



Pogonyi István

Mérési alapfogalmak és alapszámítások, hosszmérések

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

A követelménymodul száma: 0225-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-012-22



MÉRÉSI ALAPFOGALMAK ÉS ALAPSZÁMÍTÁSOK, HOSSZMÉRÉSEK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A mérés a természet jelenségeiről való ismeretek megszerzésének egyik alapvető módszere. A mérés tervszerűen végrehajtott gyakorlati tevékenységek összessége, amelyekkel valamely fizikai, kémiai, csillagászati, statisztikai, stb. mennyiség nagyságának, arányának, stb. jellemzésére alkalmas. A mérésre vonatkozó ismeretek összességét metrológiának nevezzük. A mérés technika a metrológiának a mérés gyakorlati megvalósításával foglalkozó része.

Ön a gyakorlati tevékenysége során:

- különböző alkatrészek gyártását,
- egymáshoz csatlakozó gépelemek beállítását,
- szerkezetek, berendezések összeszerelését, vagy
- javítását végzi.

Munkájának hatékony és minőségi végrehajtásához a gyártási, javítási műveletek végrehajtása előtt, menet közben és befejezése után is, azaz a technológiai folyamat során végre kell hajtania valamilyen geometriai méretellenőrzési műveletet. A szakmai gyakorlatban gyakran előfordul, hogy egy legyártott munkadarabbal kapcsolatban meg kell határozni, hogy az megfelel-e az előírásoknak, megfelel-e az előírt méreteknél. Erre sok esetben igen egyszerű mérőeszközök is megfelelnek, mint például a tolómérő vagy az ipari szögmérő. Más mérési gyakorlatok során ezeknél jobb felbontású műszerekkel is alkalmaznia kell, mert igényesebb mérési feladatok megoldásához ezen egyszerű, ipari eszközök már nem elegendőek.

Az egyszerű, üzemi hossz mérő eszközök használatának megismerése alapvető fontosságú az alkatrészek minősítése során. Ezen alapvető mérőeszközök és a mérési eljárások megismerése különösen fontos a leendő gépész szakemberek számára.

Mindezek mellett tisztába kell lennie azokkal a mérés technikai alapfogalmakkal, előírásokkal és törvényszerűségeikkel, melyek megalapozzák a mérési műveleteket.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

ELLENŐRZÉS– ÉS MÉRÉSTECHNIKA

A technológiai folyamatok az automatika egyre gyorsuló fejlődéséből, bonyolultságából következően a mérés és az ellenőrzés is egyre nagyobb jelentőségű. A termelés, szerelés, javítás, karbantartás, stb. során elkerülhetetlen a gyártási folyamatok minden fázisának ellenőrzése:

- a nyersanyag-előkészítést,
- a szerszám-előkészítést,
- az eszköz -előkészítést,
- a technológiai előkészítést,
- és a végterméket is mérni, ellenőrizni kell.

Természetesen egy-egy termék különböző technológiák eredménye, amelyeket különböző szakemberek alkalmaznak a gyártás során. A folyamatos munkavégzés folyamatos mérést és ellenőrzést igényel, amelyeket a különböző munkafázisokban kell elvégezni. A gyártás valamennyi fázisára kiterjesztett mérést, ill. ellenőrzést műszaki mérésnek nevezzük.

MÉRÉSTECHNIKAI ALAPFOGALMAK:

A mérési tevékenység részletes tárgyalása előtt néhány alapfogalmat tisztázni kell a mérés, a mérési hibák, az ellenőrző- és mérőeszközök, valamint a mérőműszerek területéről.

Az ellenőrzés annak a megállapítása, hogy a vizsgált anyag, munkadarab valamely jellemzője megfelel-e az előírt jellemzőknek.

Számszerű eredményt nem kapunk, csak azt, hogy a munkadarab alakja vagy mérete megfelel-e a rajzon előírtnak, vagy sem. Az ellenőrzéshez olyan eszközöket használunk, amelyekkel összehasonlíthatjuk a tárgy alakját vagy méretét. Ezek az ellenőrző eszközök vagy idomszerek.

Ellenőrzés pl. a munkadarab méret- vagy alakhűsége.

A mérés összehasonlító tevékenység, melyek során a vizsgált anyag, munkadarab valamely mérendő fizikai jellemzőjét valamilyen – erre alkalmas, általában szabványosított – fizikai alapmennyiséggel hasonlítják össze, hogy megkapják a mérőszámot.

Például: hosszúságnál 1 méterrel, tömegnél 1 kilogrammal, hőmérsékletnél 1 °C-kal vagy 1 K-nel, időnél 1 másodperccel vagy órával, stb.

1. A mért mennyiség:

A mérés során a mért mennyiséget jellemző számérték meghatározása a célunk. Ehhez előzetesen rögzítenünk kell a számérték kifejezéséhez alapul vett mértékegységet. Az SI mértékegységrendszer használata 1980 óta kötelező hazánkban

A mérést mérőeszközökkel végezzük. A mérőeszközök a mértékek (pl. méterrúd, idomszerek) és a mérőműszerek (pl. ampermérő). Mindegyik eszközről a mérés során a mért mennyiség számértékét valamilyen módon le tudjuk olvasni. A számérték és a mértékegység szorzata adja a mért mennyiséget: A mérési módot az alkalmazott mérőeszköz konstrukciós kialakítása határozza meg. Ez azt jelenti, hogy ugyanazon munkadarab ugyanazon méretét többféleképpen meg lehet határozni.

Mértékegység: a mérendő mennyiség meghatározását szolgáló egységül választott mennyiség

Mennyiség = mérőszám * mértékegység.

A mérés során azt állapítjuk meg, hogy a mérendő mennyiség hányszorosa a mértékegységnek.

- Azt, hogy hányszor nagyobb a mérendő az egységnél a mérőszám mutatja meg.
- Azt, hogy milyen jellegű mennyiséget hasonlítunk össze, a mértékegység fejezi ki.
- A mérőszám és a mértékegység között a szorzásjelet nem tesszük ki.

Mérőszám: mérendő mennyiség/mértékegység, megmutatja, hogy az egységül választott mértékegység a mért mennyiségben hányszor van meg

Mért érték: a mérendő mennyiségnek méréssel meghatározott értéke. Mért értéknek tekintjük a sorozatmérés eredményét. Mért értéknek tekintjük a sorozatmérés empirikus értékét.

Mérési eredmény: egy vagy több mért értékből számítással meghatározott mennyiség. Általában közvetett mérésnél fordul elő.

2. Mérési módszerek:

Mérési módszer: azoknak az elveknek az összessége, melynek segítségével a mérés elvégezhető.

A mérendő mennyiséghez tartozó számérték meghatározásának módja szerint lehet:

- **Analóg mérési módszer:** A mérendő mennyiségekhez folytonosan változó mennyiségeket rendelünk hozzá (pl. egy mutató szögelfordulása). Teljes szigorúsággal ez csak ideális esetben teljesül.

- **Digitális mérési módszer:** A módszer a mérendő mennyiségekhez egymástól adott lépésmértékekkel különböző mennyiségeket rendel (pl. egy számkijelző által mutatott számérték).

Az analóg ill. a digitális mérési módra a súlymérés területéről vegyünk egy példát. A hagyományos háztartási személymérlegeken (ez lényegében rugós mérleg) egy folytonosan elforduló tárcsáról olvashatjuk le a súlyt jellemző számértéket, analóg mérési módról van szó. A patikamérleg digitális mérési módot valósít meg, a lépésmértéket a kiegyensúlyozáshoz használt súlysorozat legkisebb súlyú tagja szabja meg.

Az alkalmazott mérőeszköztől függően a következő mérési módokat ismerjük:

- **Közvetlen mérés:** Az ismeretlen méretet úgy mérjük meg közvetlenül, hogy melléhelyezzük (ráhelyezzük) a mérőeszközt és a mérendő méretet összehasonlítjuk a mérőeszközön lévő osztások számával. Ennél a mérésnél tehát a mérési eredmény – a mérőszám – közvetlenül leolvasható.
- **Közvetett mérés:** nem a keresett mennyiséget mérjük (pl: meneteknél nem középmértéket, hanem azzal arányos mennyiséget mérünk és a keresett mennyiséget számításokkal határozzuk meg)

Az egyszerre mért elemek száma szerint:

- **Elemenkénti (differenciált) mérés:** pont pár ill. két pont közötti távolságot mérünk. Méretpontosság meghatározására alkalmas.
- **Különbségmérés:** Az ismeretlen méretet úgy állapítjuk meg, hogy ismert méretű mintával –etalonnal– hasonlítjuk össze. A mérőeszközt beállítjuk az etalonnal meghatározott méretre, majd a mérőeszközzel a meghatározandó méret és az etalon közötti különbséget mérjük. Ezt a különbséget hozzáadjuk az etalon méretéhez – vagy levonjuk abból– így állapítjuk meg közvetve a keresett méretet. Mivel ezt a mérési módot a különbség vagy az eltérés mérése jellemzi, így különbség vagy eltérmérésnek is nevezzük.
- **Összetett mérés:** Az összetett mérés egyszerű mérések sorozatából áll, melyeket különböző mérőeszközökkel, –műszerekkel, ill. –berendezésekkel, különböző körülmények között végzünk el. Az adatok között valamilyen matematikai összefüggés áll fenn, melyet a kiértékelés során az elemi mérési eredményekből határozzuk meg.

Mérhetünk a gyártás után vagy a gyártás alatt. Ebből a szempontból tehát megkülönböztetünk:

- **Passzív mérés:** Ha a munkadarabok méreteit a gyártás után, tehát akkor mérjük meg, mikor azok a gyártási folyamatból már kikerültek, akkor a mérés passzív. Ezzel a mérési móddal csak észlelni tudjuk a méreteket, de befolyásolni nem. A gépiparban a mérések többsége passzív.

- **Aktív mérés:** Ennél a mérésnél a mérőeszköz mintegy tartozéka a szerszámgépnek, a dolgozó megmunkálás közben –közvetve– leolvassa a munkadarab méretét és a megfelelő méret elérésekor a gépet, leállítja. Az aktív mérés fejlettebb formája az, mikor a munkadarab megmunkálás közbeni mérete, visszatáplálva a szerszámgépbe, azt vezérli és a készméret elérésekor, leállítja. Aktív mérést általában befejező, simító műveleteknél alkalmaznak

A mérési feladatok megoldásához szükséges eszközök alapján a következő különbségeket tehetjük:

- **Ellenőrző eszközön** az elkészült munkadarab alakjának vagy meghatározott méretének megfeleltetésére szolgáló, de számszerű eredményt nem adó eszközt értünk. Ilyenek például a síkfelületek ellenőrzésére való élvonalzók, a merőlegességet ellenőrző derékszögek a különféle méretek gyors ellenőrzését lehetővé tevő idomszerek.
- **Mérőműszereken** általában olyan –műszerelemekből felépülő– szerkezeteket értünk, amelyekkel valamilyen mennyiséget mérünk és a mérendő jellemző mérőszáma meghatározható Ilyenek pl. a mérlegek, mérőórák, a mikroszkópok.

Mérőműszer: olyan mérőeszköz, amellyel méréskor a mérési eljárás okozta hibával meghatározzuk a mérőszámot vagy annak kiszámításához szükséges mérési eredményt, de nem tartozik a mértékek fogalmkörébe.

- **Mérőeszközökkel** győződhetünk meg arról, hogy a készítendő (elkészített) munkadarab méretei megfelelnek-e az előírásoknak. A mérés eredményét mindig számokban kifejezve kapjuk meg. Ilyen eszközök pl. a tolómérők, a szögmérők, a mikrométerek.

Mértékek: olyan mérőeszköz, amely egyetlen méretet testesít meg. Pl: mérőhasáb, ezek 0,001 mm pontosságúak.

Etalon: letétbe helyezett és megfelelően őrzött minta, amely egy vagy több mennyiség meghatározott értékét maradandóan megőrzi.

3. A mérési pontosság

A mérési hibák tárgyalása előtt ismerkedjünk meg a mérési pontosság fogalmával. A mérési pontosság a tényleges méret és a mért méret közötti különbség. Nyilvánvalóan más pontosságot kívánunk a méréstől, ha egy szerszámgépágy hosszát kell meghatározni vagy egy gépkocsi főtengelyének átmérőjét, kell megmérni. Az első esetben megelégszünk $\pm 5\text{mm}$ -es mérési pontossággal, az utóbbi esetben esetleg $\pm 0,002\text{mm}$ -es mérési pontossághoz kell ragaszkodnunk.

A mérési pontosság tehát nem egy általánosan meghatározható érték, azt esetenként kell eldönteni. A mérési pontosság eldöntésénél mindig figyelembe kell venni a rajzi előírásokat.

A mérési pontosság egyértelműen azt is eldönti milyen mérőeszközzel – pontosabban milyen mérési pontosságú mérőeszközzel – kell mérni. A mérőeszköz mérési pontosságának nagyobbak kell lennie a kívánt mérési pontosságnál. A mérőeszköz leolvasási pontosságát általában a legkisebb osztás értéke határozza meg.

A mérés nem öncélú tevékenység. Pontosán körülhatárolt feladata van a gyártási folyamatban, költségei a gyártmányt terhelik. A mérési pontosságot mindig a követelményeknek megfelelően kell megállapítani. A nem elég pontos méréssel nem lehet a kívánt pontosságot megállapítani. A túlzottan pontos mérés viszont fölöslegesen drágítja a terméket.

Mérési eljárás végrehajtásakor a **mérő személy** meghatározott **mérési módszerrel** méri a **munkadarabot**, és ehhez **mérőeszközöket** használ.

A mérő személy: a vele szemben támasztott alapvető követelmény a megfelelő szakmai felkészültség és a lelkiismeretesség. A mérő személyre csak olyan mérési feladatot szabad bízni, aminek elvégzéséhez megfelelő szakmai felkészültséggel rendelkezik.

A munkadarab: mérés előtt a munkadarabot kritikus szemmel, gondosan meg kell vizsgálni, szemrevételezni. Meg kell tisztítani a sorját és az esetleges hegesztési maradékokat el kell távolítani, tehát a munkadarabot a méréshez elő kell készíteni. Ennek elmulasztása hibás mérést okozhat.

A mérőeszköz: megállapítjuk, hogy a mérőeszköz megfelelő állapotban van-e. Meg kell vizsgálni, hogy a mérőfelületek és a bázisfelületek nem sérültek-e. Ha a mérőeszköz mozgást végez, meg kell vizsgálni, hogy az akadálymentesen mozog-e. Mérés után a mérőeszközt rendeltetésszerű helyére kell visszatenni. Mindig csak annyi mérőeszközt vegyünk elő, amennyivel dolgozunk. Hibás mérőeszközzel ne mérjünk, mert kiselejtezése soha nem okoz akkora kárt, mint a vele való hibás mérés. Ha e feltételeket nem tartjuk be, durva mérési hibákat követünk el.

Mérési eljárásaink a mérendő mennyiség valódi értékétől többé-kevésbé eltérnek, minden mérésnek van hibája. A pontosabb mérési módszer általában költségesebb, de több információt is ad a vizsgált jelenségről. Lényegében a szükséges információtartalom megszabja a mérés pontossági igényét, ezt meghaladó pontosságra való törekvés felesleges költség- és munkatöbbletet jelent. A mérés során nemcsak a mért mennyiség számértékét kell meghatároznunk, hanem sok esetben elemeznünk kell a kíváncsú és a választott mérési módszerrel elérhető pontosságot.

A méréskor megkívánt pontosságot jogszabályok, hatósági előírások, megrendelői előírások, gyártási technológiai utasítások rögzíthetik, különösen olyan esetekben, amikor a nem megfelelő pontosságú mérés biztonságtechnikai, élet- és vagonvédelmi következményekkel járhat, vagy pénzügyi elszámolásban hozhat létre elfogadhatatlan körülményeket.

A megfelelő pontosságú méréshez elsősorban alkalmasan megválasztott mérőeszközre van szükségünk, de ezen felül a mérési módszer és a mérés végrehajtásának körülményei is befolyásolják a mérési pontosságot. A méréssel beavatkoztunk a vizsgált folyamatba, hibás mérési módszerrel dolgozva a folyamat jelentős változását idézhetjük elő, ami mérési hibát is okoz.

4. Mérési hibák

Az előbbieken felsorolt feltételek betartása ellenére is adódnak mérési hibák.

A hibák csoportosítása:

- rendszeres hibák,
- véletlen hibák,
- durva hibák.

A hiba időbeli lefolyásuk szerint lehet:

- statikus hiba – időtől független hiba,
- dinamikus hiba – a hiba mértéke függ aérés kezdete óta eltelt időtől.

Rendszeres hibák:

Rendszeres hibák azok a hibák,

- melyek a mérés megismétlésénél változatlan értékkel és előjellel fellépnek,
- melyeknek hatását előre figyelembe lehet venni,
- melyek nagysága elméleti vizsgálattal, más méréssel összevetve meghatározható.

Rendszeres hibák kiküszöbölése, korrigálása:

- módszerbeli változtatással,
- értéküket számítani lehet, számítással korrigálni, műszerek fogyasztásának figyelembevételével,
- kalibrálással.

A hiba kiszámított értéke a korrekció.

Rendszeres hibák:

- *Hőmérséklet.* A fémek a hőmérsékletváltozás hatására változtatják térfogatukat, tehát méretüket. Az ebből származó bizonytalanság kiküszöbölésére a világ országai megállapodtak, hogy a rajzon megadott méretek 20°C -ra vonatkoznak és a mérőeszközöket is ugyanezen a hőmérsékleten hitelesítik. Tehát méréskor a munkadarabnak és a mérőeszköznek is ezen a hőmérsékleten kell lenni.

