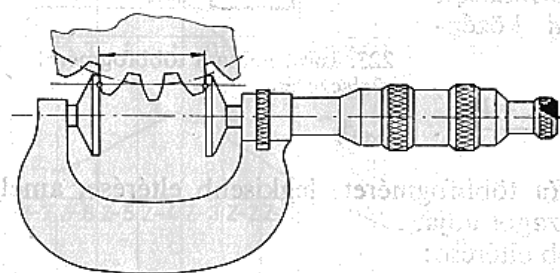
A **többsfogmérés ingadozásának mérése** a következő feladat. Először megállapítjuk a közrefogandó fogak számát (**6. táblázat**) (szabványból, vagy $k = z/9 + 0,5$ összefüggés alapján, felfelé kerekítve). Az első mérési helyen nullázzuk a többsfogmérő mikrométert (tárcsás mikrométernek is nevezik), 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 többsfogmérés ingadozás nem függ a geometriai külpontosságtól. A többsfogmérés ingadozása a kinematikai hibát jól jellemzi.

A **többsfogmérés átlagértékét** a fogkoszorún mért többsfogmérések számtani átlaga adja:

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

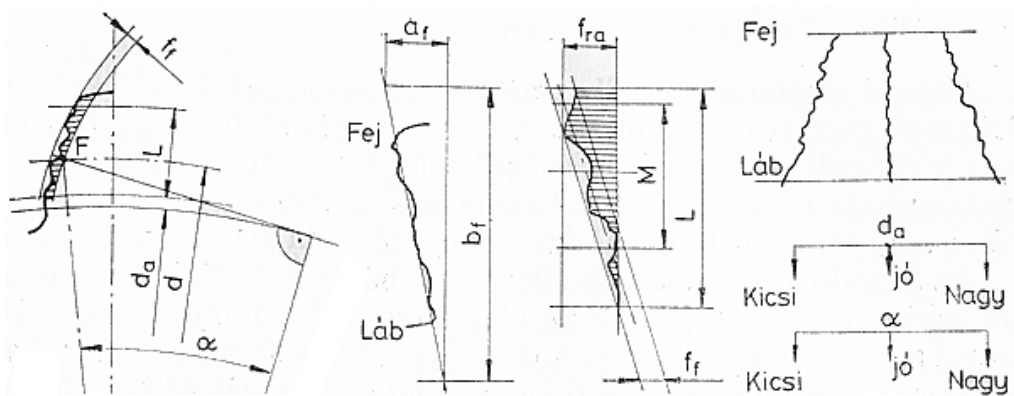
a hajtásban a legkisebb oldalhézagot adja. Az átlagérték legkisebb eltéréseinek jele: E_{Wms} . A közös normális átlagos hosszának legkisebb eltérése (a tűrés felső határértéke) két összetevőből határozható meg, a szabvány táblázata ezeket I és II összetevőként tartalmazza.



4. ábra Többsfogmérés mérése [2]

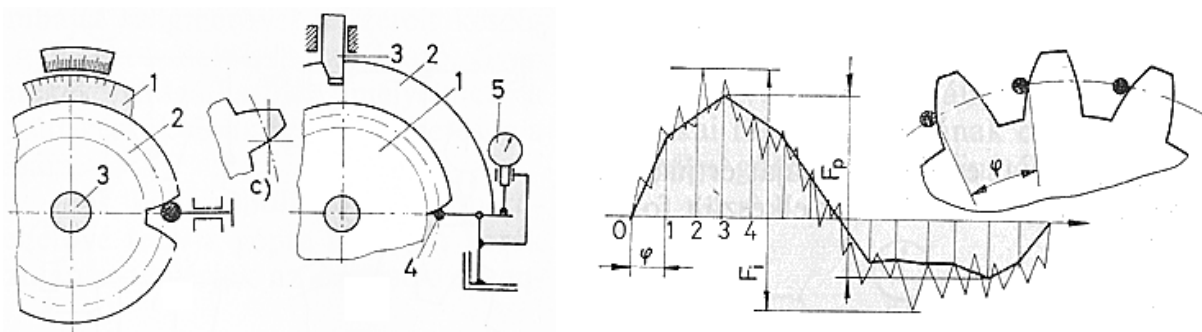
A következőkben a fontosabb mérési módszereket és méréseket összefoglalva ismertetjük, bővebb információ a felsorolt **[2 és 3] szakirodalomban** található.

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 (**5. ábra**). A mérés eszköze: a profilvizsgáló mérőkészülék. Egyszerűbb módszerek pl.: idomszer, projektor, mikroszkóp. A mérőkészülékkel felvett diagram kiértékelésével (5. ábra b, c, d) tájékoztatást kapunk az f_f profilhibáról, a fogazat érdességéről és a fogazási alapkör helyességéről.



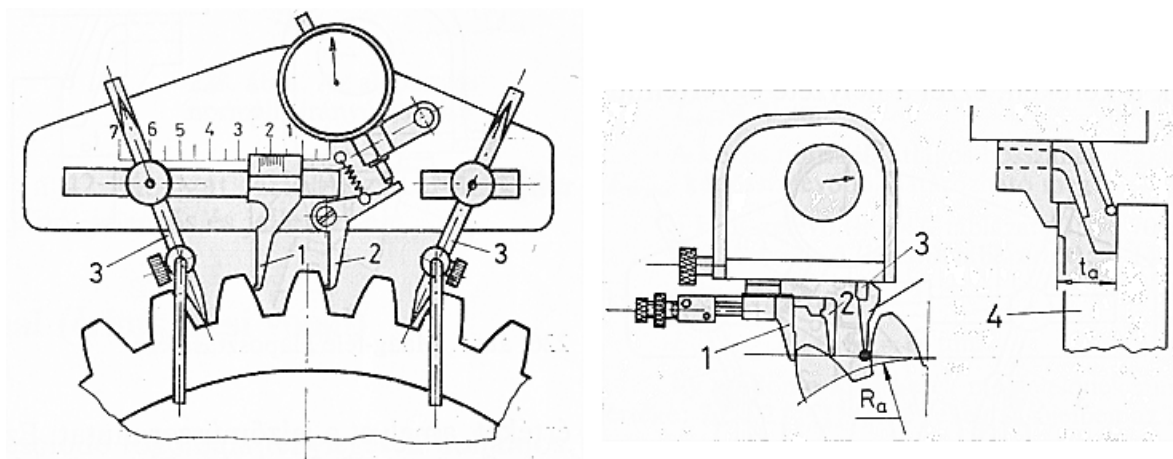
5. ábra A profilhiba értelmezése [2]

Az **összegzett osztáshiba** a tetszés szerint választott két azonos fogoldal közötti legnagyobb méretkülönbség. A **6. ábra** bemutatja az összegzett osztáshiba mérésének vázlatát és a hibadiagramot.



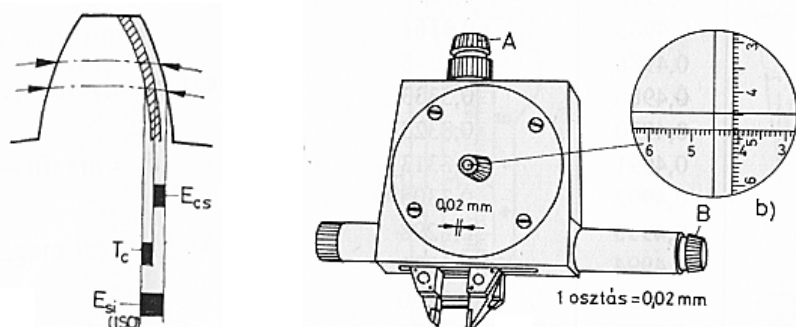
6. ábra Az összegzett osztáshiba mérése és hibadiagramja

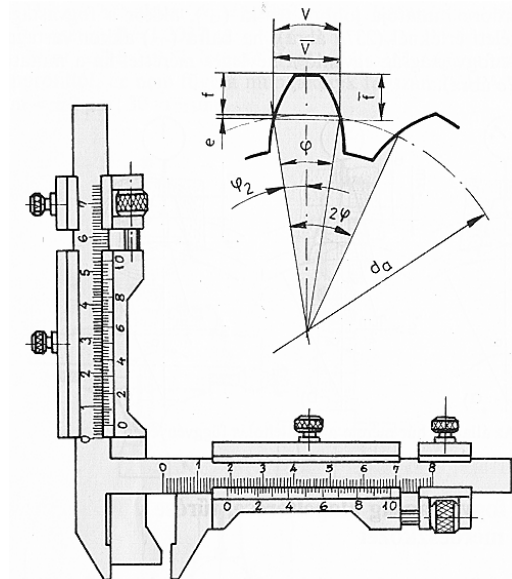
Az **osztóköri (normál) osztás** két azonos irányú fogoldal osztókörön mért távolsága, míg az **alaposztás** a fogeolvansék alapkörön mért távolsága. A **7. ábra** a normál- és alaposztás mérő műszerek vázlatát mutatja be. A normálosztás mérő vagy a fejkörön, vagy a lábkörön támaszkodik fel. A 1 egy 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 fogaskerekhez, 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.