- *Mérőnyomás.* A mérőfelületek bizonyos nyomással csatlakoznak a mérendő felületre. Ez a -mérőeszköz kialakításától függő- mérőnyomás. Mivel mind a munkadarab, mint a mérőeszköz lényegében rugalmas anyagból készül, a mérőnyomás hatására rugalmas alakváltozás lép fel. E deformáció értékét megközelítőleg számolni is lehet, de hatását általában úgy küszöbölik ki, hogy a mérőeszközök azonos mérőnyomással mérnek és ezzel a mérőnyomással hitelesítik őket. Nulla mérőnyomással mérnek a különbözőoptikai és elektromos elven működő mérőeszközök.
- *Zérus hiba.* Kopott mérőfelületek, a mutató vagy a skála eltolódása előidézhetik, hogy a mérőfelületeket nullára állítva, a skála nullától eltérő értéket mutat. A zérus hiba értékét figyelembe lehet venni, esetleges uránállítással ki lehet küszöbölni.
- *Kalibrálási hiba.* Általában bonyolultabb műszereknél előforduló hitelesítési -vagy beállítási- hiba. Értékét a mérési eredmény kiszámításakor figyelembe lehet venni, esetleg a műszer elemeinek megfelelő beszabályozásával ki lehet küszöbölni.
- *Variációs hiba.* Akkor beszélünk variációs hibáról, ha ugyanazzal a mérőeszközzel ugyanazt a méretet többször mérve, különböző méreteket kapunk. A hiba oka a műszer működése közben fellépő változó belső súrlódás. Több mérés átlagát kiszámolva lehet a hibát mérésakor figyelembe venni.
- *Irányváltási hiba.* Elsősorban fogaskerék-fogasléc vagy menet közbeiktatásával mérő eszközök -így elsősorban a mérőórák, mérőórás tolómérők- jellemző hibája. Abban nyilvánul meg, hogy más értéket mérünk, ha a mérőeszköz tapintója mérés közben felfelé, illetve lefelé mozdul el. A hiba kiküszöbölhető, ha úgy mérünk, hogy a tapintó mindig ugyanabban az irányban mozdul el.

A véletlen hibák:

A véletlen hibák azok a hibák, melyek:

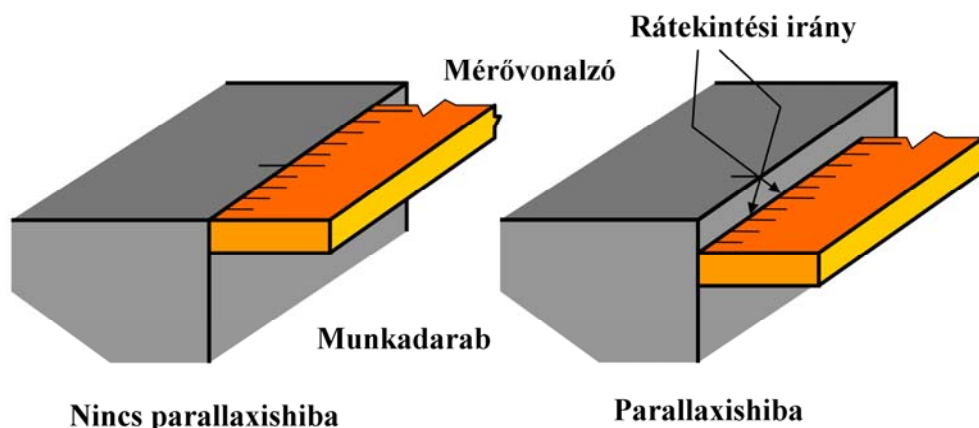
- a mérés során véletlenül jelennek meg,
- a mérési sorozatok szórását eredményezik,
- forrása zaj, interferencia, nemlinearitás.

Véletlen hiba:

- A jól képzett, lelkiismeretes mérő személy is követhet el mérési hibákat nem megfelelő idegállapota, fáradtsága, stb. miatt.
- Mérési hibát okozhatnak rezgések, hirtelen légköri változások, stb.

Ezek az esetleges hibák, mert megjelenésük időpontja, időtartama, és értékük bizonytalan. Pontos mérésekben hatásukat úgy lehet kiküszöbölni, hogy minden méretet többször megmérünk és ezekből, az értékekből valamilyen módon átlagértéket számolunk.

- leolvasási vagy parallaxis hiba:



1. ábra. Leolvasási vagy parallaxis hiba

A mérő személy egyik leggyakrabban elkövetett hibája a leolvasási vagy parallaxis hiba. Általában mutatós eszközöknél fordul elő, ha a mutató és a skála nem egy síkban helyezkedik el. A hiba akkor jelenik meg, ha nem merőlegesen nézünk a műszerre. A hiba értékét nem számítással vesszük figyelembe, hanem igyekszünk azt megszüntetni. A hibát csökkenti a vékony mutató és a mutató mögé helyezett tükör alkalmazása. Ezek után merőleges ránézéssel a hiba gyakorlatilag megszüntethető.

A véletlen hiba oka lehet:

- Tökéletlenségek a vizsgált tárgyon, munkadarabon (pl. szennyeződés)
- Mérőeszköz pontatlansága (pl. kopás, elhasználódás, játék, skála osztáshibája)
- Felfekvési hiba, a mérőeszköz helytelen felfekvése
- Túl nagy mérési erő
- A munkadarab, ill. a mérési felület kedvezőtlen elhelyezkedése
- A munkadarab, ill. felületének deformációja
- A munkadarab felmelegedik és kitágul a forgácsolási hő, fűtés, vagy a kéz melege következtében

Durva hibák:

- a mérést végző dolgozó által elkövetett, helytelenül végrehajtott mérésből adódó hiba,
- erős környezeti hatás okozta hiba,
- nem megengedett,
- forrása – rossz mérési elv, mérés elvi hibája, pontatlanság,
- a mérés során vagy kiértékeléskor a durva hiba általában felfedezhető, és a hibaforrással együtt a durva hiba is megszüntethető (meg KELL szüntetni!).

5. Mértékegységek:

Magyarországon 1980-ban vezették be törvényes mértékegységként az SI nemzetközi mértékegységrendszert. Az SI (Système International = nemzetközi rendszer)

- hét alapmennyiségből, és
- két kiegészítő mennyiségből, ill. mértékegységből, és
- az ezekből származtatott mennyiségekből és egységekből áll.

A gépipari mérés technikában elsősorban hosszúságot, szöget, tömeget, erőt, nyomást mérünk, illetve hozzá kapcsolódóan a villamos elem áramerősséget, szültséget és ellenállást.

A *hosszúság* használatos mértékegységei a következők:

- 1 km = 1000 m
- 1 m = 100 cm
- 1 m = 10 dm
- 1 cm = 10 mm
- 1 mm = 1000 μm (mikrométer)

A *tömeg* használatos mértékegységei a következők:

- 1 t = 1000 kg
- 1 kg = 1000 g
- 1 kg = 100 dkg
- 1 g = 1000 mg

Az *idő* használatos mértékegységei a következők:

- h - (óra) min - (perc) s - (másodperc)
- 1 nap = 24 h = 1440 min = 86 400 s
- 1 h = 60 min = 3600 s
- 1 min = 60 s

A *hőmérséklet* használatos mértékegységei a következők:

Egységének neve: Kelvin, Jele: K

Megengedett mértékegység: Celsius – fok

- Jele: $^{\circ}\text{C}$
- 1 K hőmérsékletváltozás = 1 $^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletváltozással
- A kelvin skála 273 K értéke = egybeesik a Celsius skála 0 $^{\circ}\text{C}$ értékével

Terület

- Jelölése: A
- Mértékegysége: 1 m^2

Térfogat

- Jelölése: V

- Mértékegysége: 1 m^3

Erő

- Jelölése: F
- Egységének neve: Newton
- Jele: N

Nyomás

- Jelölése: p
- Egységének neve: Pascal
- Jele: Pa

Feszültség:

- Jele : U
- mértékegysége : V (Volt)

Áramerősség:

- Jele : I
- Mértékegysége : A (Amper)

Ellenállás:

- Jele : R
- Mértékegysége: Ω (Ohm)

6. A mérőeszközök

A gépészetben használatos mérőeszközöket többféle szempont szerint lehet csoportosítani.

A mérőfelület szerint:

- merev,
- állítható.

A mérési pontosság szerint:

- egyszerű,
- nagy pontosságú.

A kijelzés módja szerint:

- analóg (vagy mutatós),
- digitális.

Szerkezeti kialakítás szerint:

- egyszerű osztásos eszközök (pl. hosszmérők, tolómérők, szögmérők),
- mikrométeres szerkezetűek (csavarelven működők),
- fogaskerekekkel, szögemelőkkel működők (pl. mérőórák),
- optikai mérőeszközök (pl. optikai hosszmérőgépek),
- pneumatikus mérőkészülékek,
- villamos mérőkészülékek.

A pontos mérés feltételei:

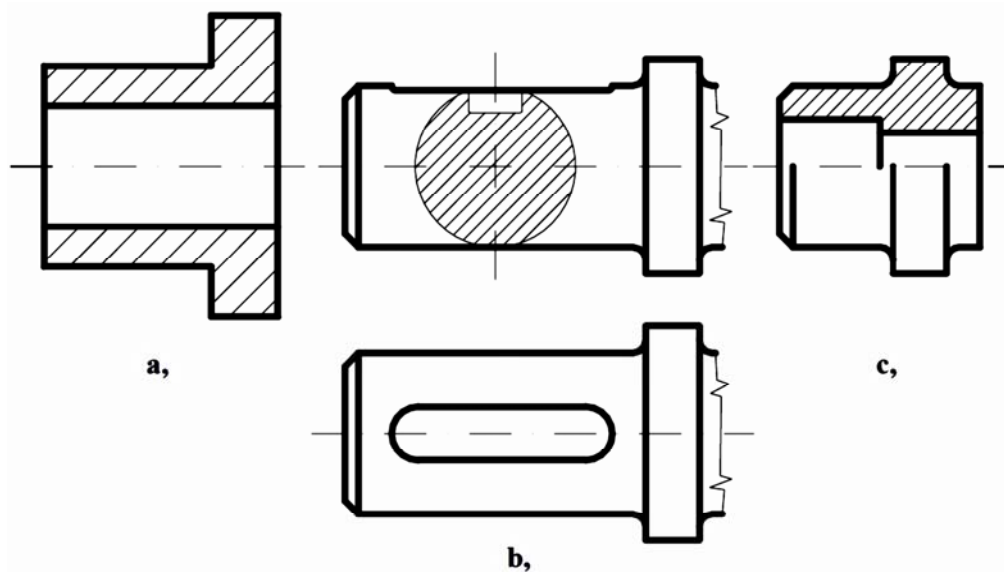
- a mérési feladathoz illeszkedő, megfelelő (hitelesített) mérő, il. ellenőrzőeszköz megválasztása,
- a mérőfelületek, leolvasó skálák, kijelzők sérülésmentesek legyenek,
- a mérőfelületek pontosan illeszkedjenek a mérendő felületre,
- a mérési sík merőleges legyen a munkadarab tengelyvonalára,
- a mérési hőmérséklet lehetőség szerint 20 °C körül legyen,
- megfelelő mérőerő használata,
- a mérő és ellenőrzőeszközök tisztántartása.

7. Alkatrészek méreteinek megadása

A műszaki rajzon ábrázolt vetületek és metszetek megmutatják az alkatrész geometriai alakját, a nézeteit azonban nem jelenítik meg.

Az elemek belső kialakítása metszeteken mutatható be, amelyek úgy tüntetik fel a belső teret, mintha síkkal metszették volna el az elemet, és a metsző sík előtti részt eltávolították. Azt a részt, ahol a metszősík anyagon megy át, bevonalkázzák (2. ábra).

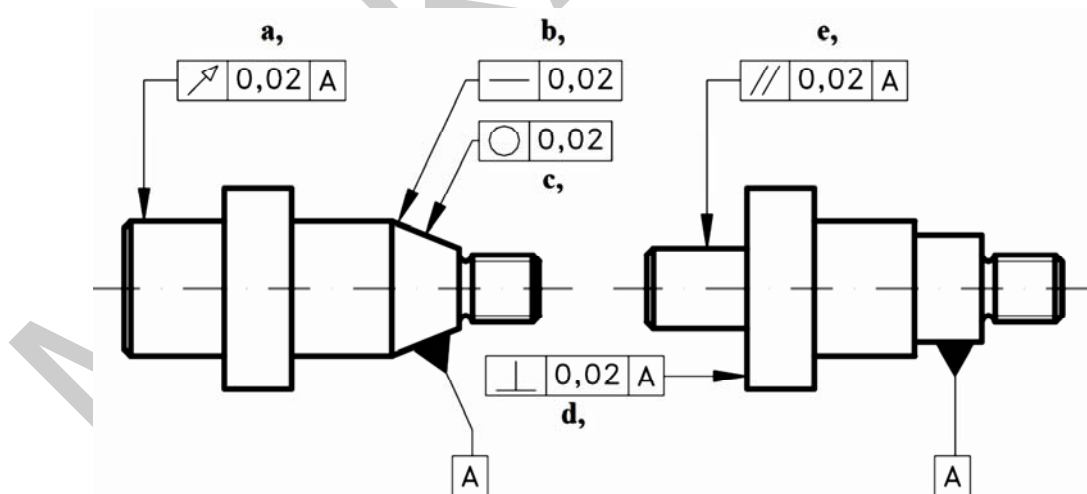
A csak a metszősíkban levő tárgy rész szelvényen ábrázolható, amely nem tünteti fel a metszősík mögötti részeket. A metszősíkot és a megrajzolt metszetet általában nagybetűvel megjelölik. A teljes metszet mellett használnak részmetseteket (félmetszet, kitörés), összetett (lépcsős) metszeteket, és beforgatott szelvényeket is.



2. ábra. Metszeti ábrázolás

- a – peremes persely teljes metszetben
- b – hornyos tengelycsap (ábrázolás beforgatott szelvénnel)
- c – foglalat fél-nézet, fél-metszetben

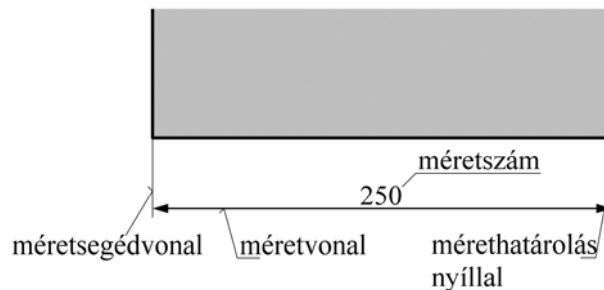
A terméket alkotó elemek egymáshoz csatlakoztatása gyakran az egyszerű geometriai formákon különleges alakzatok kialakítását (pl. lelapolás, menet, bordázat, fogazat) teszi szükségessé, amelyek megjelenítésére a szabvány egyszerűsített ábrázolási szabályokat ír elő.



3. ábra. Különleges alakzatok egyszerűsített ábrázolása

- a – lelapolás
- b – menet
- c – bordás tengely
- d, e – fogazat ábrázolása

Különösen hasznos az egyszerűsített ábrázolás az összeállítási rajzon, ahol az alkatrészeket összeszerelt állapotban tüntetik fel.



4. ábra. Különleges alakzatok egyszerűsített ábrázolása összeállítási rajzon

- a – csavarkötés
- b – bordástengely kötés
- c – kapcsolódó fogaskerek ábrázolása

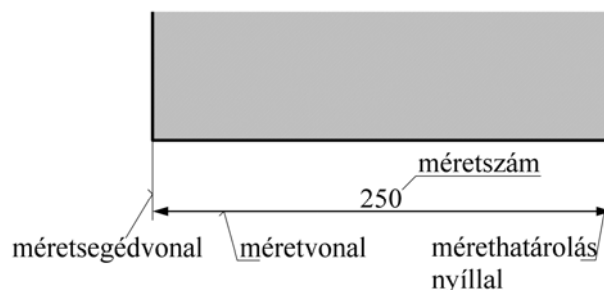
Igaz ugyan, hogy a méretarány ismeretében, egy vonalzó segítségével ezek levehetőek lennének, mégsem ezt a pontatlan megoldást alkalmazzuk. Helyette az alkatrész rajzát mérethálózattal látjuk el, amely megmutatja a gyártáshoz és ellenőrzéshez szükséges összes nézetet.

A mérethálózat segítségével olyan információkat is megadhatunk (pl. a tűrés nagyságát), ami a vonalzóval való mérés esetén lehetetlen lenne.

A méretmegadást az 5. ábrán látható elemek segítségével valósíthatjuk meg.

A méretmegadás elemei a következők:

Az alkatrészek méreteit a műszaki rajzon a méretvonalakra írt (mm-ben feltüntetett) méretszámokkal adják meg. A méretvonalakat kontúrvonalak, középvonalak, szimmetria vonalak méret segédvonalak határolhatják, és a végükön nyilak helyezkednek el.

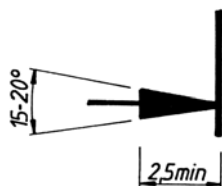


5. ábra. A méretmegadás elemei

Méretsegédvonal: vékony, folytonos vonal, mely az alkatrész kontúrjait hosszabbítja meg. Legfeljebb 2–3 mm-rel nyúlik túl a méretvonalon.

Méretvonal: a jelölt nézettel párhuzamosan húzott vékony, folytonos vonal, mely a kontúrtól kb. 10 mm-re, a vele párhuzamos másik méretvonaltól pedig kb. 7 mm-re helyezkedik el.

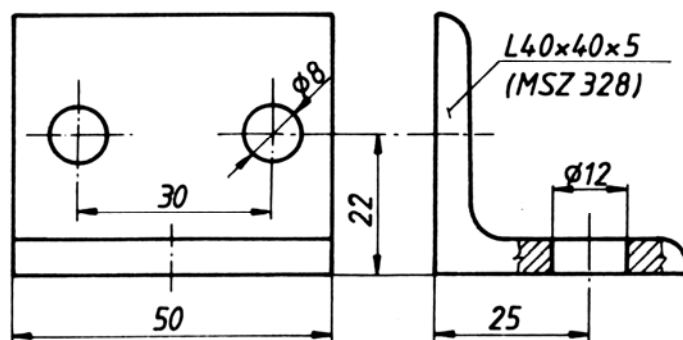
Méretnyíl: a méretvonal két végére rajzolt, minimum 2,5 mm hosszúságú, 15–20°-os kúposágú, zárt nyíl. A méret határait jelöli.



6. ábra. Méretnyíl

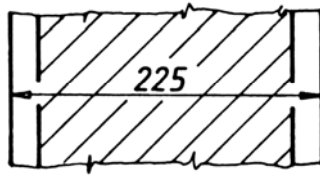
Méretszám: a méretvonal fölé 0,5–1,5 mm-re leírt információ. A jelölt méret nagyságát mutatja mm-ben, esetleg jelzi a tűrés értékét is. A mértékegységet sohasem tüntetjük fel a méretszám után.

A méretszámot a rajzon úgy kell elhelyezni, hogy a rajzlap aljáról vagy jobb oldaláról nézve legyen olvasható.



7. ábra Méretszámok elhelyezése

A méretszámot és a méretnyílat más vonal nem keresztezheti. Ha ez mégis előfordulna, a keresztező vonalat a méretszám és a méretnyíl helyén meg kell szakítani.



8. ábra. Keresztező vonal megszakítás a méretnyíl helyén

Nagyon kicsiny méreteknél a méretnyíl pont vagy 45°-os ferdeségű, vékony vonal helyettesítheti.

Ha a méretszám a méretvonal fölött nem adható meg, helyére ún. mutatóvonalat rajzolunk, és a méretszámot ennek végén adjuk meg.

8. Mérethálózatok

A mérethálózat valamely alkatrész rajzon megadott méreteinek összessége. A mérethálózatnak tükröznie kell az alkatrész egyes felületeinek feladatát és fontosságát a működés szempontjából.

A mérethálózat felépítése, a méretmegadás sohasem öletszerű. Mindig legyen összhangban a gyártási, szerelési folyamattal, tükrözze a megmunkálás menetét.

A rajzon az alkatrész valamennyi méretét meg kell adni. Egy méretet csak egyszer szabad megadni. Többszörös megadásnál a „felesleges” méretszámot zárójelbe kell tenni. Egy felületem, pl. furat méreteit lehetőleg egy vetületi képen, egy csoportban helyezzük el.

Az alkatrész valamennyi méretvonala alkotja a mérethálózatot, amelyet célszerű egy bázis felületre felépíteni (működési, gyártási vagy ellenőrzési bázis). Csak olyan méretet szabad előírni, amely ellenőrizhető. A méretek megadása lehetőleg úgy történjen, hogy a gyártás során azokat fel kell venni, fel kell mérni.

Méretláncok fajtái a tagok elhelyezkedése szerint:

- a sík méretláncban a tagok egy vagy több párhuzamos síkban fekszenek,
- a térbeli méretláncban a tagok lehetnek lineárisak, vagy nem párhuzamosak, de egymással nem párhuzamos síkokban fekszenek,
- a szög-méretláncban a tagok szögméretek és a szögek szárai közös csúcsban találkoznak.

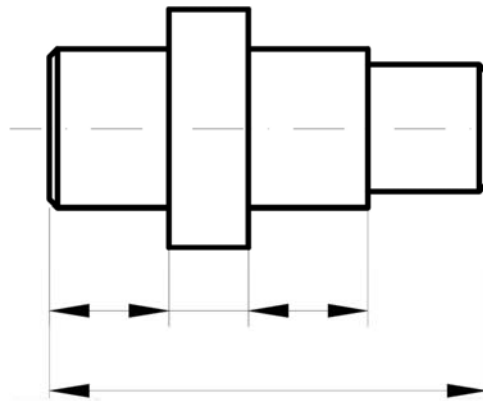
Méretek megadása történhet:

- soros, láncszerű méretmegadással,
- párhuzamos, bázistól induló méretmegadással,
- kombinált méretmegadással,
- méretmegadás koordinátákkal.

Soros, láncszerű méretmegadáással

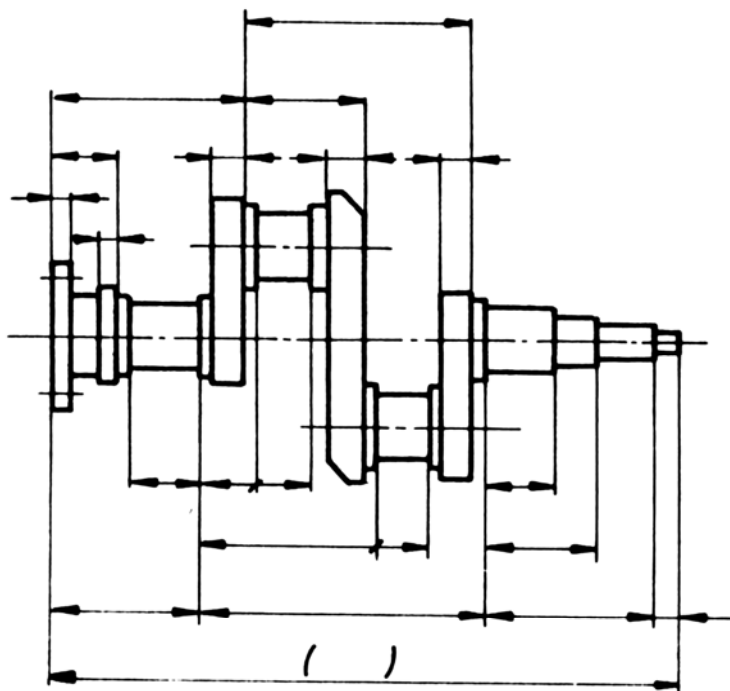
A soros méretlánc zárt körvonal mentén meghatározott sorrendben elhelyezett méretek összessége, amely egy vagy több alkatrész felületeinek, közepeinek stb. kölcsönös helyzetét határozza meg.

A vizsgálat szempontjából minden méretlánc teljesen zárt. A méretlánc létrehozásakor (méretezéskor rajzon, megmunkáláskor) utolsóként adódó tag a záró tag, vagy eredő méret, a többi tag összevető. A záró tagot a méretlánc vizsgálatakor úgy különböztetjük meg, hogy alsó indexbe egy Δ betűt írunk.



9. ábra. Soros méretlánc

A méreteket megadhatjuk soros méretlánc segítségével. Ilyenkor az egyes felületelemek helyét egymáshoz viszonyítva jelöljük meg. Például a munkadarab szélétől az első furat 20 mm-re van, a második furat az elsőől 45 mm-re stb. Erre láthatunk példát a forgattyús tengely 10. sz. ábrán bemutatott rajzán.



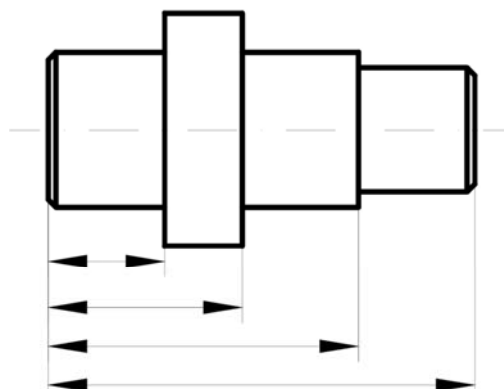
10. ábra. Forgattyús tengely méreteinek megadása soros méretlánc segítségével

Méreteket láncszerűen csak ott lehet megadni, ahol a tűrések lehetséges összeadódása nem ütközik az alkatrész funkcionális követelményeivel, nem eredményezi az alkatrész működésképtelenségét.

Soros méretlánc helyett célszerűbb párhuzamos méretmegadást kialakítani, mert soros mértláncnál az egyes méretek hibái összeadódnak, és nagy(obb) lehet az eredő méret eltérése.

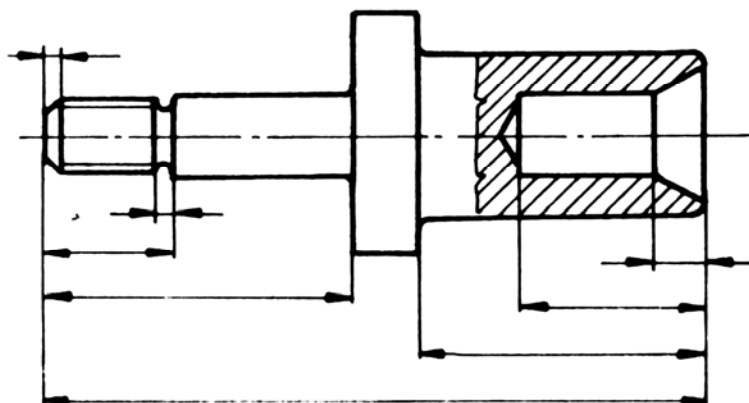
Párhuzamos, bázistól induló méretmegadás

A másik lehetőség, hogy a méreteket az alkatrész végétől (bázisfelülettől) adjuk meg, lépcsőzetesen. Ezt másként párhuzamos (lépcsős) méretmegadásnak nevezzük.



11. ábra. Párhuzamos méretmegadás

Ez a méretezési mód ott alkalmazható, ahol az azonos irányú méretek közös alaptól (bázistól) indulnak.



12. ábra. Lépcsőstengely méreteinek megadása soros méretmegadás segítségével

Bázisnak nevezzük a munkadarabokon (alkatrészeken) található olyan felületet, vonalat vagy pontot, amelyekhez viszonyítva meghatározhatjuk más felületek, vonalak vagy pontok helyzetét. A bázisok lehetnek:

- szerkesztési,
- technológiai,
- szerelési bázisok.

Szerkesztési bázisok: az a felület, egyenes vagy pont, amelytől az alkatrész más felületének, egyenesének vagy pontjának helyzetét a műhelyrajzokon határozzuk meg. Célszerű, ha a bázisválasztásnál a gyártási lehetőségeket is figyelembe vesszük és olyan szerkesztési bázisokat, választanak, amelyek később a gyártás során technológiai bázisok is lehetnek.

Technológiai bázisok: azok a felületek, vonalak vagy pontok, amelyeket a munkadarabok gyártásakor valamilyen célra (pl. felfektetésre, ütköztetésre, irányításra) felhasználunk, vagyis a gyártáshoz szükségesek.

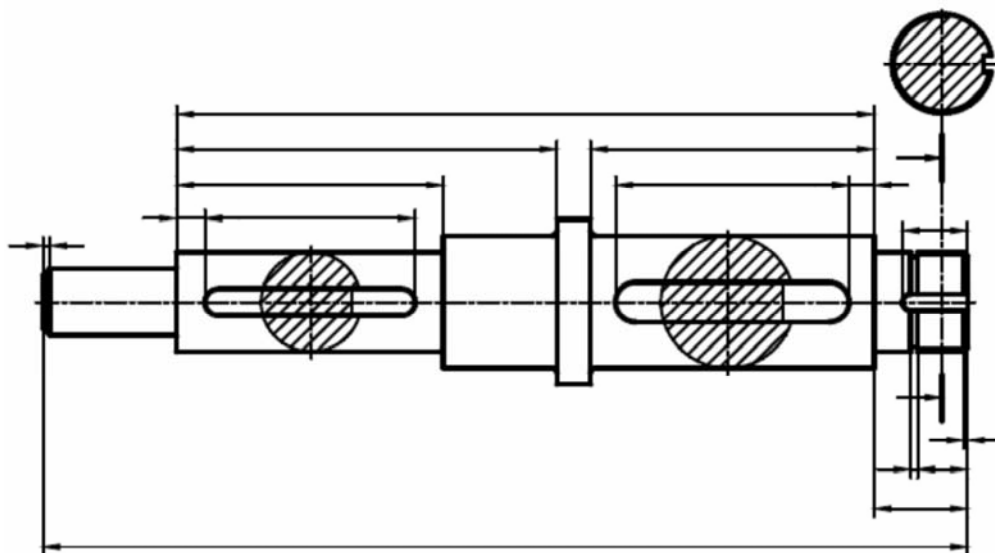
Mérési bázisok: az a felület, vonal vagy pont, amelyhez viszonyítva megmérjük a megmunkált felület helyzetét. A mérési bázis legtöbb esetben egybeesik a kiindulási bázissal, de attól el is térhet.

A bázisállandóság elve: Mindenképpen törekedni kell arra, hogy az egymás után következő műveletek felfogási bázisai (báziscsoportjai) ugyanazon felületek legyenek.

A bázisazonosság elve: a szerkesztési bázis és a technológiai bázis (kiindulási, felfogási, mérési) egy-egy műveleten belül azonos felületek legyenek.

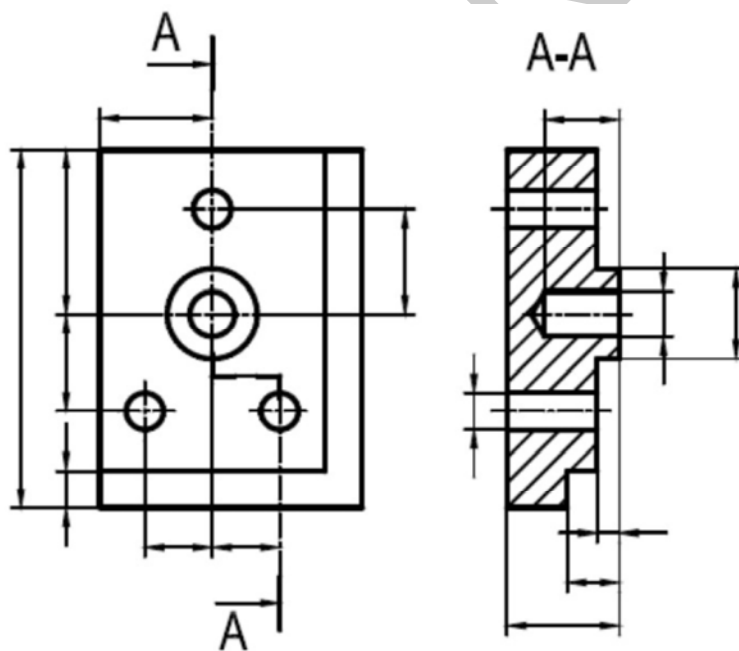
A méretmegadás bázisvonala lehet:

- a működés szempontjából fontos méret határvonala,



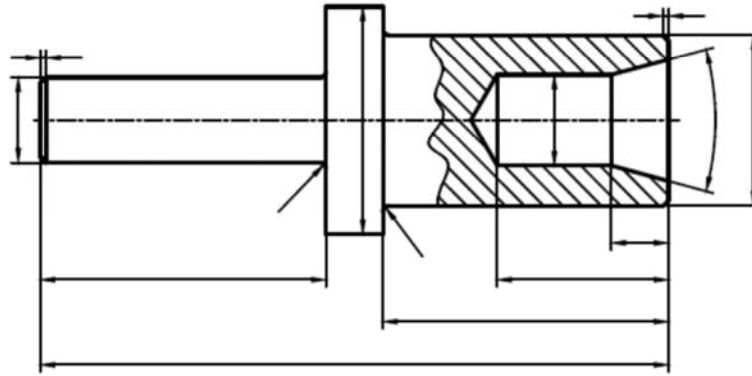
13. ábra. Méretmegadás fontos méret határvonaltól

- a működés szempontjából fontos szimmetriatengely,



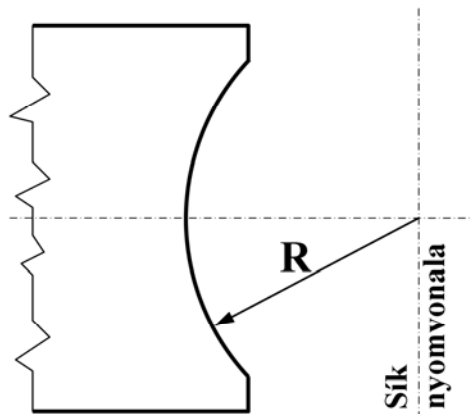
14. ábra. Méretmegadás szimmetriatengelytől

- a főméret valamelyik határoló vonala,



15. ábra. Méretmegadás a főméret valamelyik határoló vonalától

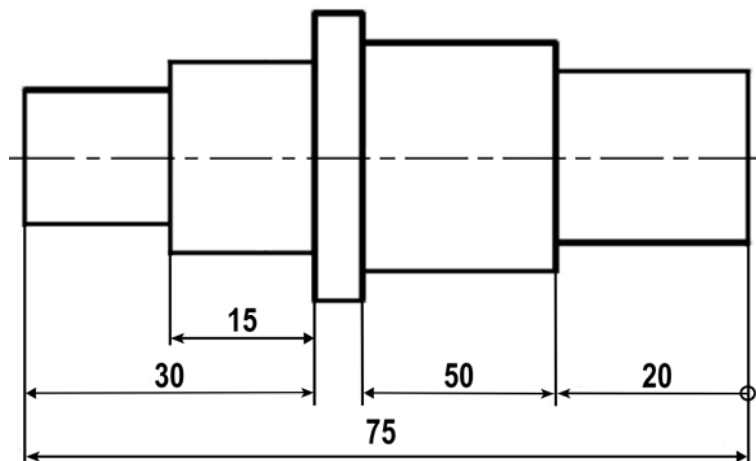
- egy adott távolságra levő sík nyomvonala



16. ábra. Méretmegadás egy adott távolságra levő sík nyomvonalától

Kombinált méretmegadás

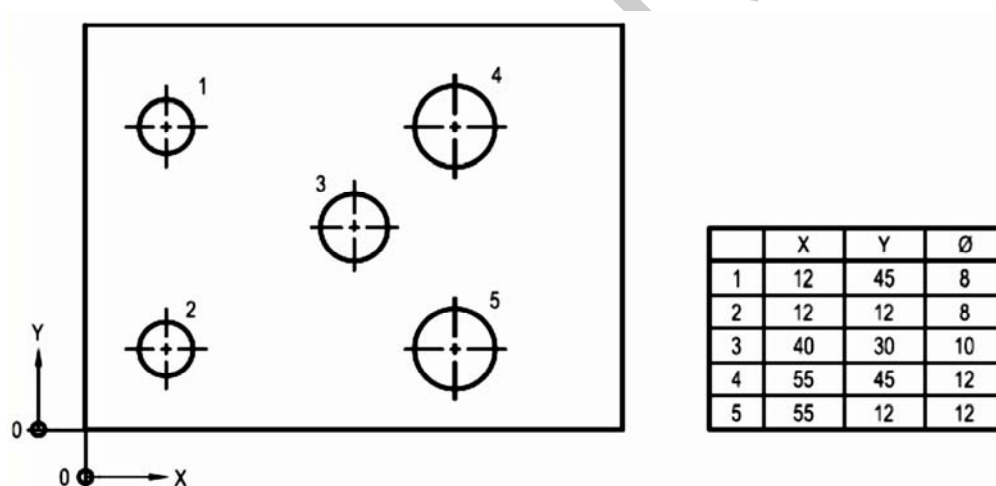
Az alkatrészek mérethálózatának kialakításakor törekedni kell a méretek áttekinthető elrendezésére. Ezért ha szükséges, a méretek egyenkénti megadásával való méretmegadást, a láncszerű méretmegadást és az összevont (közös pontból induló) méretmegadást kombinálni lehet a rajzon.