7. ábra Normálosztás- és alaposztás-mérő készülékek

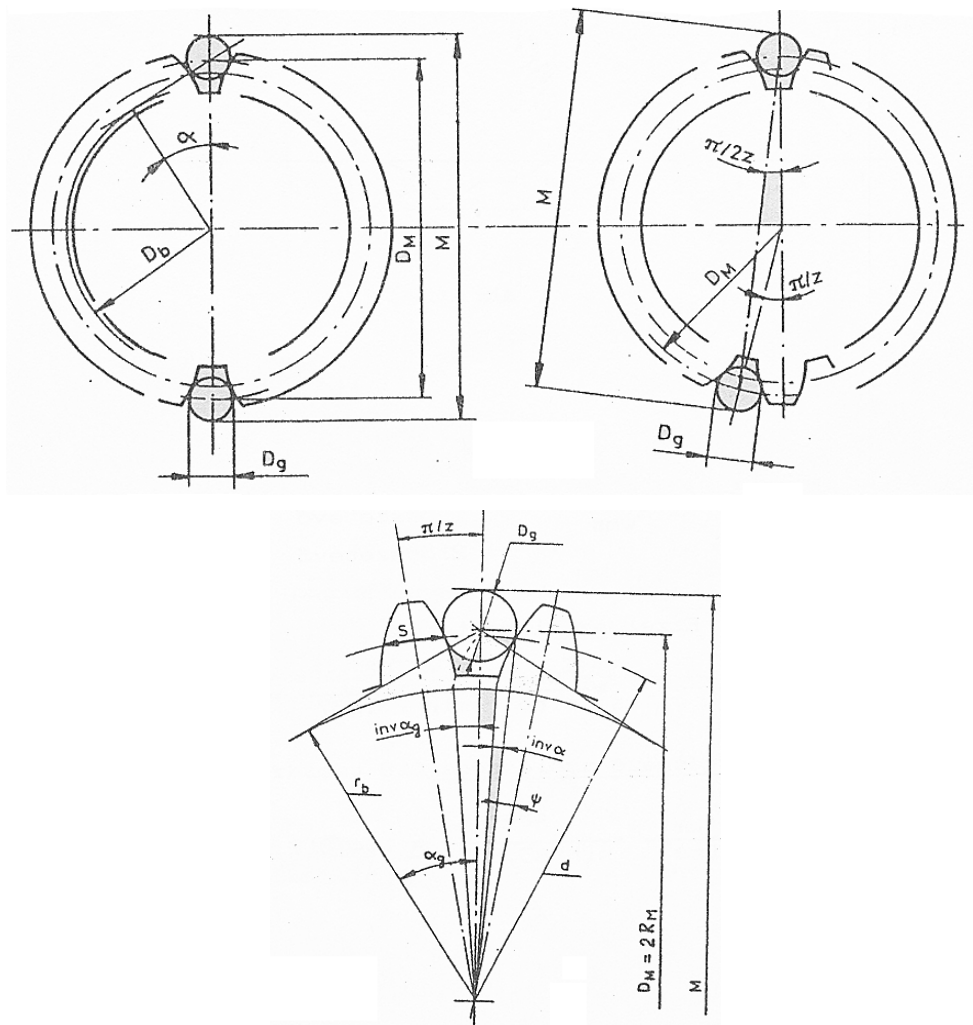
A **fogvastagság (8. ábra)** mérésének egyik eszköze a fogmérő tolómérő, melynek függőleges szárán mozgatott nyelve a fejkörön támaszkodik fel, meghatározva a vízszintes mérőcsőrök helyzetét. A fogvastagság értékét a vízszintes skálán nóniusz segítségével olvassuk le. A mérőeszköz optikai leolvasású változata pontosabb leolvasást tesz lehetővé, bár maga a mérési módszer meglehetősen pontatlan, mert bázisként a fogaskerek fejkörét alkalmazza.





8. ábra A fogvastagság alapeltérése, tűrése és mérőeszközei [2]

A fogvastagság mérés másik módja lehet a **csapméret mérés (9. ábra)**, mely a legegyszerűbb módszer a fogazati illesztési pontosságának ellenőrzésére. A mérést úgy végezzük el, hogy a szemben lévő fogárokba megfelelő méretű mérőcsapokat (például csapágy görgő, menetmérő csap) helyezünk és pl. mikrométerrel a csapok külső alkotói közötti távolságot lemérjük. Ezt a méretet nevezzük csapméretnek.



9. ábra Csapméret mérés

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

meghatározzuk: $\text{inv} \alpha_g = \text{inv} 20^\circ + \frac{2 \cdot b}{z \cdot \cos 20^\circ} - \frac{\pi}{2 \cdot z} \pm \frac{2 \cdot x \cdot \text{tg} 20^\circ}{z}$. A kapott érték alapján inv táblázatból keressük ki a hozzá tartozó szöget (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 túréseken 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 túrést erre számítjuk ki.

Kiegészítő ismeretek

Emlékeztetőül a 10. ábra bemutatja az elemi fogazású hengeres fogaskerék fontosabb jellemzőit.

Az ábrán nem szereplő jellemzők jelölései: z –fogszám; m – modul [mm];

d_0 [mm] = $m \cdot z \cdot \cos \alpha_0$ – alapkör átmérő (az evolvens származtatásakor ezen a körön gördül le a származtató egyenes).

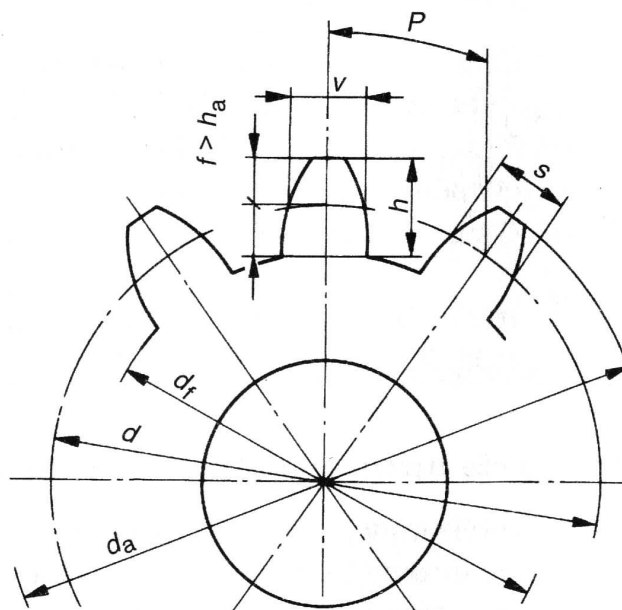
α_0 - kapcsolószög (20° vagy 15° a szabványos érték)

Jelölések: d –osztókör átmérő [mm]

d_a – fejkör átmérő [mm]

d_f – lábkör átmérő [mm]

h – fogmagasság



10. ábra Elemi fogazású hengeres kerék jellemzői [10]

16. Ellenőrzési terv készítése

A gyakorlat célja:

Az ellenőrzési terv készítés jelentőségének, készítésének megismerése. Adott gépipari alkatrész ellenőrzési tervének elkészítése.