17. ábra. Kombinált méretmegadás

Méretmegadás koordinátákkal

A két irányban összevont méretezés helyett a méreteket koordinátákkal is megadhatjuk. Ilyenkor a méreteket összesítő táblázatba foglaljuk.



18. ábra. Méretmegadás koordinátákkal

9. Méretlánc számítások

A zárótag névleges mérete = az összetevők névleges méretének algebrai összege:

$$L_{\Delta} = (L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_k) - (L_{k+1} + L_{k+2} + L_{k+3} + \dots + L_{n-1})$$

$L_1; L_2; \dots; L_k$ – növelő tagok

$L_{k+1}; L_{k+2}; \dots; L_{n-1}$ – csökkentő tagok

Növelő tag: növelésekor a zárótag is nő.

Csökkentő tag: növelésekor a zárótag is csökken

A zárótag legnagyobb mérete:

$$L_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^k L_{\text{nov},i}^{\max} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{\text{csokk},i}^{\min}$$

A zárótag legkisebb mérete:

$$L_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^k L_{\text{nov},i}^{\min} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{\text{csokk},i}^{\max}$$

A zárótag hibája:

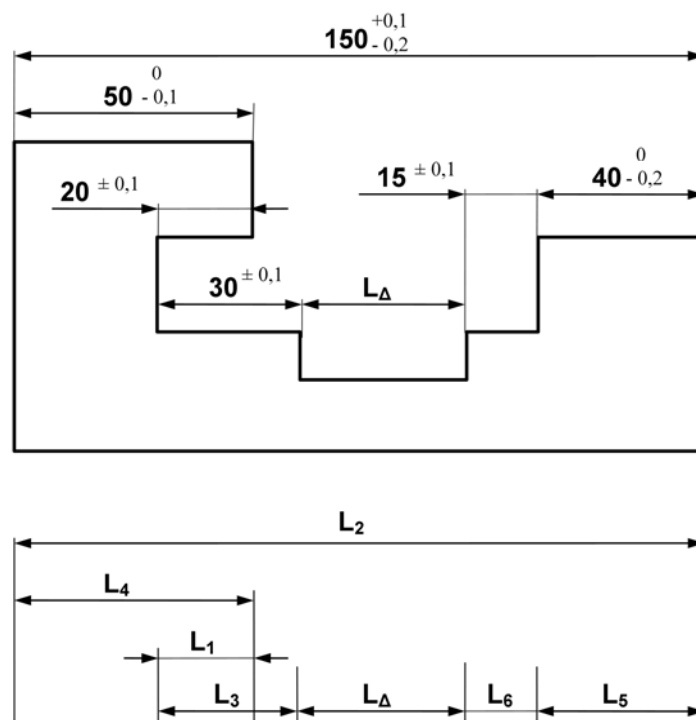
$$\delta_{L_{\Delta}} = L_{\Delta}^{\max} - L_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^{n-1} L_i^{\max} - \sum_{i=1}^{n-1} L_i^{\min} = \sum_{i=1}^{n-1} (L_i^{\max} - L_i^{\min}) = \sum_{i=1}^{n-1} T_i = \nu_{\Delta}$$

Azaz a zárótag szóródása = az összetevő tagok tűrésének összegével.

Ebből következik, hogy a zárótag hibája is nő a lánc tagjainak számával.

A T_i tűréseket arra a legnagyobb értékre kell megválasztani, amellyel az alkatrész a feladatát még megfelelően ellátja, a gyártási költség alacsonyan tartása céljából.

Mintapélda méretlánc számításra:



19. ábra. Méretmegadás koordinátákkal

Kérdés $L_{\Delta}=?$ $\delta_{L_{\Delta}}=?$

Növelő tagok: L1, L2

Csökkentő tagok: L3, L4, L5, L6

$$L_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^k L_{\text{nov},i}^{\max} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{\text{csokk},i}^{\min} = 20,1 + 150,1 - (29,9 + 49,9 + 39,8 + 14,9) = 35,7 \text{ mm}$$

$$L_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^k L_{\text{nov},i}^{\min} - \sum_{i=k+1}^{n-1} L_{\text{csokk},i}^{\max} = 19,9 + 149,8 - (30,1 + 50 + 40 + 15,1) = 34,5 \text{ mm}$$

$$\delta_{L_{\Delta}} = L_{\Delta}^{\max} - L_{\Delta}^{\min} = 35,7 - 34,5 = 1,2 \text{ mm}$$

$$\nu_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} T_i = 0,2 + 0,3 + 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,2 = 1,2 \text{ mm}$$

A zárótág szóródása egyenlő az összetevők tűrésének összegével ($\delta_{L_{\Delta}} = \nu_{\Delta}$)

ALKATRÉSZEK ELTÉRÉSEI

Egy alkatrész soha sem készíthető el tökéletes pontossággal, hanem mindig eltér az elképzelt ideális kialakításától. Az eltérések lehetnek:

- méreteltérések,

- hossz méret eltérés, a tűrés megadható:
 - Jelölés nélkül
 - Számértékkel előírva vagy
 - ISO tűrésjelekkel
- Szög méret eltérés
 - alakeltérések,
 - helyzethibák
 - felülethibák

Az eltérések befolyásolják a gépszerkezet működőképességét, ezért a hibák nagyságát korlátozni kell. A gyártási dokumentációban elő kell írni a megengedett hibákat a működés szempontjából fontos felületekre. A hibák korlátozása azonban jelentős felelősséggel jár, mert jelentős mértékben befolyásolja az elkészítendő elem előállítási költségeit. Minél kisebb a megengedett hiba, annál pontosabb gyártástechnológiát és költségesebb gyártóeszközöket kell használni. Ezért minden esetben gondosan mérlegeljék a megengedett eltéréseket, és csak indokolt esetekben szabad azokat szűk határok közé szorítani.

1. Méretek szórása

A gyártás során elkészült alkatrészeket közvetlenül, valamelyik gyártmányba beépítve, vagy cserealkatrészként használják fel. Az elkészült gyártmányok méretei mindig eltérnek a műszaki dokumentációban megadott névleges (ideális) mérettől. Ezért lényeges, hogy az alkatrész geometriai méreteit tartalmazó műhelyrajzon megadott méretlánc soros vagy párhuzamos.

Teljes cserélhetőség esetében a szerelést az azonos megjelölésű alkatrészek bármelyikével el lehet végezni, vagyis a méretlánc egyes tagjaira olyan tűrést írunk elő, hogy azok minden válogatás, külön illesztés vagy beszabályozás nélkül minden esetben biztosítják a zárótag előírt pontosságát. Ebben az esetben a zárótag tűrését az egyes összetevők tűrése között lehet felosztani, és az így megállapított tűréseket az alkatrészek gyártásakor kell biztosítani.

A teljes cserélhetőség módszere akkor gazdaságos, ha a tagok száma nagy, a megkövetelt pontosság kicsi, vagy ha a tagok száma kicsi és a megkövetelt pontosság nagy, mivel az összetevő tagok tűréseinek csökkenése növeli a megmunkálási költségeket és a selejt-veszélyt.

A teljes cserélhetőség módszerét gazdaságosan alkalmazzák a tömeggyártás területén, a hadiiparban, a repülőgépgyártásban, az autó-iparban, a műszergyártásban, és a szerszámgépgyártásban.

Az alkatrészek tűrésének szigorítása növeli az önköltséget. Ezért a pontossággal szemben támasztott követelményeket csak olyan mértékig szabad fokozni, amennyire azt a kívánt szerelési pontosság szükségessé teszi.

A méretek vizsgálatánál két esetet különíthetünk el:

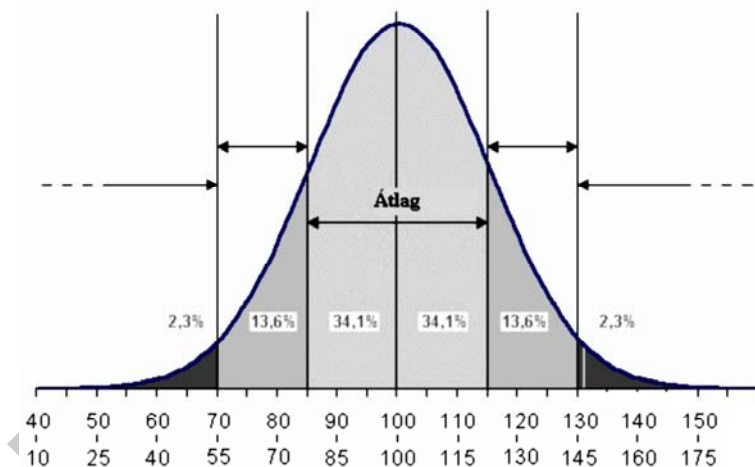
- egyedi alkatrész méreteinek vizsgálata
- egymáshoz csatlakozó alkatrészek láncméretének vizsgálata

Egyedi alkatrész méreteinek vizsgálata:

A gyártás során mindig valamilyen nagyságú hibával tudjuk legyártani az alkatrészt. Ennek oka például a szerszám gép pontatlansága (pl. irányváltási hiba), beállási pontatlanság (emberi tényező) vagy éppen a szerszámok kopása.

A gyakorlat azt mutatja, hogy nem mindig szükséges a teljes cserélhetőséghez szükséges szigorú tűréseket előírni, mert a gyártási műveleteknél mindenki törekszik arra, hogy az alkatrész adott méretét a névleges méretre készítse el.

Ha kellően nagyszámú mérést végzünk egy alkatrész sorozat méreteit vizsgálva, akkor azt tapasztaljuk, hogy a mért méretek a névleges méret körül szóródnak. Ha a méreteltéréseket és az eltérésekhez tartozó darabszámokat diagramban ábrázoljuk, akkor a függvény a normál eloszlás Gauss-görbéjét formálja.



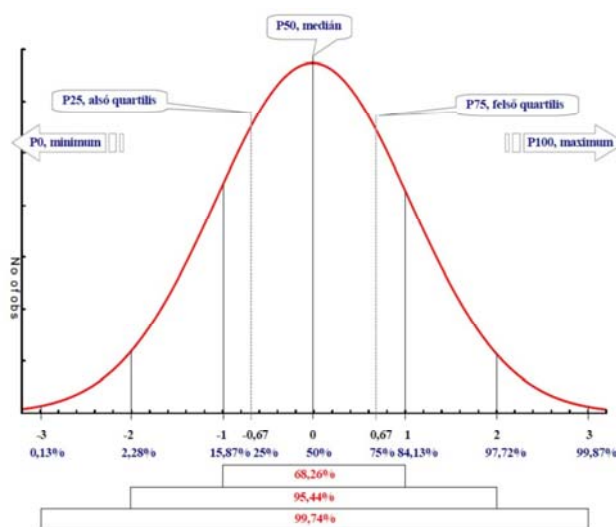
20. ábra. A normál eloszlás Gauss görbéje

Gyakoriság-eloszlásról (röviden eloszlás) beszélünk, amikor megadjuk egy sokaság elemeinek gyakoriságát valamilyen paraméter szerint. Az eloszlások lehetnek diszkrét és folytonosak. A normáeloszlás (más néven Gauss-eloszlás) folytonos eloszlás, mivel az x bármilyen értéket felvehet. A gyakorlatban általában akkor fordul elő normális eloszlás, ha sok, egymástól független tényező hatása összegződik, azaz ha a körülmények (technológia, alapanyag, dolgozó, eszközök stb.) azonosak, paramétereik állandóak, akkor az ellenőrzés során a névleges értéktől eltérő érték csak a véletlennek köszönhető, tehát az adatok normál eloszlásúnak tekinthetők.

Egymáshoz csatlakozó alkatrészek láncméretének vizsgálata:

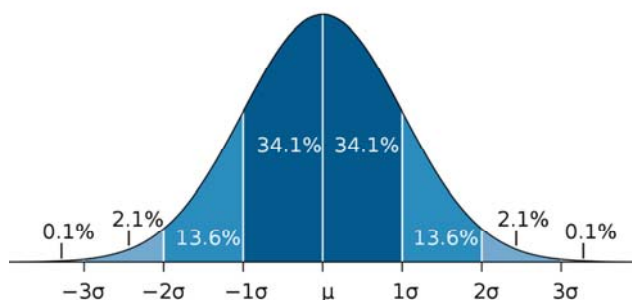
A szerelésteknológusok körében a méretláncok számításánál a teljes cserélhetőség esetére a legegyszerűbb módszerként az ún. maximum-minimumszámítás terjedt el.

Ez a számítás az összes méretlánc elem tűrésének számtani összegzésén alapul. Gyakorlatilag azonban az összes tűrésérték ilyen összegződésének valószínűsége csekély, ezért ezt a bekövetkezési lehetőséget kizárhatjuk. Ezzel szemben célszerű egy gyártási sorozat tapasztalatait felhasználni és azt megvizsgálni, hogy bizonyos előírt tűrésekkel gyártott alkatrészeken összeszerelve milyen eredő méretet adnak. Ha a statisztikai ellenőrzés módszereit alkalmazzák, amelynek során bizonyos számú munkadarab hosszmereteit ellenőrzik, majd az előfordulás gyakoriságát a méreteltérések függvényében ábrázolják, ebben az esetben is kiadódik a Gauss-görbe. A 21. ábrán látható Gauss-görbén a függvényértékek a névleges méretre szimmetrikusak.



21. ábra. Gauss görbe

A tapasztalat azt mutatja, hogy a munkadarabok méretszórása normális eloszlású, vagyis ha az A alkatrész alapmérete 100 mm és a megengedett tűrés $\pm 0,25$ mm, úgy a gyártott A alkatrészekből a Gauss-eloszlási törvény szerint 99,73% a $\pm 3\sigma$, összesen 6σ érték közé esik.

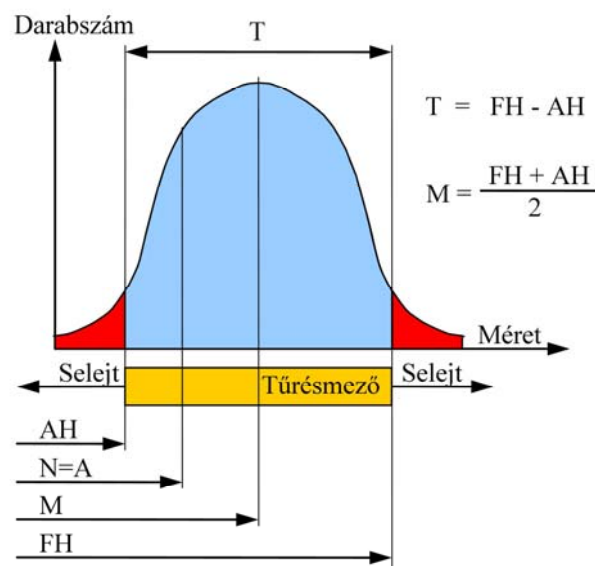


22. ábra. Gauss-eloszlási törvény

2. Tűrés alapfogalmai

Általában ez az eloszlás nem szimmetrikus. Az alkatrészek (méretei) nagy részénél nem engedhetjük meg a teljes szórásstartományt, ezért határokat kell kijelölnünk (terveznünk). A határok kijelölésének gyakorlati szempontjai vannak, ilyenek lehetnek például:

- milyen gépen gyártjuk le az alkatrészt,
- hova lesz beszerelve az alkatrészt,
- egyedi vagy sorozatgyártott alkatrész-e vagy,
- milyen alapanyagból készült.

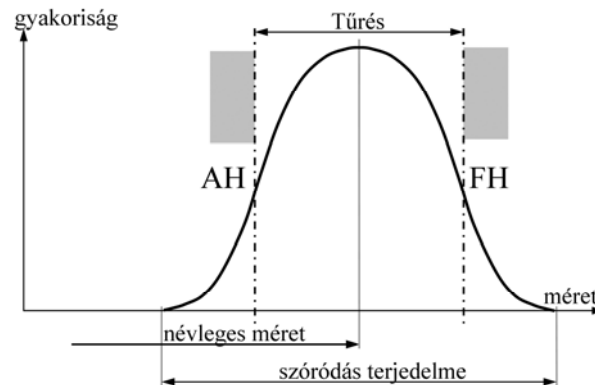


23. ábra. Névleges méret méretszóródása

A működés szempontjából fontos méretek megengedett eltéréseit a névleges mérethez viszonyítva adják meg. A névleges méretet célszerűen szabványos számsorból választják ki.

- **Névleges méret (N):** Névleges méretnek nevezzük a munkadarab nagyságrendjének jellemzésére szolgáló alpméretet, ez a műszaki rajzon minden esetben feltüntetésre kerül.
- **Alpméret (A):** A névleges méretet tekintjük alpméretnek, amelyre az eltérést vonatkoztatjuk
- **Tényleges méret (TM):** Gyártás során ezt a méretet valamilyen mértékben megközelítjük, így keletkezik a tényleges méret, amelyet korlátozni kell
- **Határméret:** Határméretnek nevezzük azt a két méretet, amelyek között a tényleges méretnek el kell helyezkednie
 - **Alsó határméret (AH):** A megengedett legkisebb méret az alsó határméret
 - **Felső határméret (FH):** A megengedett legnagyobb méret a felső határméret
 - **Közepes méret (M):** A felső határméret és az alsó határméret számtani átlaga. Megfelelő körülmények közt a méretek többségének a közepes méret körül kell mozogniuk

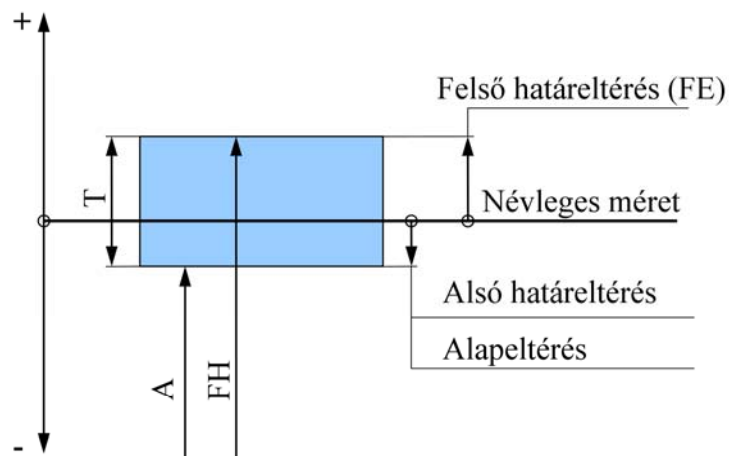
- **Tűrés (T):** A munkadarab névleges méretétől megengedett méreteltérése, a felső határméret és az alsó határméret közötti különbség



24. ábra. A tűrésmező alapfogalmainak értelmezése

- **Határeltérés:** Az N névleges méret és a határméret különbsége a határeltérés.
 - **Felső határeltérés (FE):** a felső határméret és a névleges méret közötti különbség $\rightarrow FE = FH - N$
 - **Alsó határeltérés (AE):** az alsó határméret és a névleges méret közötti különbség $\rightarrow AE = N - AH$.

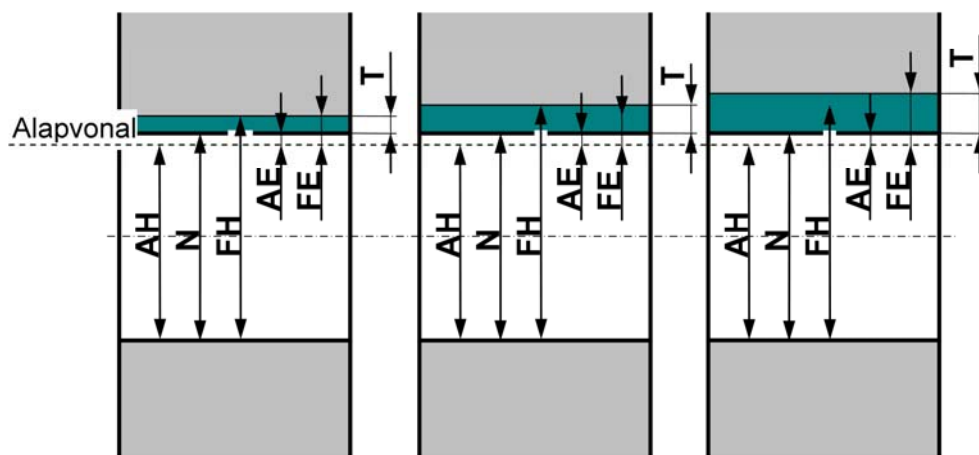
A tűrés kifejezhető a felső határeltérés és az alsó határeltérés különbségeként is. $T = FE - AE$



25. ábra. A tűrésmező alapfogalmainak értelmezése

A határeltéréseket közvetlenül a névleges méret után írjuk előjelüket feltüntetve. A 0 számértékű határeltérést is kiírjuk, természetesen előjel nélkül. A számok írásnagysága egy fokozattal kisebb legyen a névleges méretszám írásnagyságánál. (Számítógéppel készített rajzokon a határeltérések számjegyeinek írásnagysága a névleges mérettel azonos lehet.) A felső határeltérést kell az alsó fölé írni. Az azonos számértékű, de ellenkező előjelű határeltéréseket $\pm$ előjellel és egy számértékkel kell megadni. Ilyenkor a számjegy magassága az alaplánc számjegyével azonos.

- **Tűrésmező nagysága:** A gépelem adott felületére előírt tűrésmező függ a gyártási módtól, ill. az alkatrész felület működés közbeni betöltött funkciójától és a kapcsolódó alkatrészhez való viszonyától

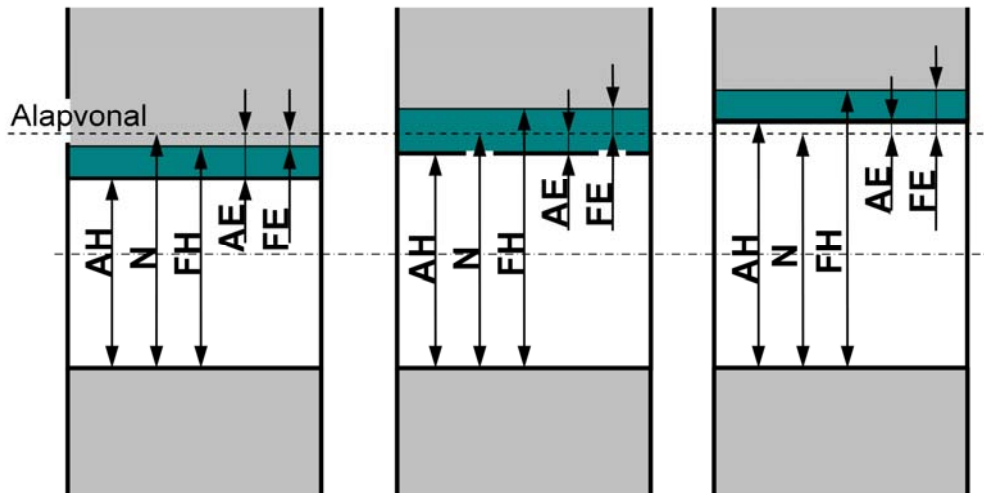


26. ábra. A tűrésmező nagysága

A tűrés nagyságát a működési követelmények határozzák meg. Az előírt tűrés ugyanakkor hatást gyakorol a gyártási költségekre: minél kisebb a tűrés, annál költségesebb az alkatrész előállítás, ezért indokolatlanul nem szabad a méreteltéréseket nagyon szűk korlátok közé szorítani. A tűrés nagysága sok esetben meghatározza a gyártástechnológiát is, hiszen nagyon szűk tűrések betartásához rendszerint pontos forgácsoló megmunkálásra (pl. finomfúrásra, köszörülésre, dörzscsiszolásra) van szükség.

Amennyiben a rajzon valamely méretre nem írtak elő tűrést, arra a tűrésezetlen méretek pontossága vonatkozik, amire szintén vonatkozik a szabvány. A rajzon a méretek tűrése a határeltérésekkel is előírható, de az alkatrészek cserélhetősége, egyszerűbb gyártása és ellenőrzése érdekében gyakran a tűréseket az ISO (International Organization for Standardization) előírásai szerint adják meg.

- **Tűrésmező helyzete:** Az alsó határméret (AH) és a felső határméret (FH) nem szükséges, hogy a névleges méret alatt és felett helyezkedjenek el.



27. ábra. A tűrésmező helyzete

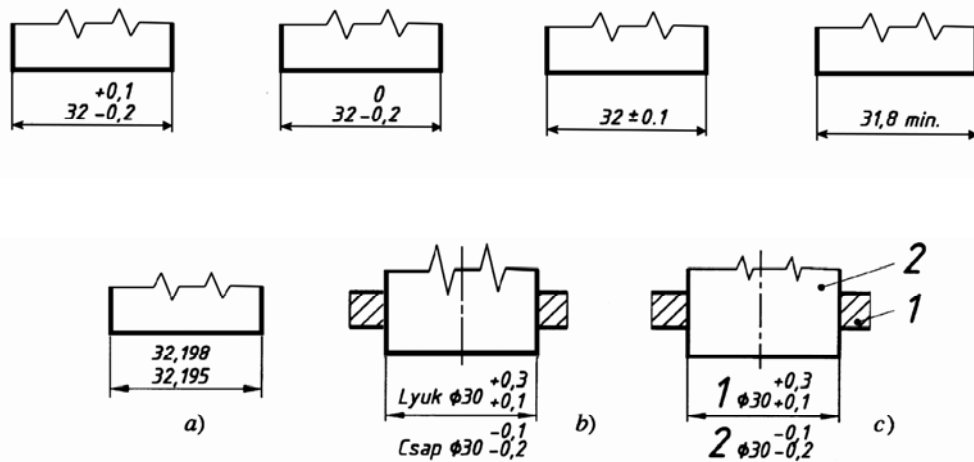
3. Hosszméret eltérések megadása

Jelöletlen hosszmérettűrések:

- Legtöbbször csak névleges méret van megadva;
- Alkatrész működése szempontjából kevésbé fontos;
- Tűrésezetlen méreteknek is nevezik (helytelenül);
- Lazább követelmények;
- Négy szabványos pontossági osztály, amelyet a rajzon fel kell tüntetni, pl. feliratmezőben
 - Finom
 - Közepes
 - Durva
 - Nagyon durva

Számértékkel megadott tűrések. Előírható:

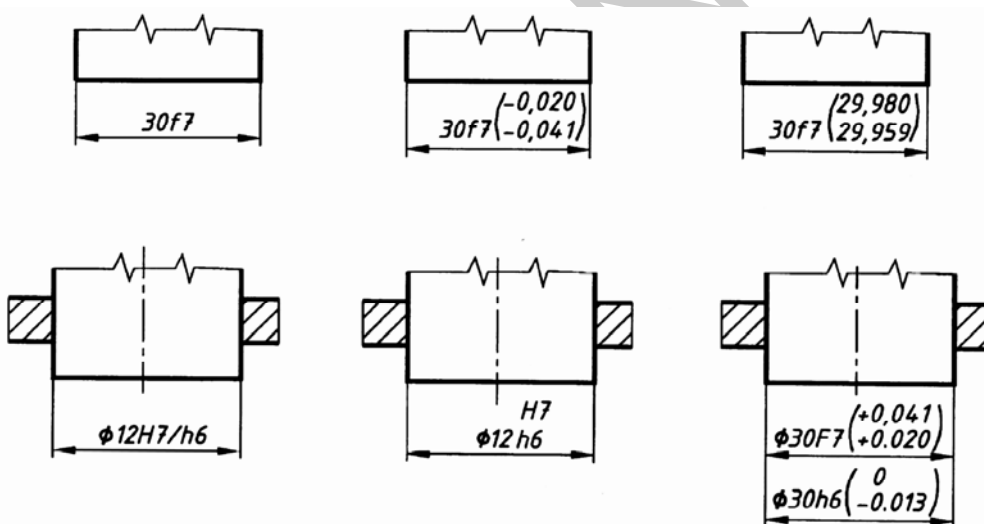
- Határeltérések számértékeivel a névleges méret mögött
- Határméret megadásával
- Méret egyirányú behatárolásával
- Egyberajzolt alkatrészekre vonatkozóan



28. ábra. Számértékkel megadott tűrések

ISO – tűrések alkalmazása

- Betű – szám kombinációból áll. (alapeltérés – IT fokozat)



29. ábra. ISO – tűrések alkalmazása

4. ISO tűrés és illesztési rendszer

Sorozatgyártásnál nincs kapacitás az alkatrészek összeválogatására, ráadásul a későbbi javításokat is nagyon megnehezítené. Továbbá az alkatrészgyártás mellett az alkatrésztervezés is világszinten folyik, így egyre kevésbé lehet egyéni rendszerekben dolgozni. Ha a szabványtól (szokásoktól) eltérünk, az megdrágítja az alkatrészek árát (pl. nem szabványos dörzsárak egyedi legyártatása...). Világviszonylatban a furatokra és a csapokra (hengeres felületekre) külön illesztési rendszer terjed el.

Eredetileg egy ellenőrző rendszert dolgoztak ki selejtelemzésre. Megállapították, hogy nem szükséges lineáris összefüggés a névleges nagyság és a tűrésmező között. Vagyis a nagyobb névleges méretű alkatrésznek arányaiban kisebb tűrésmező esetén is gazdaságosan legyárthatóak. Ezt a rendszert változtatás nélkül átvette az ISO (International Organization for Standardization – 1946-ban alakult) is, melynek Magyarország 1947. óta tagja.

Tűrésmező nagyságának számítása

Alap tűrésmező nagysága a következő képlettel számítható:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D \quad [\mu\text{m}], \text{ ahol:}$$

- i a tűrésegység
- D mm-ben helyettesítendő be

Nagyobb névleges méreteknél azonban egyszerűbben is számolhatunk, mert így sem követünk el nagyobb hibát.

Tűrésegység számítási módok a névleges méretek nagysága szerint:

- 1–500 mm-ig 13 méretcsoport: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$
- 500–3150 mm-ig 8 méretcsoport $i = 0,003 \cdot D + 2,5$
- 3150–10000 mm-ig 5 méretcsoport $i = 0,003 \cdot D + 2,5$

Összességében tehát 26 méretcsoportot alakítottak ki (pl. 1–3, 3–6...).

Minőségjel		01	0	1	2	3	4	5	6	7
Méret mm felett	-ig									
	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	3	8	11	18
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	23
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57
400	500	4	6	8	10	15	20	21	40	63
500	630	4,5	6	9	11	16	23	30	44	70
630	800	5	7	10	13	18	22	35	50	80
800	1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90

30. ábra. Méretek tűrés szélességei IT csoportok szerint

Minden csoportnak a jellemző D méretét a tűrésmező szélességét két szélső értékének mértani közepéből számíthatjuk (pl. $1-3 \rightarrow D=1,732 \text{ mm}$).

A tűrésmező nagyságok mérettől független jellemzésére bevezették a következő jelöléseket:

IT 1 .. IT 22 (International Tolerance), a számok csak tűrésmező nagyságára utal, de nem a konkrét értékére. Ezek az osztályok a legyárthatóság nehézségére utalnak, pl. IT10-es tűrések könnyen legyárthatóak, de az IT 5-ös osztály, már nagy odafigyelést és pontos gépet igényel.

IT csoportokat a következőképpen határozták meg:

- IT 1 - mérési hibák figyelembevételével állapították meg,
- IT 2..4 - minőségek geometriai lépcsőben helyezkednek el az IT 1 és IT 5 között,
- IT 5-től az alap tűrésmező nagyságát (i) szorozzák az ötös Renard sor (R5) megfelelő kerekített értékével, pl. IT-6-nál $10 \times i$.

A technológiák fejlődésével még két új (finomabb) IT csoport jött létre: IT 0, IT 01.

A gyakorlati életben az ötös Renard sor kerekített értékét használják:

$R_{51}=1, R_{52}=1,6, R_{53}=2,5, R_{54}=4, R_{55}=6, R_{56}=10, R_{57}=16, R_{58}=25, R_{59}=40, R_{510}=63, R_{511}=100, R_{512}=160 \dots$

Számítási példa:

Mekkora a tűrésmező nagysága egy $\varnothing 75 \text{ mm}$ -es furatnak, ha IT 7-es tűrésmező szélességet írtunk elő?

A 30. ábra alapján az $\varnothing 75 \text{ mm}$ -es méret $50 \dots 80 \text{ mm}$ -es tartományba tartozik, tehát:

$$D = \sqrt{D_{\min} \cdot D_{\max}} = \sqrt{50 \cdot 80} = 63,246 \text{ mm}$$

Az alap tűrésmező nagysága:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D = 0,45 \cdot \sqrt[3]{63,246} + 0,001 \cdot 63,246 = 1,856 \mu\text{m}$$

Az R5 sorozat 7. tagja: $R_{57}=16$

Tűrésmező: $T = 1,856 \times 16 = 29,696 = 30 \text{ mm}$

Tűrésmező helyzetének szabványos jelölései:

Az ISO nemzetközi szabvány egy betű és egy szám segítségével írja elő az adott méret határeltérését a névleges mérettől.

- IT (International Toleranz) rendszerben,

- A betű (a-tól z-ig) az alapeltérést, a szám (1-től 18-ig) a tűrésmező szélességét írja elő
- Kisbetű külső méretre (pl. tengelycsap átmérőre, hasáb szélességre) vonatkozik,
- nagybetű a belső méretre (pl. furat átmérőre, horony szélességre) vonatkozik
- Egyes esetekben ezektől eltérő betűvel és számmal jelzett tűrésmegadást is használnak.
- A méretek előírásakor alapul vett hőmérséklet 20°C;
- Jellemző felhasználási terület:
 - IT01 – IT05 mérőeszközök
 - IT5 – IT11 gépalkatrészek
 - IT11 – IT18 durva munkadarabok

Az ABC elejétől kezdve a betű előre haladásával a belső méret pozitív alapeltérése (a felső határeltérés) fokozatosan csökken, H-nál nulla, majd egyre nagyobb negatív szám lesz. A külső méretnél ezzel szemben a-nál az alapeltérés nagy negatív szám, ami az a-tól z felé haladva egyre kisebb lesz, h-nál nulla, majd onnan kezdve egyre növekvő pozitív szám.

Mind az alapeltérés, mind a tűrésmező szélessége függ a mérettől, egy-egy alapeltérés és tűrésmező szélesség érték csak bizonyos mérettartományban érvényes.