A feladat elvégzéséhez szükséges elméleti ismeretek.

Az ellenőrzés tervezése, mint a technológiai tervezés eleme

A technológiai tervezés nem elhanyagolható eleme a minőség-ellenőrzés folyamatának megtervezése. Az ellenőrzés feltételeit már a konstrukciós fázisban figyelembe kell venni. A minőségirányítási rendszerek bevezetésének elterjedése előtt is megtalálhatók voltak a minőség-ellenőrzés elemei. Általában a minőség-ellenőrzés két kiemelt ponton valósult meg, az idegenáru (nyersanyag, félkész termék) és a végtermék (késztermék) ellenőrzését jelentette. A gyártásközi ellenőrzés pedig az alkatrész méreteinek ellenőrzését jelentette. A szemléletmód váltás lehetőségeit a következőkben foglalhatjuk össze.

- A beszállítók kiválasztási rendszere, a vevői-beszállítói kapcsolatrendszer felügyelete és ennek eredményeként a beszállított termék minősége tette lehetővé, hogy a beérkező termékeket azonosítás után az idegenáru ellenőrzés elhagyásával közvetlenül a gyártósorokra szállítsák és továbbalakítható, beépítésre kész terméknek tekintsék.
- A gyártásközi ellenőrzés arra az elvre épít, hogy minden munkatárs kötelessége, hogy
**ne vegyen át,
ne gyártson, illetve
ne továbbítson hibás terméket.**

Ehhez a rendszerhez kapcsolódnak szervesen a gyártás egyes műveletei közé beiktatott (hagyományos) ellenőrzési műveletek. A „team-work” munkaszervezésből adódóan a gyártó team-ek a munkahelyek közötti rotáció alapján teljes felelősséggel tartoznak a minőségért. Így a „100%-os végellenőrzés” is a termelőegységek feladatává vált, illetve beleolvadt a gyártásközi ellenőrzésbe.

Ha az önellenőrzésre épített gyártásközi ellenőrzés nem hozza meg a várt eredményt, akkor a minőségbiztosításhoz tartozó ellenőrzési csoport a termelőegységektől át kell hogy vállaljon feladatokat. Általában a végellenőrzés második fázisát (mintavételes ellenőrzés) végzik.

A dolgozók feladata az általuk elvégzett műveletek ellenőrzése. A tapasztalt hiányosságokat a gyártmánykísérő dokumentációra, ellenőrző/hiba kártyára feljegyzik. A termelő csoportok felelőssége annak kidolgozása, hogy az esetleg jelentkező hibák hogyan javíthatók, illetve milyen módon előzhetők meg.

A minőség-ellenőrzés tervezése

A gyártási és az ellenőrzési folyamat meghatározásának **célja** a kívánt minőség biztosítása optimális költségek mellett. Az ellenőrzés tervezés magában foglalja a gyártmány minden elemével és minden műveletével kapcsolatban a „Követelményfüzetben” rögzített minőségi és műszaki jellemzők alapján

- az ellenőrzési/mérési módszerek és eljárások,
- az ellenőrzési mintavételi előírások,
- az ellenőrzési/mérési eszközök meghatározását.

A tervezésnek ki kell terjedni:

- az ellenőrzési pontok és ismérvek meghatározására,
- a vizsgálati jellemzők meghatározására,
- a mintavétel szabályozására,

- az ellenőrzés módszerére,
- a szigorított dokumentálás kötelezettségére,
- az ellenőrzés/mérés eszközeire és azok pontosságára,
- az ellenőrzést/mérést végző személyzet és az eszközök kapacitására,
- az ellenőrző/mérést végző személyzet döntési hatáskörére és felelősségére.

Az **ellenőrzési terv** a technológiai tervekben és utasításokban foglalt előírások, külön ellenőrzési/átvételi utasítások formájában jelenik meg a műszaki dokumentációban.

Az **ellenőrzés tervezés** végrehajtása a technológiai és /vagy a minőségbiztosítási szervezet feladata a következő változatok szerint:

a) Az ellenőrzési tervet a technológus dolgozza ki a technológia tervezése során.

Ennek feltételei:

- a technológusok felkészültsége, ellenőrzési és mérés technikai képzettsége,
- a technológusok részére megfelelő módszertani és eszközismertető segédlet biztosítása,
- a minőségirányítási/minőségbiztosítási szervekkel való együttműködés.

b) Az ellenőrzés tervezése a minőségirányítási/minőségbiztosítási szervezeten belül történik.

Feltételei:

- a gyártástervező a technológiában kijelöli az ellenőrzési pontokat és feladatokat,
- az ellenőrzés módszerének, folyamatának tervezése a technológia részletes ismerete alapján történik.

c) Az ellenőrzés tervezését a technológia és a minőségbiztosítás megosztva végzi.

- a technológia feladata a gyártásközi - a hibás termék keletkezését megakadályozó – ellenőrzések megtervezése (műveleten belüli önellenőrzés, beszabályozó műveletek, műveletközi minőség-ellenőrzés),
- a minőségbiztosítás feladata a gyártást követő, a minősítést szolgáló ellenőrzések megtervezése (alkatrész átvétel, próbapadi vizsgálatok, mintavételes ellenőrzések, végtermék átvételi ellenőrzések, gyorsított igénybevételi és típus vizsgálatok),
- a megosztott ellenőrzési terv készítés biztosítja, hogy a gyártásközi ellenőrzés a technológiailag szükséges fázisokban következzen be, az átvételi vizsgálatok pedig a termékre meghatározott követelmények teljesítésére irányuljanak,
- a megosztott ellenőrzési terv készítés (mindkét területen) a technológiai-, és ellenőrzés-tervezési szervezet együttműködését igényli.

A gyártási folyamat minőségellenőrzésének tervezése

A hagyományos gyártásközi (alkatrész-méret) ellenőrzést felváltotta a gyártási folyamat ellenőrzése, azaz:

- a műveletek ellenőrzése (elvégezték-e, megfelelő előírt lépésben, milyen minőségben),
- a művelethez használt előírt gyártóeszközök, szerszámok ellenőrzése,
- a kritikus (szignifikáns) műveletek súlyozott ellenőrzése.

A vállalatok a megrendelők, vevők által megkívánt és előírt minőséget, valamint a partnerek bizalmának elnyerését csak a gyártási folyamat ellenőrzés bevezetésével, sikeres alkalmazásával tudják biztosítani.

Feladat: adott alkatrész ellenőrzési tervének elkészítése. A gyakorlaton az oktató több példát mutat be a megoldásra. A hallgatók a feladatot otthon fejezik be és a 9. gyakorlaton adják be az elkészült munkát.

17. A felületi érdesség mérése és eszközei

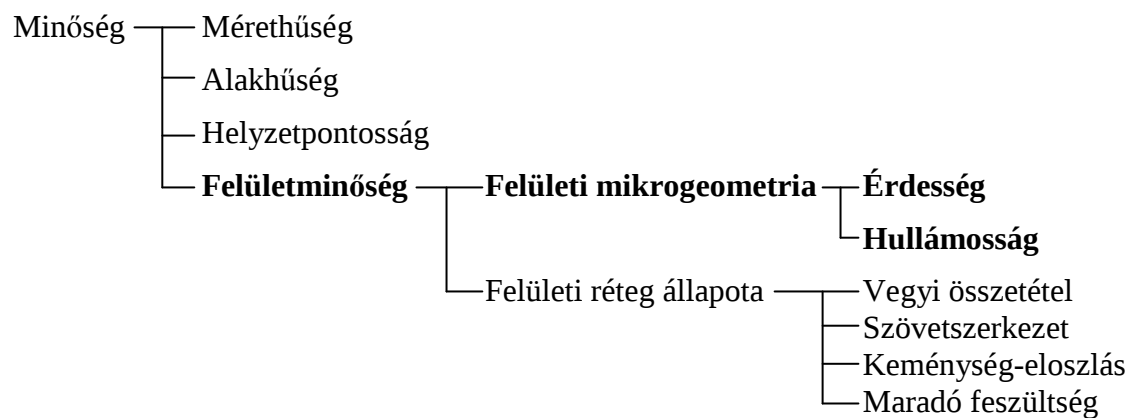
A mérés célja

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 **1. ábra**.