Például:

A 80 mm belső méret H11 tűrése, amit a szabvány szerint a következőképpen kell előírni:

$$80H11 = 80_0^{+0,190}$$

Ez azt jelenti, hogy:

- a méret (pl. a furat) alapeltérése 0,
- a tűrésmező szélessége 0,190 mm,
- a felső határmérete 80,190 mm,
- alsó határmérete 80,000 mm.

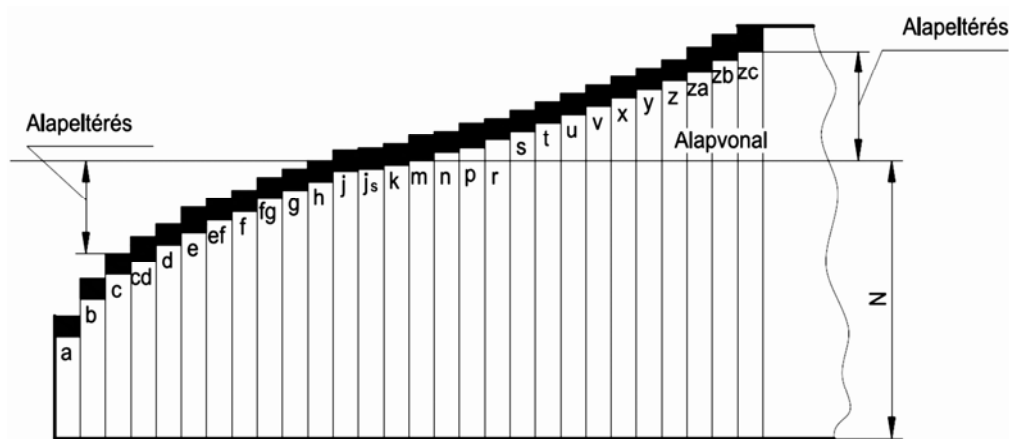
A 80 mm átmérőjű külső méret d9 tűrése

$$90d9 = 90_{-0,174}^{-0,100}$$

Ez azt jelenti, hogy:

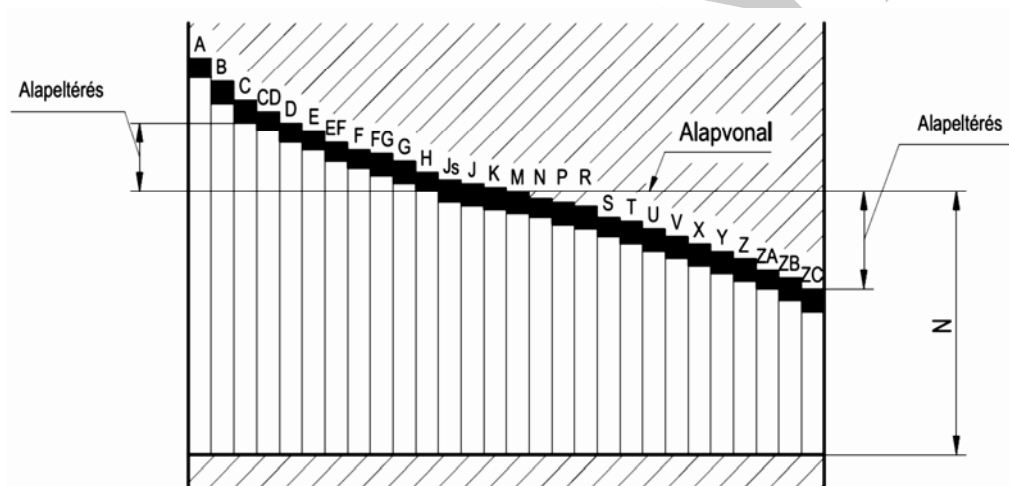
- a méret (pl. a csap) alapeltérése -0,100 mm,
- a tűrésmező szélessége 0,074 mm,
- felső határmérete 79,900 mm,
- alsó határmérete 79,826 mm.

Alaplyuk rendszer – ABC nagybetűivel



31. ábra. ISO – Alaplyuk rendszer

Alapcsap rendszer – ABC kisbetűivel



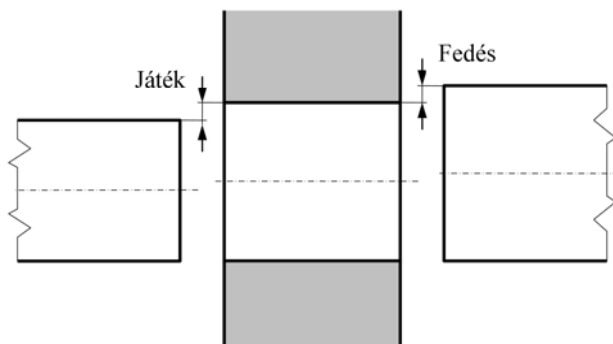
32. ábra. Alapcsap rendszer

Illesztés

A gépek, szerkezetek alkatrészekből állnak. Ezeket az alkatrészeket gyakran egymástól távol, más-más üzemben állítják elő. Ennek ellenére az így elkészített alkatrészeknek utánmunkálás és válogatás nélkül szerelhetőeknek kell lenniük. Ezt elsősorban a mérettűrésük megválasztása teszi lehetővé. Ha két alkatrészt legyártunk, akkor azok összeszereléskor valahogyan kapcsolódnak egymáshoz. A kapcsolódás az összeszerelés előtti tényleges méretektől függ.

Illesztésnek nevezzük a tényleges méretek különbségéből adódó:

- játékot, vagyis ha a furat tényleges mérete nagyobb a csap tényleges méreténél, ill.
- fedést, ha a furat tényleges mérete kisebb a csap tényleges méreténél.



33. ábra. Két alkatrész illesztése (fedés – játék)

Az egymásba helyezett alkatrészek illeszkedésének minőségét a kapcsolódó felületek jellemző méretének tűrésmezőit: azok helyzete és nagysága határozza meg.

Két párosítandó felületelem méreteinek különbségéből adódóan:

- LAZA illesztés:
 - Mindig játék keletkezik
 - A lyuk legkisebb mérete is nagyobb a csap legnagyobb méreténél
- SZILÁRD illesztés:
 - Mindig fedés keletkezik;
 - A lyuk legnagyobb mérete is kisebb a csap legkisebb méreténél
- ÁTMENETI illesztés:
 - Játék vagy fedés keletkezik a csap és a lyuk legnagyobb és legkisebb méretének viszonyától függően

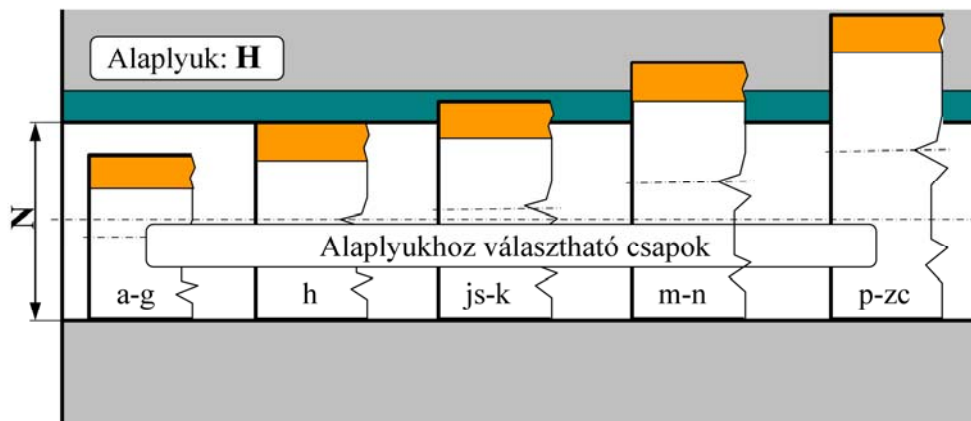
A tűrések előírásával tudatosan kiválasztható, hogy milyen mértékben legyen laza az illeszkedés, illetve átmeneti (kis mértékben szoros) vagy szilárd (nagyon szoros) illesztés alakuljon ki.

Ugyanaz az illeszkedés sok tűrés pár előírásával is megvalósítható. A gyártási és ellenőrzési költségek csökkentése érdekében azonban az ISO olyan illesztési rendszert javasolt, amelyben:

- vagy a belsőméret (furat) tűrését választják úgy, hogy alapeltérése 0 legyen (H tűrésű belső méret, alapluk rendszer),
- vagy külsőméret tűrését (h tűrésű külső méret, alap csaprendszer),
- és ezekhez írják elő a párosított felület méretének tűrését úgy, hogy az elérendő illeszkedés létrejöjjön.

Alapluk rendszer

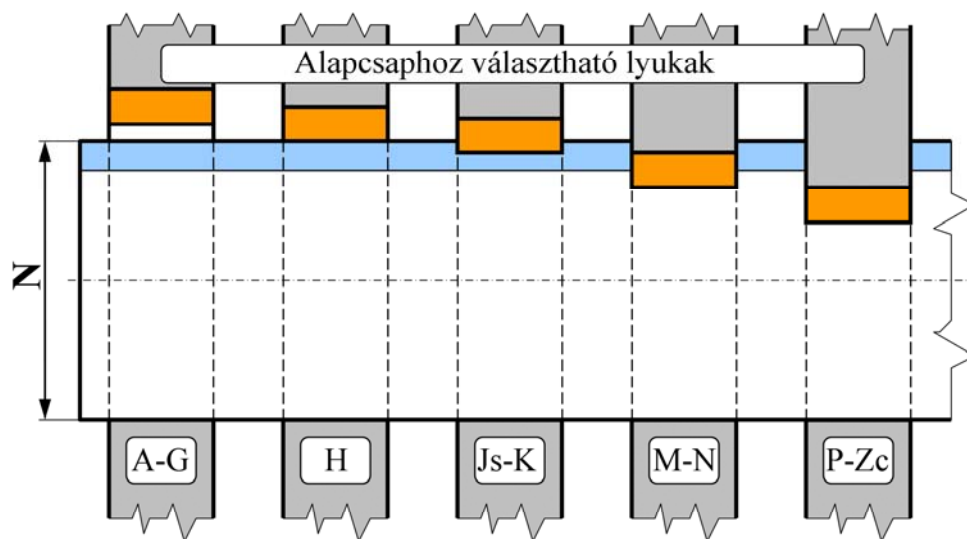
Alapluk rendszerben a kívánt játékot vagy fedést azáltal érjük el, hogy a különböző tűrésosztályú (a–zc) csapokat egyetlen tűrésosztályú lyukhoz, a H jelű alaplukhoz rendeljük.



34. ábra. Alaplyuk rendszer

Alapcsap rendszer

Alapcsap rendszer esetén a csapnak H-s tűrést adunk. Ebben az esetben furatok tűrését változtatjuk tetszőlegesen.



35. ábra. Alapcsap rendszer

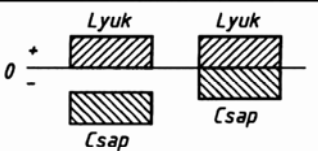
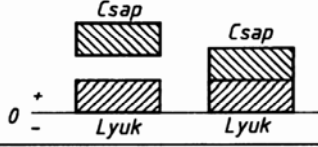
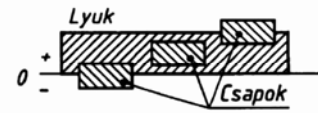
A gyakorlatban mindkét rendszerre szükség van, de az alaplyuk rendszert előnyben kell részesíteni. Gazdasági okok miatt az alaplyuk rendszert használjuk elterjedtebben, mert a fúrók mindig többet visznek, és a dörzsárak is leggyakrabban H7-es tűrésű furatokat alakítanak ki. További ok, hogy esztergálással könnyebb kialakítani a névleges mérettől eltérő tűrésmezőket.

Az előzőekben bemutatott méretek párosítása, H11/d9 laza illesztést eredményez, mert a felületek között mindig van hézag (játék), melynek legnagyobb értéke, 80 mm névleges méret esetén, 0,364 mm, legkisebb értéke 0,100 mm.

Laza illesztés szükséges ahhoz, hogy az alkatrészek egymáson elmozdulhassanak (pl. siklócsapágyak, csuklók, vezetékek esetében). Laza az illesztés pl. a következő tűrés pároknál: H7/f6, H7/g6, F8/h9, E9/h9, D10/h9, C11/h9, C11/h11, A11/h11.

Átmeneti illesztést használnak az alkatrészek pontos vezetésére (pl. gördülőcsapágyak, tengely/agy kötések, fedelek, csapágyházak, illesztőszegek beszerelésénél stb.). A H7/h6, H7/k6, H7/m6, J7/h6, K7/h6, M7/h6 tűréspárok átmeneti illesztést jelentenek, ahol kismértékű fedés vagy játék egyaránt előfordulhat.

Szoros illesztésre akkor van szükség, ha az egymáshoz illesztett alkatrészek nem mozdulhatnak el egymáson. Ilyenkor a tűrésmezőket úgy választják meg, hogy a külső méret mindig nagyobb legyen, mint a hozzá illesztett belső méret, ami túlfedést eredményez. Ezek az alkatrészek csak egymásba sajtolással (vagy hőmérséklet különbség létrehozásával) szerelhetők össze. A szoros illesztés pl. a következő tűréspárokkal írható elő: H7/s6, H7/p6, H7/r6, H8/u8, P7/h6, R7/h6, P9/h9.

Neve	Illeszkedés	Jellemzői	A tűrésmezők helyzete	Betűjele
Laza	Csak játék ($AH_L > FH_C$)	NJ, KJ, MJ		H → a...h h → A...H
Szilárd	Csak fedés ($AH_C > FH_L$)	NF, KF, MF		H → p...zc h → P...ZC
Átmeneti	Játék vagy fedés	NF, NJ		H → js...n h → JS...N

36. ábra. Ajánlott illesztés párosítások

Alak és helyzettűrések

A gép megbízható működéséhez a méreteltérések (tűrések) mellett gyakran a megengedett alak és helyzethibákat is elő kell írni. Az alakhibák közül főleg az egyenesség, a síklapúság, a körköröség, a hengeresség, a profilhűség előírása lehet fontos. Főleg a gördülő és a siklócsapágyak, valamint a hozzájuk kapcsolódó felületek alakhűsége fontos, de a fogaskerék profilok, működtető bütykök alakhibáját is erősen korlátozni kell.

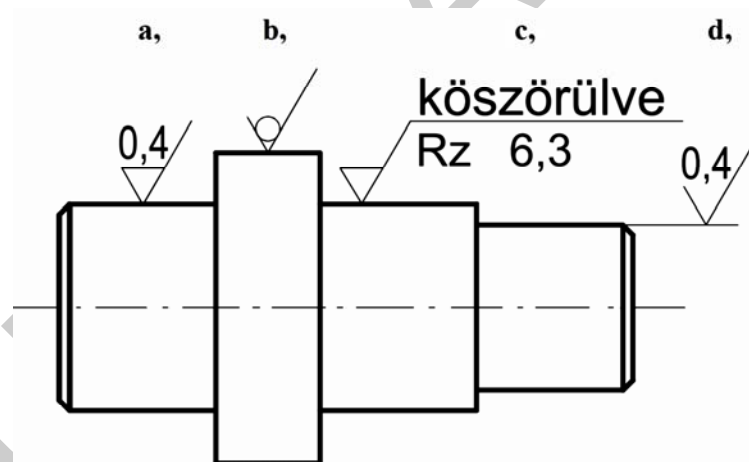
A gyakrabban előírandó helyzethibák a párhuzamosság, a merőlegesség, az egytengelyűség, a szimmetria hibák. Vannak összetett alak és helyzethibák, mint pl. a radiális ütés, a homlokütés.

Elemek és tűréseik		Tűrésezett jellemzők	Rajzjelek
Egyetlen elem	Alaktűrések	Egyenesség	—
		Síklapúság	▭
		Köralakúság	○
		Hengeresség	⊗
Egyetlen elem vagy viszonyított elemek		Adott profil alakja	()
		Adott felület alakja	⌒
Viszonyított elemek	Íránytűrések	Párhuzamosság	//
		Merőlegesség	⊥
		Hajlásszög	∠
	Helyzettűrések	Pozíció	⊕
		Egytengelyűség és központosság	⊙
		Szimmetria	≡
	Ütéstűrések	Radiális (sugár irányú) ütés	↗
		Teljes ütés	↗↘

37. ábra. Alak és helyzettűrések

Az alak és helyzettűrések megadása elengedhetetlen a pontosan gyártandó berendezések esetében, mert csupán a méretek elkészítése az előírt tűréshatáron belül nem biztosítja a szerkezet megbízható működését.

Az alak és helyzettűrések előírására szabványos jeleket használnak.



38. ábra Gyakrabban előforduló alak és helyzethibák előírása

- a – radiális ütés
- b – egyenesség
- c – körkörösség
- d – merőlegesség
- e – párhuzamosság

Felületi egyenetlenségek

Bár a fent említett alakhibák is a felületek eltérései közé tartoznak (makro-eltérések), a felületi érdességet és hullámosságot tekintik elsősorban felületi egyenetlenségnek (mikro-eltérésnek). A felületi érdesség az anyag szerkezetétől és a gyártási technológiától függ. Forgácsolással készült felületek érdessége gyakran meghatározott rendezettséget, irányultságot (barázdákat) mutat, amely a forgácsoló szerszám haladásának irányát jelzi.

A gépalkatrészek felületeinek simasága döntő mértékben meghatározza működésüket (méretállandóságukat, súrlódási, kopási és berágódási jellemzőiket, kifáradási szilárdságukat, külső megjelenésüket stb.). Ezért a működési követelményektől, és a méret tűrések nagyságától függően elő kell írni a felületek minőségét.

A felületi érdességek jellemzésére rendszerint

- az R_a átlagos felületi érdességet (a mérési hosszon belül az észlelt profil középvonalától mért eltérések abszolút értékének átlaga),
- az R_z egyenetlenség magasságot (a mérési hosszon belül mért 5 legnagyobb érdesség átlaga),
- az R_{max} legnagyobb felületi érdességet (a mérési hosszon belül a fenékvonal és a tetővonal távolsága),

használgák, bár a felületi érdesség jellemzésére más mérőszámok is rendelkezésre állnak.