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 térközű, 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 elegendőek a felület jellemzésére, két felület azonosnak minősítésére. A felületi érdességi mérőszámok megállapításához a felületről szelvényeket (ú.n. profildigramot) 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.

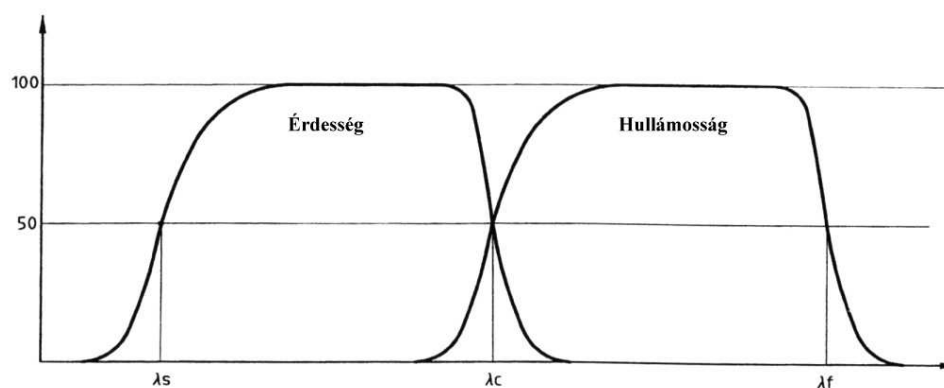
A fogalom-meghatározásokat és a jellemzőket szabványosították. Léteznek ugyan nemzeti szabványok, de ezek jelentéktelen műszaki eltérésekkel megegyeznek az ISO 4287:1997 szabvánnyal. E szabvánnyal megegyező az európai EN ISO 4287:1998 szabvány, melyet jóváhagyó közleménnyel nemzeti szabványként hazánk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



2. ábra Az érdesség és hullámosság szűrőkarakterisztikái

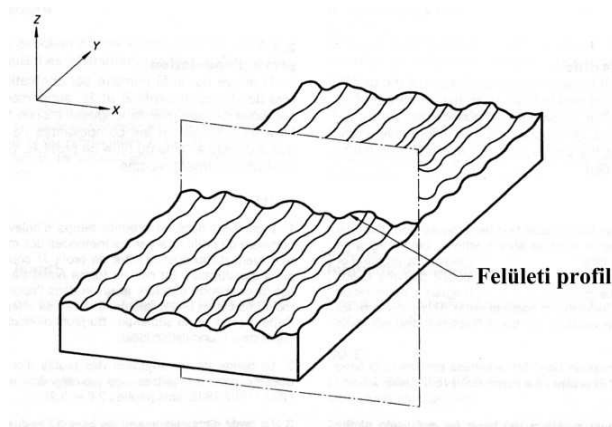
A műszerek mérési, valamint kiértékelési alapbeállításait a szabványok meghatározzák. A felület finomságától függően választhatjuk meg az előírt beállítási értékeket (**3. ábra**)

Hullámhossz határok választéka				
Periódikus profil	Nem periódikus profil		Határhullám hossza	Egyes-, összes-mérőszakasz
Barázdatávolság Sm [mm]	Rz [μm]	Ra [μm]	λ_c [mm]	lr / ln [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

3. ábra A hullámhossz határok választéka [4]

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



4. ábra [4]

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 (vonatkoztatási hossz) 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.

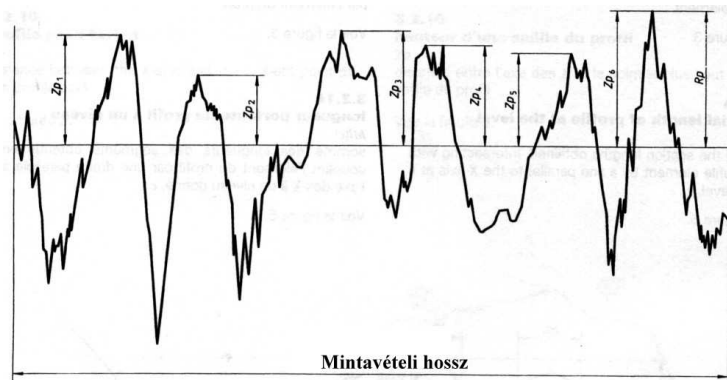
Tetővonal illetve **fenékvonal** a valóságos profil – az alaphosszon belüli – legmagasabb illetve legmélyebb pontján megy át és párhuzamos a középvonallal.

1. A felületi mikrogeometria magassági paraméterei:

a) „Csúcs” paraméterek:

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

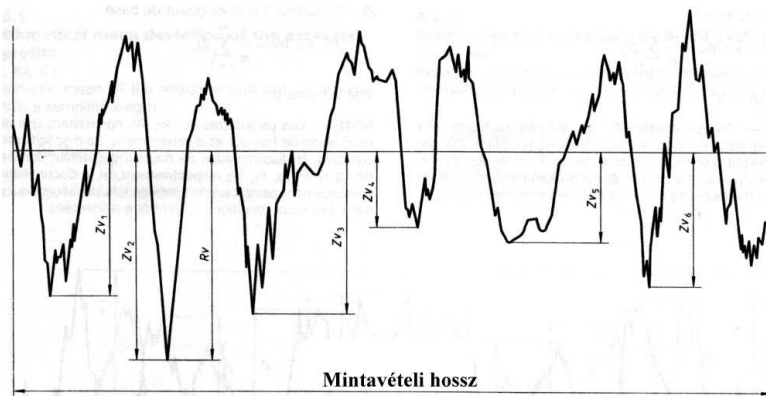
A valóságos profil legmagasabb pontja és a középvonal közötti távolság az alaphosszon belül. (5. ábra)



5. ábra A felület csúcs méretei [4]

- 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. ábra)

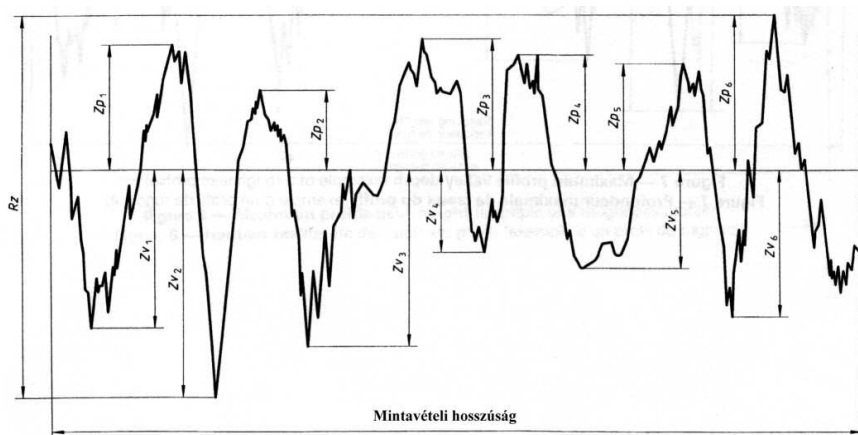


6. ábra A felület völgy méretei [4]

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

A valóságos profil legmagasabb és legmélyebb pontja közötti távolság az alaphosszon belül. (7. ábra)

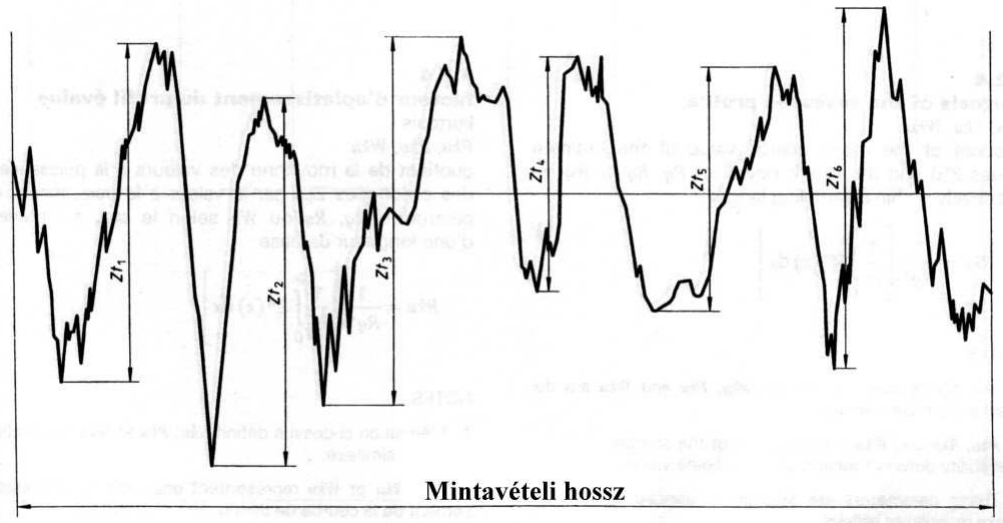
$$R_z = R_p + R_v$$



7. ábra A profil maximális magassága [4]

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

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



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

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

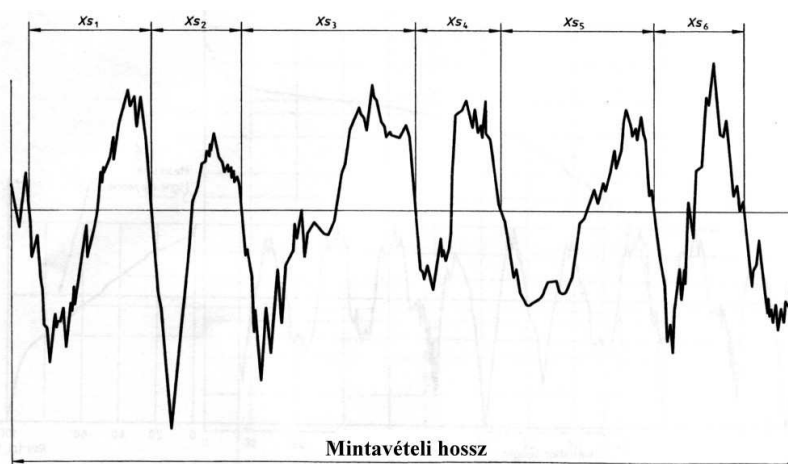
- Ferdeségi mérőszám: R_{sk} , W_{sk} , P_{sk}

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

- Lapultási 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 paramétereit:



9. ábra Az egyenetlenségek profilirányú méretei [4]

- Az egyenetlenségek közepes hullámhossza: RSm , WSm , PSm

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

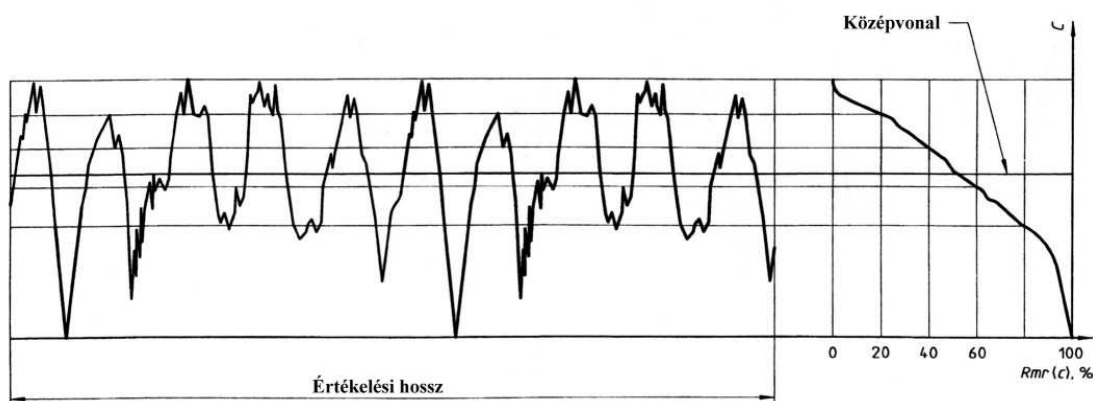
ahol Xs_i a profil és a középvonal olyan két metszéspontjának a távolsága, melyek között a profilnak csak egy kiemelkedése és egy bemélyedése található.

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

- 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



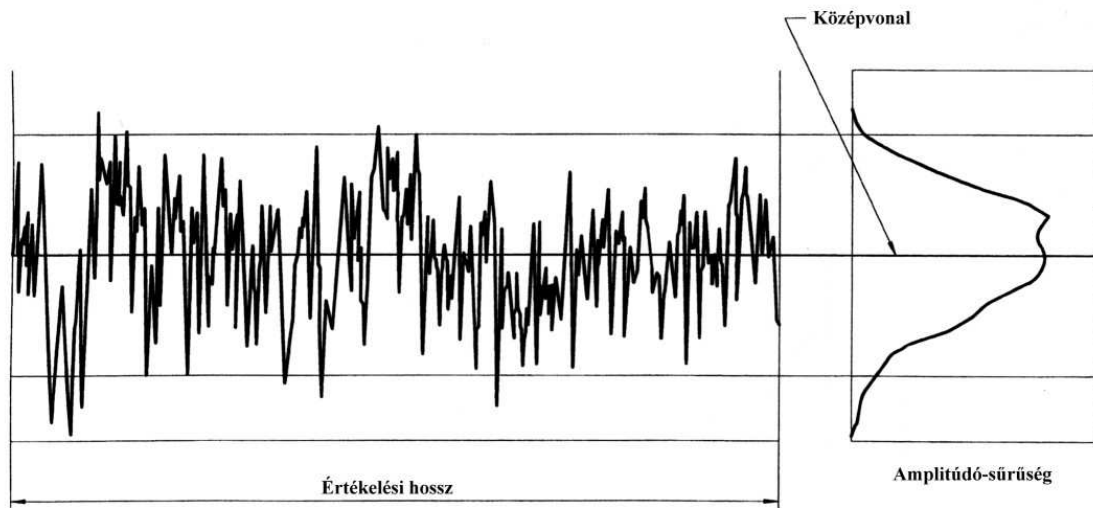
10. ábra A hordozóhossz és a hordozóhossz görbe [4]

- 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)** (10. ábra jobb oldali görbéje)
- **Relatív hordozóhossz görbe (ADK)** (11. ábra jobb oldali görbéje)



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.

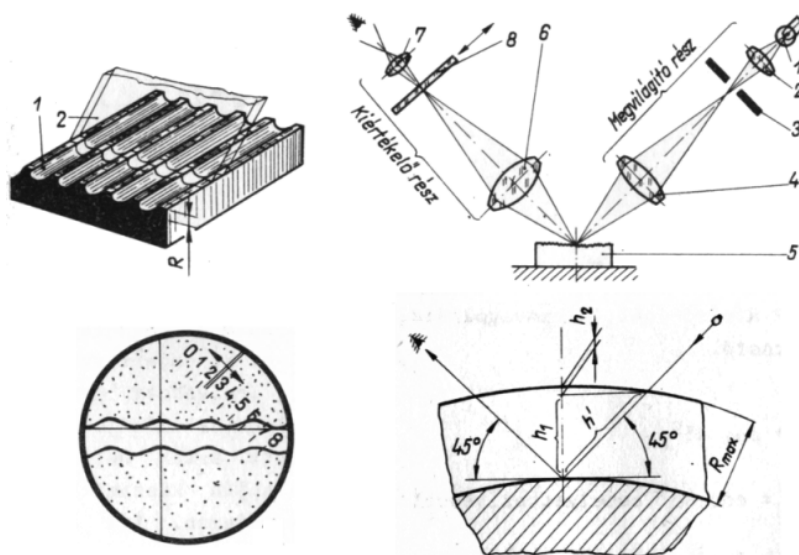
Működés szempontjából megkülönböztetünk: finommechanikai, optikai, villamos és pneumatikus érdességmérő műszereket. A **mechanikus** elven működő érdességmérőket már nem alkalmazzák.