A felületi érdességet jellemző mérőszámokat metszettepintós vagy lézersugaras érdesség mérő berendezéssel, rendszerint síkban felvett profilgrammból határozzák meg. A mérés menetét és paramétereit szabványok írják elő. Minden érdesség mérésnél pontosan meg kell adni a mérés irányát (pl. a megmunkálás irányában, vagy rá merőlegesen történt a mérés).

A rajzokon a felületi érdesség megengedett legnagyobb értékére legtöbbször az R_a átlagos felületi érdességet, vagy, nagyon sima felületeknél, az R_z egyenetlenség magasságot írják elő, szabványos számsorból kiválasztott értékre. Az R_a átlagos felületi érdesség megadására a következő számokat használják, amelyek a középvonaltól megengedett átlagos eltérést jelentik mikrométerben:

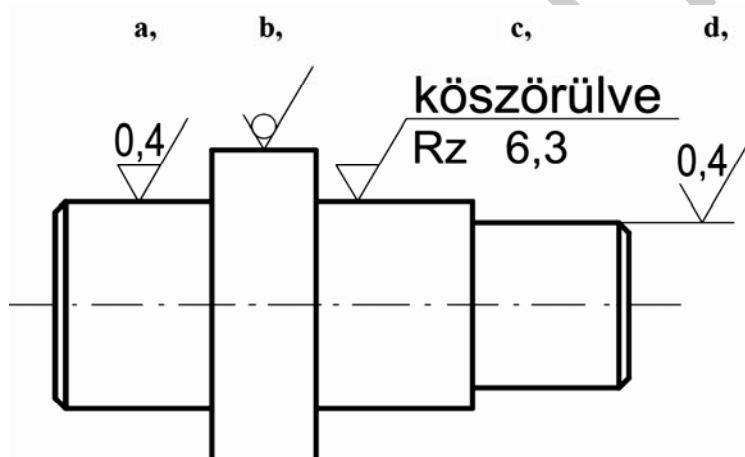
0,006; 0,012; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100

A felület minőségét döntő mértékben meghatározza a gyártástechnológia.

Megmunkálási eljárás	R_a , μm
Esztergálás, marás, gyalulás, vésés, fúrás	1,6–50
Finomesztergálás	0,1–0,8
Felfúrás	0,2–1,6
Dörzsárazás	0,1–1,6

Üregelés	0,2–1,6
Köszörülés	0,4–1,6
Finomköszörülés	0,1–0,4
Dörzsköszörülés	0,1–0,4
Polírozás	0,1–0,4
Leppelés	0,025–0,4

A táblázat bemutatja, hogy az egyes forgácsolási eljárásokkal gazdaságosan mekkora az elérhető legkisebb átlagos felületi érdesség értéke. A termelékeny forgácsoló eljárásokkal (esztergálás, marás) elérhető legkisebb felületi érdesség magasság korlátozott. Sima és szűk tűrésű felületek köszörüléssel állíthatók elő. Ahol még nagyobb felületi simaságra van szükség, a felületeket leppelik vagy polírozzák.



39. ábra Felületi érdesség megadása műszaki rajzokon

A rajzokon felületi érdességek előírása szabványos jeleket használnak (xx. ábra). A jel csúcsa mindig arra a felületre mutat, amelyre az előírás vonatkozik. A jelre ráírt szám az R_a átlagos felületi érdesség megengedett legnagyobb értékét jelöli. Amennyiben más érdesség mérőszám betartását igénylik, azt az érdesség jelölésnél alulra kell írni. Előfordul, hogy a felületek gyártási technológiáját is előírják.

HOSSZMÉRÉS

A mechanikai mérésekhez használatos mérőeszközöket többféle elv alapján csoportosítjuk, így:

- a felhasználás szerint: pl. hosszmérők, ill. szögmérők;
- a szerkezeti felépítés szerint: pl. mechanikus, ill. optomechanikus;

- a mérés jellege szerint: pl. közvetlen vagy összehasonlító;
- a leolvasás pontossága szerint: pl. egyszerű vagy nagy pontosságú;
- a mérettartomány szerint: pl. állandó méretet vagy változó méretet ellenőrző mérőeszközökről beszélhetünk.

A hosszmeretek mérését mechanikai mérőeszközökkel végezzük. Hosszmérletnek nevezzük egy alkatrész két pontja, éle vagy felülete közötti legrövidebb távolságot.

Hosszmérő eszközök (zárójelben a lehetséges pontosságok vannak feltüntetve):

- mérőszalag, mérőléc, mérővonalzó (1 [mm]);
- tolómérő (0,02 [mm]; 0,05 [mm]);
- mikrométer (0,01 [mm]; 0,001 [mm]);
- passzaméter (0,001 [mm]);
- hossz mérőgép (0,001 [mm]; 0,0001 [mm]);
- 3D mérőgép (0,001 [mm]; 0,0001 [mm]);
- lézeres hossz mérőgép (0,0001–0,01 [mm]);
- koordináta– mikroszkóp (0,001 [mm]);

1. Áttétel nélküli mechanikus mérőeszközök

Ide tartozik a mérőszalag, a mérőléc és a tolómérő. Ezekkel a mérőeszközökkel közvetlen mérést lehet végezni.

A mérőszalag és a mérőléc

A mérőszalag 0,1mm... 0,15mm vastag, 8... 15mm széles, 100mm... 50m hosszúságú acélszalag. Ha 1m-es vagy annál hosszabb, tokban göngyölve hozzák forgalomba. Az egyik oldalán mm-es osztás van a szalag teljes hosszán. Az osztásvonalakat általában festik, azok vastagsága 0, 2–0, 3mm. A mérési pontosság kisebb hosszakon általában 1mm, nagyobb hosszakon ennél is több.



40. ábra. Poliamid bevonatú acél mérőszalag



41. ábra. Acél mérőszalag

Ahhoz, hogy a mérőszalaggal pontosan mérjünk, az alábbi szempontokat tartsuk szem előtt:

- A mérőszalagot úgy helyezzük a munkadarabra, hogy a megadott méretet mérjük. Ha pl. két párhuzamos felület közötti távolságot mérjük, a mérőszalaghoz helyezzük a felületre merőlegesen.
- A mérőszalag kezdő osztását –a nullát– helyezzük rá pontosan a mérendő távolság egyik végpontjára. Vigyázzunk, hogy mérés közben nehogyan elgörbüljön a mérőszalag.
- Álljunk szembe a mérőszalag skálaosztásával, és merőlegesen nézzünk a mérendő élre, így küszöböljük ki a parallaxis hibát.

A mérőléc annyiban különbözik a mérőszalagtól, hogy az osztásokat téglalap szelvényű, edzetlen acélhasábra, legfeljebb 5m-es hosszúságban készítik, szelvény hosszától és pontossági osztálytól függően általában 0,5mm-es pontossággal.



42. ábra. Acélvonalzó méretosztással

Tolómérők

A tolómérők a legelterjedtebben alkalmazott, közbenső mérésre alkalmas mérőeszközök. A tolómérő egy elmozdulás elvén működő mechanikus nagyítást végző mérőeszköz. Alkalmasak külső, belső, mélységi és magassági méretek mérésére, ellenőrzésére. A tolómérők mérési tartománya 150–200–300–500 stb. mm, leolvasási pontosságuk 0,1–0,05–0,02mm. Az utóbbi években nagy fejlődésen mentek keresztül, így ma már mérőórás tolómérővel és elektronikus digitális kijelzésű tolómérőkkel is találkozunk.

A tolómérő kialakítása szerint lehet:

- Mélységmérő
- Univerzális
- Magasságmérő

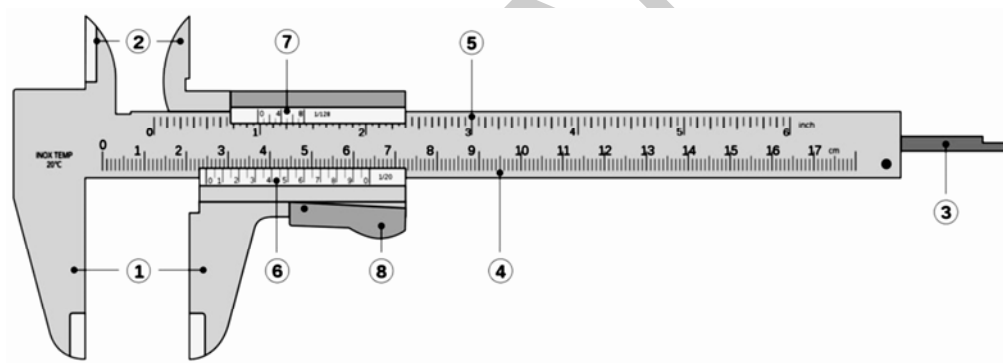
Kijelzése szerint:

- Digitális (LCD kijelző, PC)
- Analóg (Nónius skálás, mérőórás)

A tolómérőn a mechanikus nagyítást a nónius skála végzi (analóg nónius skálás tolómérő esetén). A nónius skála két fajta lehet a tolómérő mérési pontosságától függően:

- 50 μ m-es pontossággal mérő a tolómérő
- 20 μ m-es pontossággal mérő a tolómérő

A gyakorlatban a legtöbbet az univerzális tolómérővel találkozhatunk. A nevében is benne van, hogy több fajta méret mérésére alkalmas eszköz. Nevezik még zseb- vagy műhelytolómérőnek is. Az univerzális tolómérő részei:



43. ábra 150mm/0,02mm-es analóg zsebtolómérő

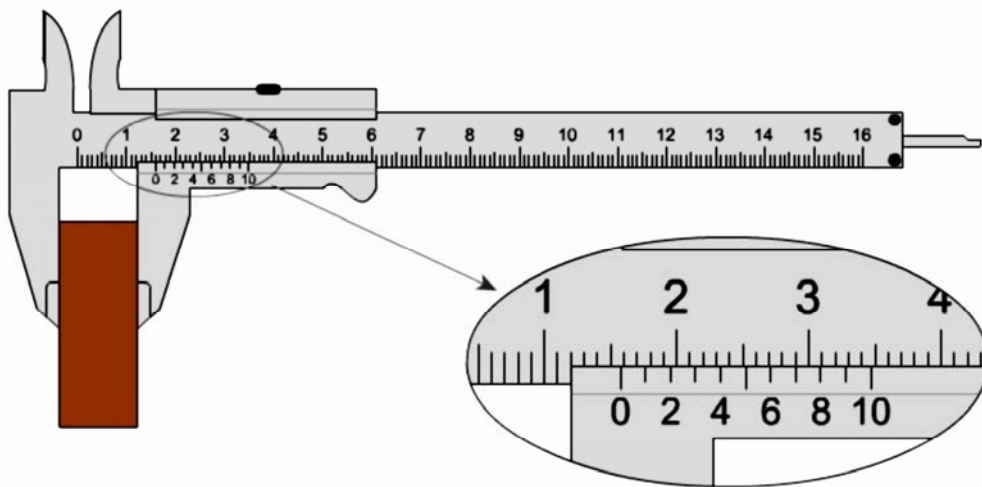
1. Külső mérőpofa: külső méretek mérésére használatos
2. Belső pofa: belső méretek mérésére használatos
3. Mélységmérő: mélység mérésére használatos
4. Fő beosztás (mm)
5. Fő beosztás (hüvelyk)
6. Nónius (mm)
7. Nónius (hüvelyk)
8. Rögzítő: a mozgó rész rögzítésére szolgál a pontos leolvasás megkönnyítése céljából

A tolómérő használata során garantálni kell mérőfelületek megfelelő pontosságú párhuzamosságát, ugyanakkor a tolókat mozgathatóan kell illeszteni a tolómérő szárán. Ezt úgy oldják meg, hogy a szár felülete a bázis, ehhez illeszkedik a tolóka hornyának belső felülete, és erre merőlegesen készítik el a tolóka és az állópofa mérőfelületeit. A tolóka hornyának rögzítő csavar felőli részébe egy bronz laprugót helyeznek, ami a tolókat állandóan a szár felületéhez feszíti. Mérés közben olyan irányú mérőerőt kell kifejteni, amelynek egyik összetevője a szár felületéhez nyomja a tolókat. A tolómérők anyaga általában ötvöztelen, nemesíthető acél, de készül rozsdálló acélból is. A szár keménysége min. 30HRC, a mérőfelületé 50HRC.

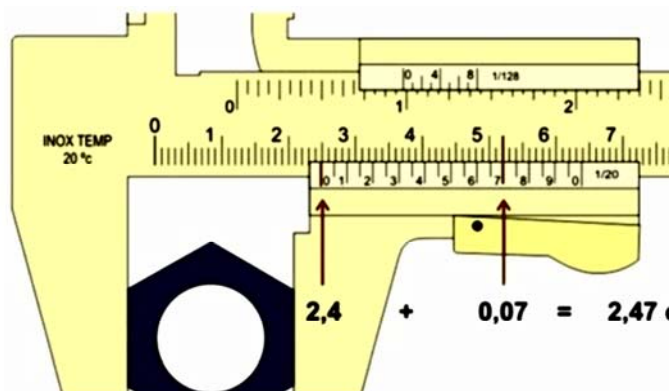
A tolómérő ellenőrzése:

- A tolómérő pontossága legegyszerűbben ismert méretű mérőhasáb megméréseével állapítható meg.
- A mérőfelületek párhuzamosságát a zárt mérőpofák illeszkedő felületei közötti fényréssel tudjuk ellenőrizni. Ha a megfelelő részek között nem tapasztalható fényérés, és a főskála 0-s illetve a nóniusz skála 0-ás osztása egybeesik, akkor megfelelő a tolómérő.

A tolómérők méretleolvasási pontosságát a tolókán levő segédosztás garantálja.



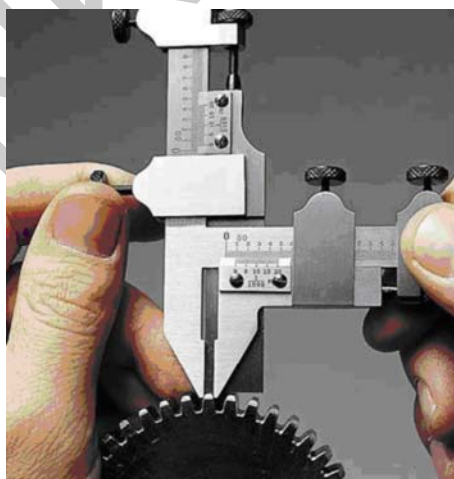
44. ábra. Tolómérők méretleolvasása nóniusz-skála segítségével



45. ábra. Tolómérők méretleolvasása nóniusz-skála segítségével



46. ábra. Mélységmérő tolómérők alkalmazása



47. ábra. Speciális foghúrmérő tolómérő

2. Mechanikai nagyítású mérőeszközök

Mikrométer

A mikrométer a hossz mérés eszköze. Működési elve azon alapszik, hogy a mérőelemet nagy pontosságú menetelem párral mozgatjuk. Az orsó egy teljes fordulata a menetemelkedés értékének megfelelő nagyságú, tengelyirányú elmozdulást eredményez, ill. minden tengelyirányú hosszúsághoz tartozik egy meghatározott egész tört értékű orsóelfordulás.

Az orsót megfelelően nagy kerületű (átmérőjű) dobbal egybeépítve lehetővé válik az egy fordulathoz tartozó kerület nagy pontosságú beosztása. Általában a tengelyirányú vonatkoztatási vonal felett az egész-, alatta a fél milliméteres osztások vannak. A kengyel alakú váz nagy merevséget és kedvező irányt ad hőtágulás okozta méretváltozásnak.

A mikrométerek fajtái kijelző rendszere szerint:

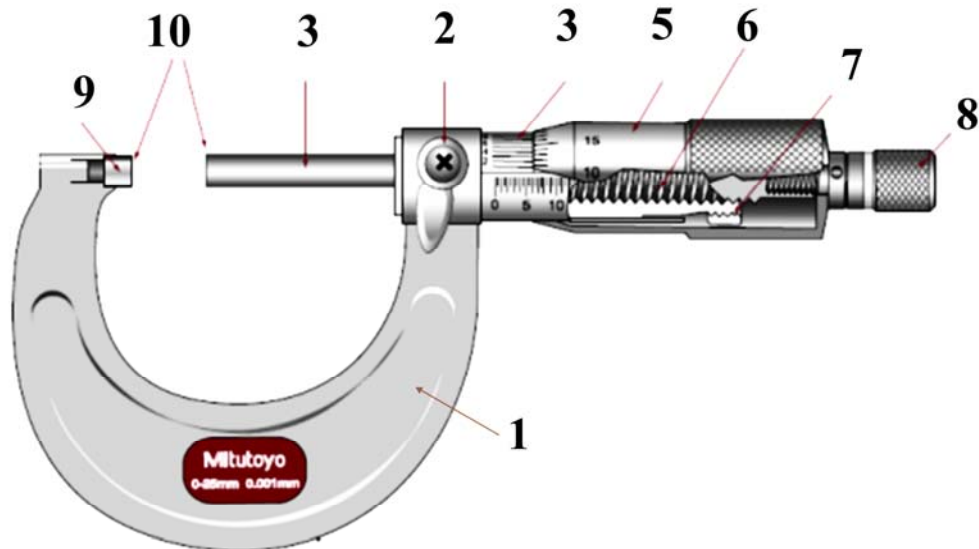
- számlálós
- mérődobos
- nóniuszos
- digitális

Kialakítás szerint:

- Kengyeles mikrométer
- Furatmérő mikrométer
- Kábelmérő mikrométer
- Csőfal vastagságmérő mikrométer

A leggyakrabban a kengyeles mikrométert használjuk a gyakorlatban.