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 pengeszzerűen 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).

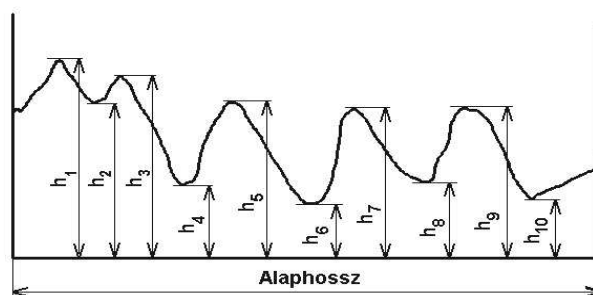


12. ábra Linnik-Schmaltz-féle mikroszkóp működési elve [2]

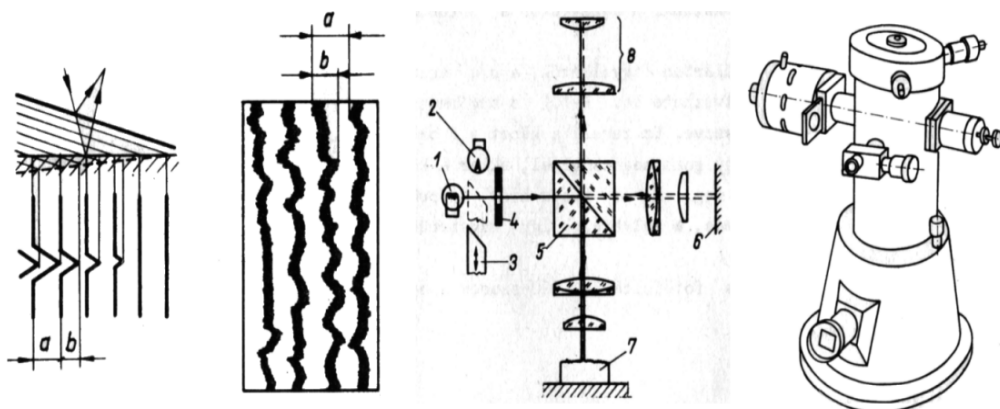
Objektívek		Össz-nagyítás	Hasznos érdes-ség mélység h [mm]	Látó-mező [mm]	Okulármikrométer dobjának 1 osztása A [μm]	$A \cdot \cos^2 45^\circ$ [μm]	$A \cdot \cos 45^\circ$ [μm]
Fókusz távolság [mm]	nagyítás						
4,25	60x	520x	0,5 – 1,5	0,3	0,287	0,143	0,202
8,16	30x	260x	1,5 – 5	0,6	0,575	0,286	0,406
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

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. $R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$



14. ábra R_z egyenetlenség magasság értelmezése

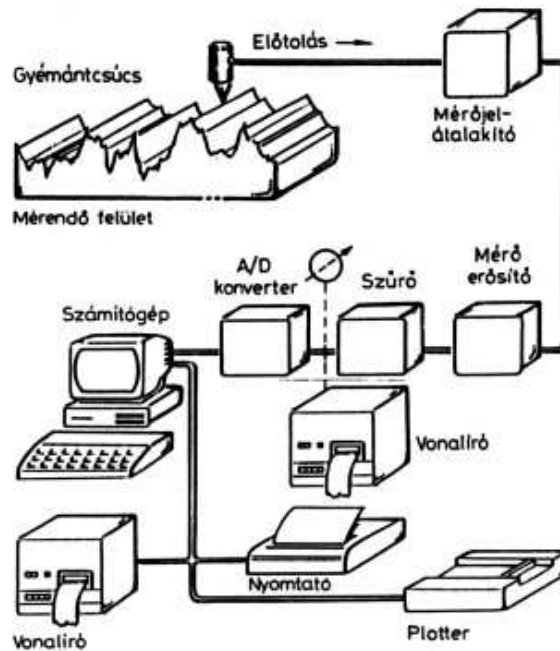


15. ábra Interferométer [2, 3]

Villamos elven működő érdességmérők

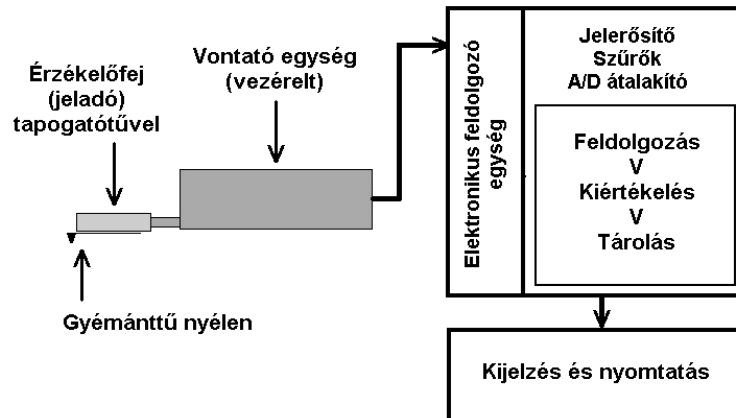
A **profilometriás** (más néven topografikus) **mérőgépek**.

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 útdók vagy szögadók, szerepük a mintavételezési pontok meghatározásában van.

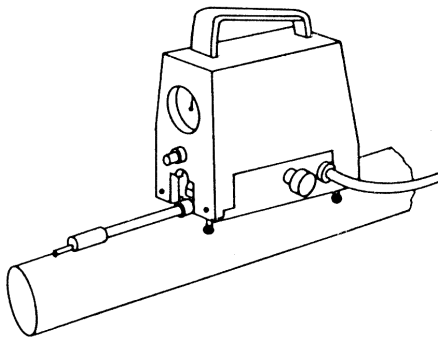


16. A felületi érdesség mérés tömbvázlata [7, 8, 9]

A profilometriás felületi érdesség-mérőgépek (profilletapogatás útján dolgozó) esetében az igen kis (μm nagyságrendű) lekerekítési sugárral rendelkező gyémántcsúcs egyenletes sebességgel haladva tapogatja le a felület egyenetlenségeit. A gyémántcsúcs függőleges mozgása egy induktív mérőfej (18. ábra) horgonyára adódik át, amelynek tekercsrendszere kapcsolódik a jelátalakító elektronikához. (17. ábra) A kalibrált mérőerősítő kimenetén megjelenő mérőjel pillanatnyi értéke jó közelítéssel arányos a mérőcsúcs pillanatnyi elmozdulásával. A mérőfej vontatóegysége vagy a darabra ráhelyezhető (19. ábra) (hordozható kivitel), vagy egy oszlop mentén magassági irányban, a szükséges magasságban állítható (19. ábra).



17. ábra Profilometriás érdességmérés elve [7, 8, 9]



18. ábra Jeladó [7, 8, 9]



19. ábra Darabra ültethető készülék [7, 8, 9]



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 méró 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 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.

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.

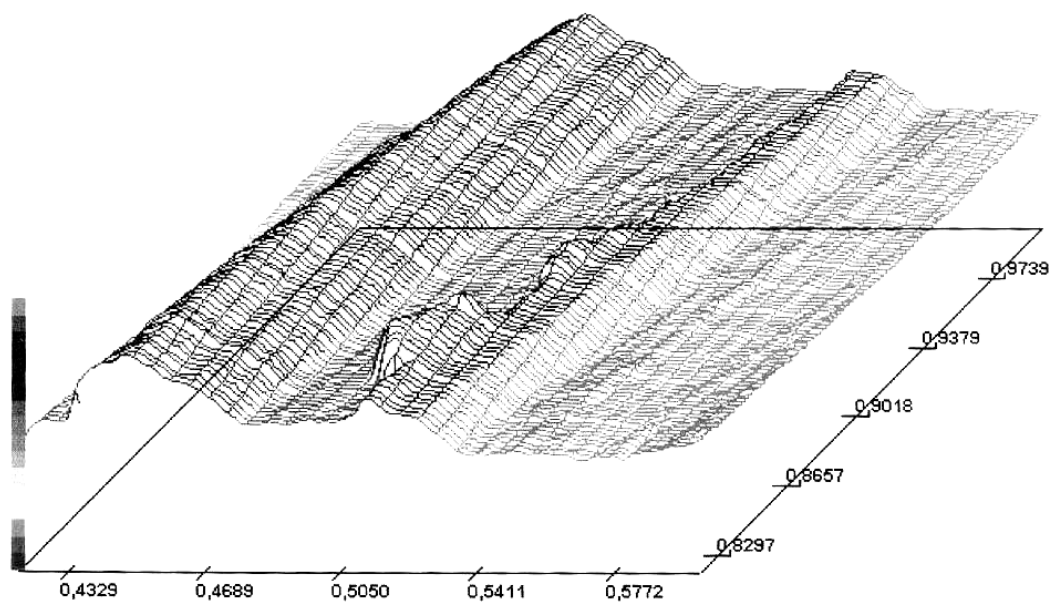
A digitális rendszer előnye, hogy a memóriában tárolt adathalmaz más adathordozóra felvihető.

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

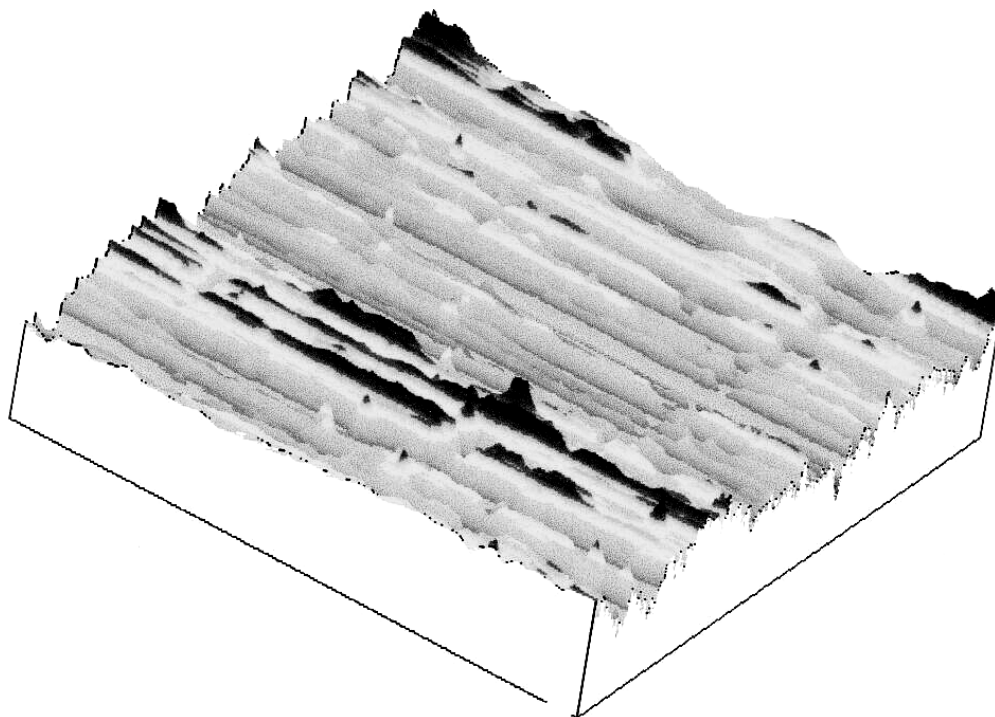
Felülettopográfia

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 **22. ábrán** a felülettopográfiai értékeléshez, egymástól igen kis lépésközzel (néhány ezred/néhány század mm) felvett – a számítógép által kirajzolt – szelvénytörzseket láthatjuk, a **23. ábrán** pedig a feldolgozott adatok grafikus („hamis színes”) ábrázolását.



22. ábra



23. ábra

18. Háromkoordinátás mérés technika

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

A koordináta mérés technika eszköze a **koordináta mérő gép**, 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 szerszámcsere után is alapvetően fontos annak érdekében, hogy elkerüljük a selejt gyártását.

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

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

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

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

Megfelelő szoftver esetén a **sorozat mérés** 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 mérés technika 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 mérés technikai feladatok, akár automatizálva is, *a mérési idő lerövidül, a minőség ellenőrzés termelékenyebbé válik, a mérési pontosság növekszik,*

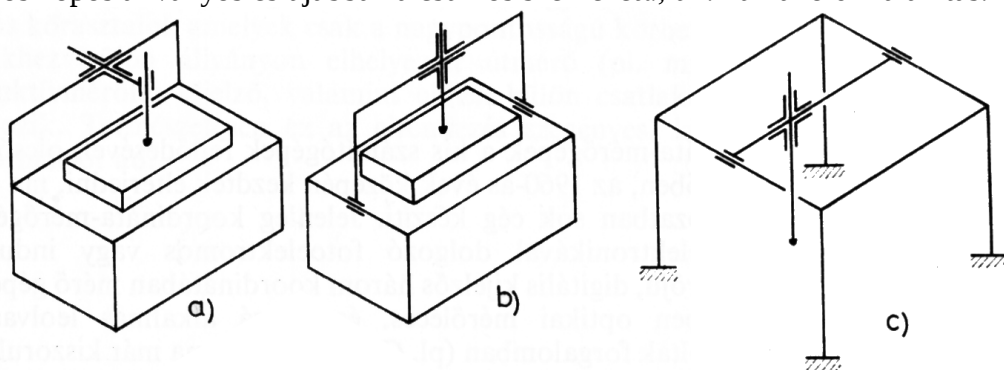
- bonyolult mérési feladatok megoldására is képes (olyan méretek és jellemzők is meghatározhatók, melyek más módon korábban nem voltak megvalósíthatók),
- automatikus mérést, adatfeldolgozást és kiértékelést képes megvalósítani,
- automatikus gyártórendszerekbe való integrálhatóságot tesz lehetővé
-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

A koordináta méréstechnika **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.

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^{1/2} D-s gépeket hamar felváltották a 3 D-s gépek. (A 2^{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.

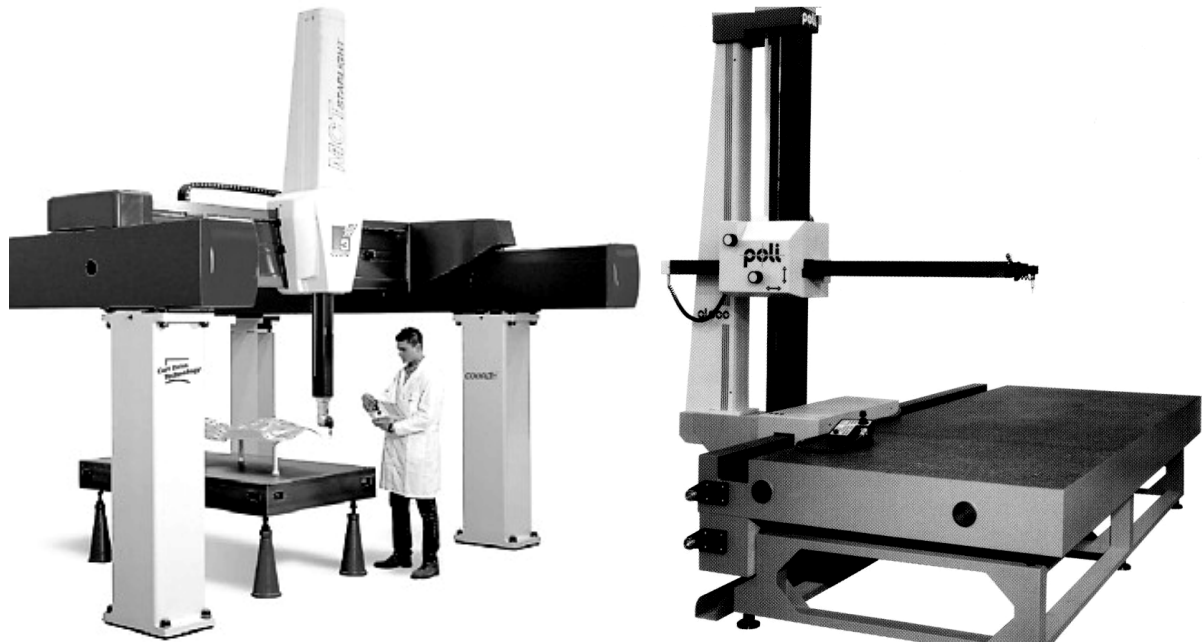


1.ábra A koordináta-mérőgépek kialakítása [3]

- **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 1–2µm pontosságú mérőgépnél még légkondicionált környezetben is könnyen előfordulhat, hogy mérési pontossága e miatt lecsökken.



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

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.

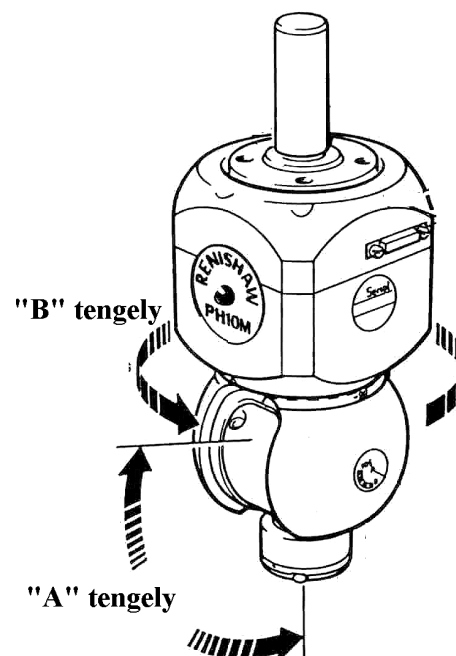
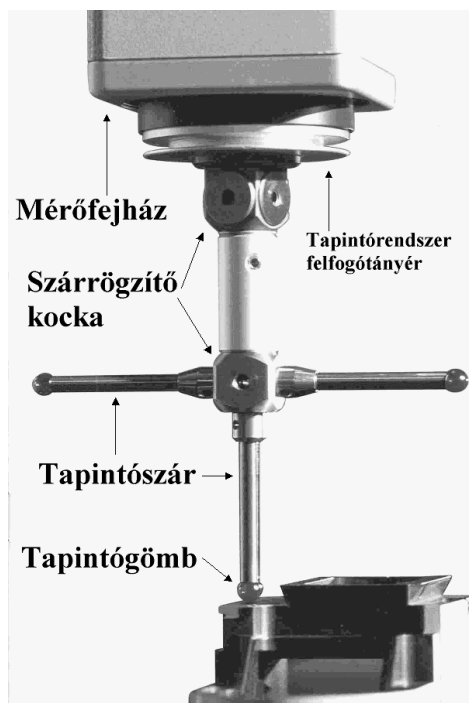
Számos mérőfej-konstrukció ismeretes, de a felhasználás szempontjából két csoportjuk van.

- 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 kiszorulóban 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, fogaskerekek 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 beszűrások 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.



3. ábra Térben beálló tapintófej [7, 8, 9]

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 sajtoló lemezalkatrészek 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

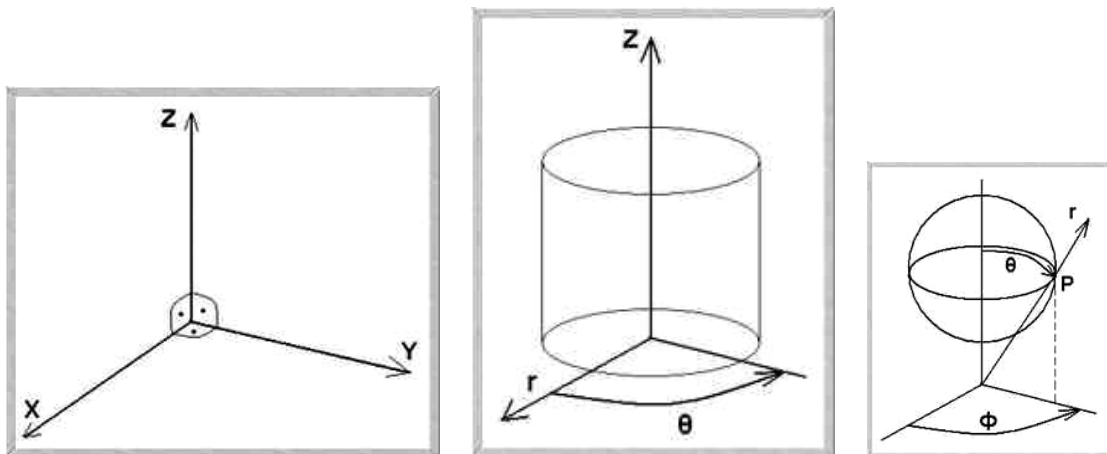
A letapogatási folyamat programozása háromféle módon történhet:

- 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.

A koordináta méréstechnika alapjai

Koordináta méréstechnika koordináta rendszerei

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



4. ábra Koordináta rendszerek

- **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).

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 vezérlősokszöget 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 vezérlősokszög 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 ezekben a pontokban 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.

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 mérőkészülékét: 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 alaki 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, gömbközepont 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.

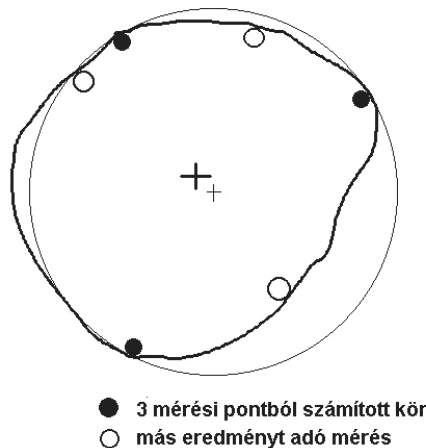
A pontok sajátos mintázatba rendeződhetnek. Így, vannak pontkörök, pontsorok és pontrácsok (pont-raszterek). Ezek a mintázatok megkönnyítik a ponthelyzetek leírását, minthogy a minták gyakran kétdimenziósnak tekinthetők. Megkönnyítik a lyukkörök, fogaskerékosztások és fogaslécosztások, valamint a lapszerű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



5. 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 szükséges.** 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, tapintódefiniálás, 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 szerszámpályák, 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 mérés technika automatizálásával a mérés emberi beavatkozás nélkül, akár felügyelet nélkül is végezhető ill. végeztethető, csak a mérés tervezés 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.

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 mérés technikai 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. Részei: a furatos alaplapok és rúd alakú 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) sajtolás kori (helyszíni) átvételi gyors-ellenőrzésére. Költségtakarékossági okokból koordináta mérőgépes mérések készülékeként is használják, esetleg kiegészítve.

Részei (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. beállító (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.

19. Irodalomjegyzék

1. A minőségügy nemzetközi értelmező szótára. Budapest, 2003. EOQ MNB.
2. Mérésügyi Közlemények. 7. Különszám. Budapest, 2002. január 1. Innovapress Bt.
3. 1991. évi XLV. Törvény a mérésügyről. Mérésügyi közlemények XXXIII. Évf. 1. szám, 1992 január, p: 5 – 9.
4. 127/1991. (X.9) Korm. Rendelet
5. Dr. Harmath József szerk.: Mérési gyakorlatok. Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 2005.
6. Dr. Szilágyi László: Gépipari hosszmerések. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
7. Dr. Szilágyi László: Gépipari méretellenőrzés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
8. Dr. Palásti Kovács Béla: Gépalkatrészek minősége. Tervezés, gyártás, minősítés. BMF BGK, Tanfolyami jegyzet, Budapest, 2001
9. Halász Gábor – Huba Antal: Műszaki mérések. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2003.
10. Gépkönyv, 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.
14. Istók Zsuzsanna: Finommechanikai készülékek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2005.
15. Dr. Balogh Albert – Földes Tamás: A minőségügy nemzetközi értelmező szótára, EOQ MNB, Budapest, 2005.
16. Mitutoyo műszerkatalógus.
17. Fuchs Rudolf: Metrológiai konfirmálás, NFSZI, Budapest, 2007.

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.