A mikrométer részei:



48. ábra. Mikrométer elvi felépítése

1. kengyel;
2. rögzítő kar;
3. mérőorsó (általában keményfém betéttel);
4. skálahüvely egész és félmilliméteres beosztással;
5. mérődob;
6. rugalmas, hasított menetes hüvely, kúpos orsómenettel;
7. a menetelem pár illeszkedését beállító körmosanya;
8. gyorsállító;
9. üllő, benne a mérőcsap keményfém betéttel.

Ezred milliméter
skála



Leolvasás a skálahüvelyről :6mm

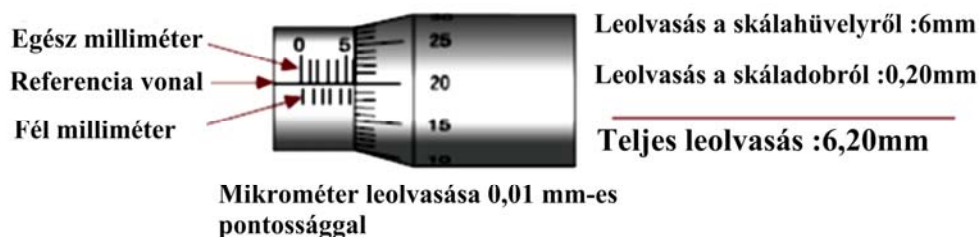
Leolvasás a skáladobról: 0,20mm

Leolvasás a nóniuszról :0,008mm

Mikrométer leolvasása 0,001 mm-es
pontossággal:

Teljes leolvasás :6,208mm

49. ábra. Mikrométer skála leolvasása a gyakorlatban



50. ábra. Mikrométer skála leolvasása a gyakorlatban

A hagyományos mikrométer leolvasásakor előfordul, hogy a fél milliméteres osztásvonalat figyelmen kívül hagyjuk, ami durva hibának számít. Célszerű a kérdéses méretet előbb tolómérővel megmérni, így egészen biztosak lehetünk abban, hogy ilyen hibát nem vétünk.

A kengyeles, külső mikrométer vizsgálata. A mérés pontossága érdekében nagyon fontos, hogy a mikrométer mérőfelületei egymással párhuzamosak és tökéletesen síkfelületűek legyenek. A mérőfelületek síktól való eltérését síkpárhuzamos üvegkorongokkal vizsgáljuk. A menetemelkedés és a dob osztási hibáját mérőhasábokkal ellenőrizzük.



51. ábra. Mikrométer pontosságának ellenőrzése mérőhasábbal



52. ábra. Mikrométer mérőfelületének ellenőrzése üvegkoronggal

Figyelem! A mérés megkezdése előtt a zérus hiba nagyságát minden esetben ajánlatos ellenőrizni!



53. ábra. Mikrométer pontosságának ellenőrzése mérőhasábbal

Az 53. ábrán látható, hogy egy 10 mm-es mérőhasábot fogtunk be a mikrométerbe. A főskálán a 10,00 mm-es osztást hagyta el a mérődob, ezért a leolvasott egész mm érték 10,00 mm. A mérődob 0-s és 1-es osztása között van a főskála egyenese. A mérődobról leolvasott (kerekített!) érték 0,005 mm. A mért érték tehát: $10,000 + 0,005 = 10,005$ mm.

Ez az érték több egy leolvasott méretnél. Mivel mérőhasáb található a mikrométerben, ezért a mikrométer pontatlanságát (eltérését) is meg tudjuk határozni. Ebben az esetben 10,000 mm esetében ez az eltérés 0,005 mm. Az előzőekben bemutatott mikrométer külső méretek mérésére alkalmas mérőeszköz. Mivel aránylag könnyen kezelhető és üzemi körülmények között a legnagyobb pontosságot adja, rendkívül széleskörűen alkalmazott mérőműszer.

A külső méretek mérésére alkalmas mikrométerek alsó és felső méréshatára közötti különbség általában 25mm, de a furatmikrométereknél ez a különbség csak 5 mm. Gyakran készletekben forgalmazzák a 25mm-es lépésekben növekvő alsó és felső méréshatárú mikrométereket: 0...25, 25...50, 50...75, 75...100 stb., 1000mm-ig.



54. ábra. Külső méretek mérésére szolgáló mikrométer készlet 4 db-os



55. ábra. belső furatok mérésére szolgáló mikrométer készlet

A cégek különböző mérési feladatokra alkalmas szabványos és különleges mikrométereket gyártanak, ill. forgalmazznak, amelyek közül néhány példát láthatunk.



56. ábra. Mélységmérő mikrométer alkalmazása



57. ábra. Mélységmérő mikrométer alkalmazása



58. ábra. Két ponton mérő furatmérő mikrométer használata

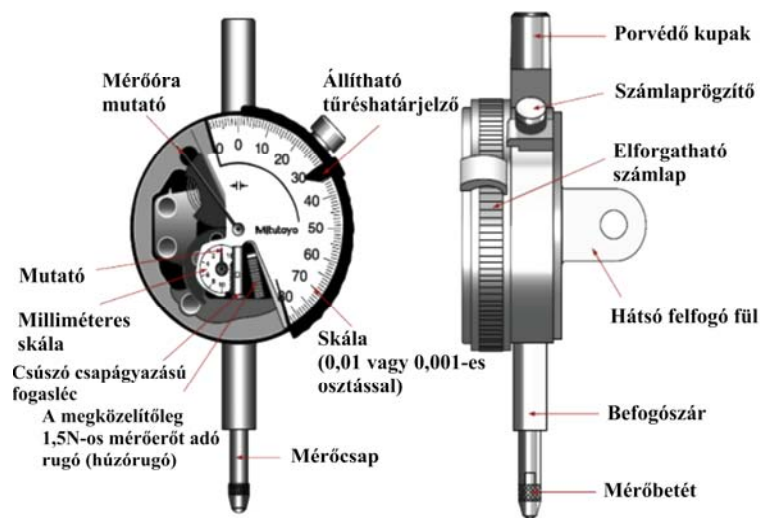


59. ábra. Külső horony mérése mikrométerrel

Mérőórák

A mérőórák az összehasonlító (különbségi) hosszmerések széleskörűen alkalmazott mérőeszközei, mivel a megfelelő pontosságú méretleolvasás viszonylag egyszerű és szinte minden speciális mérési feladat elvégzésére nagy a kínálat a különböző mérőórák eszközökből. Működési elvük a fogasléc–fogaskerék, fogaskerék–fogaskerék, csiga csigakerék áttételeken, vagy ezek kombinációján alapszik. A karos áttételekkel működő, de indexnek ugyancsak óramutatót alkalmazó (óra kinézetű) mérőeszközök nem a mérőórák csoportjába tartoznak.

A leggyakrabban használatos mérőóra részei:



60. ábra. Mérőóra felépítése és részei



61. ábra. Digitális mérőóra

Mérőóra befogók

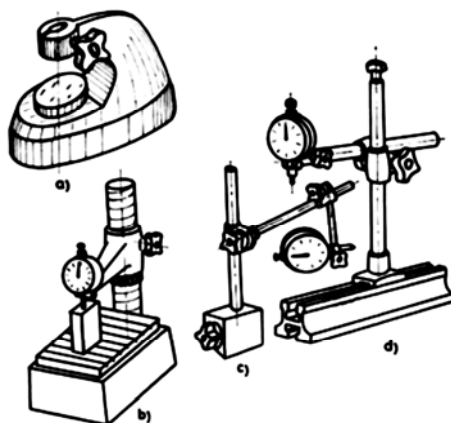
A mérőórával való méréshez szükség van valamilyen mérőóra állványra, tartószerkezetre vagy készülékre. Ezek teszik lehetővé, hogy a mérőóra és a mérendő tárgy merev rendszert alkotva, a mérőtapintó a kiinduló bázis helyzettől való eltéréseket tudja érzékelni. A mérés megkezdése előtt a mérőóra szerkezetét elő kell feszíteni. Ez azt jelenti, hogy a mérőtapintó megközelítő középállásban állítjuk be a nulla értéket, ugyanis garantálni kell a + és a - irányú kitérések lehetőségeit. Ellenőrizni kell, hogy az összeállított mérőrendszer mennyire megbízható. Erről karos mérőóra állványok esetében egyrészt az állványrendszer enyhe ütögetésével győződünk meg, másrészt a mérés során többször vissza kell térni a arra a pontra, ahol a nulla értéket beállítottuk. Az órának vissza kell állni a nulla helyzetébe. Egy stabil mérőóra állványba fogott mérőórával megfelelő pontosságú méréseket tudunk végezni.



62. ábra. Univerzális mérőasztal mérőóra befogási lehetőséggel



63. ábra. Univerzális mérőóra állvány



64. ábra. Mérőóra befogók

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. feladat Ismertesse a passzív mérés fogalmát!
2. feladat Milyen okokat ismer, amik a mérés eredményét befolyásolhatják?
3. feladat Ismertesse az esetleges hibák típusait!
4. feladat Mi a parallaxis hiba?
5. feladat Egy furat készre munkálását dörzsárral végezzük.
 - a) Adja meg a $\varnothing 50$ H7 méretű furat határeltéréseit, tűrését.
 - – felső határméret:
 - – alsó határméret:
 - – felső határeltérés:
 - – alsó határeltérés:
 - – tűrés:
 - b) Számítsa ki a legkisebb és legnagyobb játék értékét, ha az illeszkedés egy $\varnothing 50$ h6-os tengellyel történik!
 - Használja a táblázatot!

Betűjel	H		h	
Minőségjel	6	7	6	7
Névleges átmérőcsoportok (mm)tól-ig	Határeltérések. μm			
18–30	+13	+21	0	0
	0	0	–13	–21
30–50	+16	+25	0	0
	0	0	–16	–25

50-80	+19	+30	0	0
	0	0	+19	+30

- Az Ø50 H7 méret
- Legnagyobb játék:
- Legkisebb játék:

6.feladat Mekkora lesz a minimális és a maximális túlfedés, ha egy szilárd illeszkedésű nyomatékkötés Ø75 H7/s6 illesztéssel készül?

$$75H7 = 75_{0}^{+0,03}$$

$$75s6 = 75_{+0,059}^{+0,078}$$

7. feladat Mekkora lesz a maximális játék és a maximális túlfedés, ha egy átmeneti illeszkedésű kötés Ø10 H7/m5 illesztéssel készül?

$$10H7 = 10_{0}^{+0,018}$$

$$10m5 = 10_{+0,007}^{+0,015}$$

8. feladat Egy reteszkötésnél a tengelyhorony és retesz szokásos illesztése 10P9/h9. Mekkora lesz a maximális játék és a maximális túlfedés?

$$10P9 = 10_{-0,051}^{-0,015}$$

$$10h9 = 10_{-0,036}^0$$

9. feladat Értelmezze a **16 k6** tűrés jelölését. Mit jelentenek a tűrés jelölés egyes részei?

10. feladat Az oktatójától átvett alkatrész összes méretét határozza meg tolómérővel. Az alkatrész méretei alapján következtessen a használandó tolómérő nagyságára és típusára. A mérési eredményeket táblázatos formába rendezze, és az alkatrésztől készítsen felvételi vázlatot a mérési helyek jelölésével. Mérési eredményekből számtani átlagot számolva határozza meg az alkatrész valós méretét.

Mérési hely	I. mérés	II. mérés	III. mérés	Átlag:

--	--	--	--	--

11. feladat Az oktatójától átvett alkatrész összes méretét határozza meg mikrométerrel. Az alkatrész méretei alapján következtessen a használandó mikrométer mérési tartományára és típusára. A mérési eredményeket táblázatos formába rendezze, és az alkatrésztől készítsen felvételi vázlatot a mérési helyek jelölésével. Mérési eredményekből számtani átlagot számolva határozza meg az alkatrész valós méretét.

Mérési hely	I. mérés	II. mérés	III. mérés	Átlag:

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Sorolja fel a mérőeszköztől függő mérési módokat!

2. feladat

Ismertesse a passzív mérés fogalmát!

3. feladat

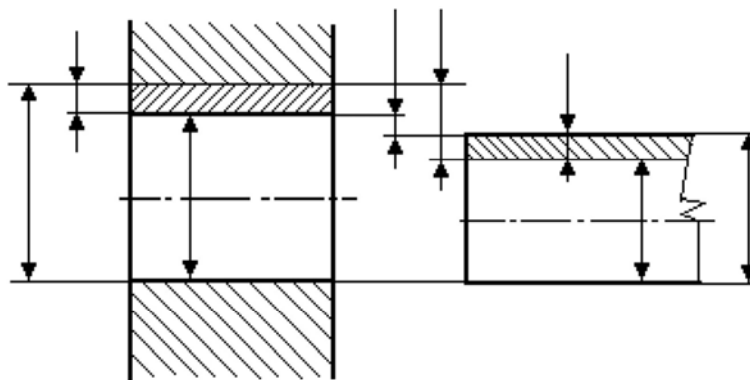
Sorolja fel a rendszeres mérési hibákat!

4. feladat

A 65. ábrán egy furat és egy csap illesztése látható. Írja a méretvonalakra az alább felsorolt jellemzők egyezményes betűjeleit!

A furat alsó határmérete AHL; A csap alsó határmérete AHC; A furat tűrése TL; A csap felső határmérete FHC _

A furat felső határmérete FHL; A csap tűrése TC; A legkisebb játék KJ; A legnagyobb játék NJ _____



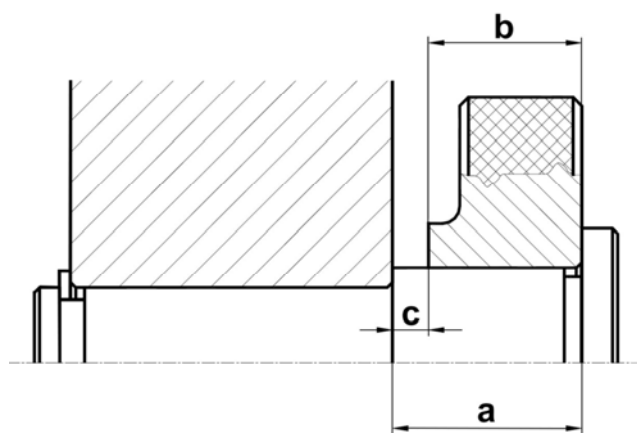
65. ábra. Furat és csap illesztése

5. feladat

Mekkora legyen a b méret, ha azt akarom, hogy a c hézag 0,2 – 0,4 mm közé adódjék?

Az ábrán látható kézi forgatógomb csapjának a mérete: _____

$a = 22^{+0,05}_0$ mérettel készül _____



66. ábra. Kézi forgatógomb

6. feladat

Az előző feladat adatai alapján határozza meg az alábbi adatokat!

Az a méret tűrésmező nagysága: _____

A b méret tűrésmező nagysága: _____

A c méret tűrésmező nagysága: _____

7. feladat

Egy szilárd illeszkedésű nyomatékkötés $\varnothing 75$ H7/s6 illesztéssel készül. Mekkora lesz a minimális és a maximális túlfedés?

$$\varnothing 75H7 = \varnothing 75_{+0,030}^{+0,030}$$

$$\varnothing 75s6 = \varnothing 75_{+0,059}^{+0,078}$$

A minimális túlfedést a legnagyobb és legkisebb esetén kapjuk: _____

KF = _____

a maximális túlfedés a legnagyobb és legkisebb esetén adódik: _____

NF = _____

8. feladat

A méretszóródás károsan befolyásolja-e a rendeltetésszerű használhatóságot? Jelölje a helyes választ!

igen _____

nem _____

bizonyos határon belül nem _____

9. feladat

Mikor megfelelő a munkadarab mérete? Jelölje meg a helyes választ/válaszokat!

1 - Ha nem esik a határméreten kívül _____

2 - Ha a határméreten kívül esik _____

3 - Ha a határméret minimumával egyenlő _____

4 - Ha a határméret maximumával egyenlő _____

10. feladat

Milyen alaprendszereket ismer? Jelölje meg a helyes választ/válaszokat!

1 - alaplukrendszer _____

2 - alapcsaprendszer _____

3 - alapkörrendszer _____

4 - alapsíkrendszer _____

11. feladat

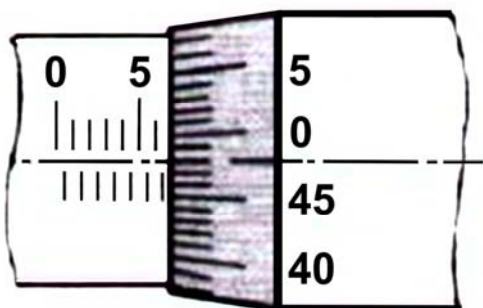
Rajzolja le a tanulásirányító 7. feladatában szereplő illesztés tűrésmezőit! Jelölje be a maximális játékot és a maximális túlfedést!

12. feladat

Rajzolja le a tanulásirányító 8. feladatában szereplő illesztés tűrésmezőit! Jelölje be a maximális játékot és a maximális túlfedést!

13. feladat

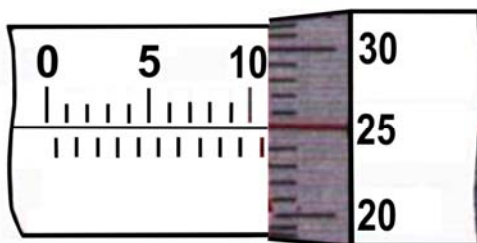
Határozza meg a 67. ábrán látható mikrométeren leolvasható méretet!



67. ábra. Furat és csap illesztése

14. feladat

Határozza meg a XX ábrán látható mikrométeren leolvasható méretet!



68. ábra. Furat és csap illesztése

MEGOLDÁSOK

1. feladat

közvetlen mérés

közvetett mérés

összetett mérés

2. feladat

Ha a munkadarabok méreteit a gyártás után, tehát akkor mérjük meg, mikor azok a gyártási folyamatból már kikerültek, akkor a mérés passzív

3. feladat

változó hőmérséklet

mérőnyomás

mérőnyomás

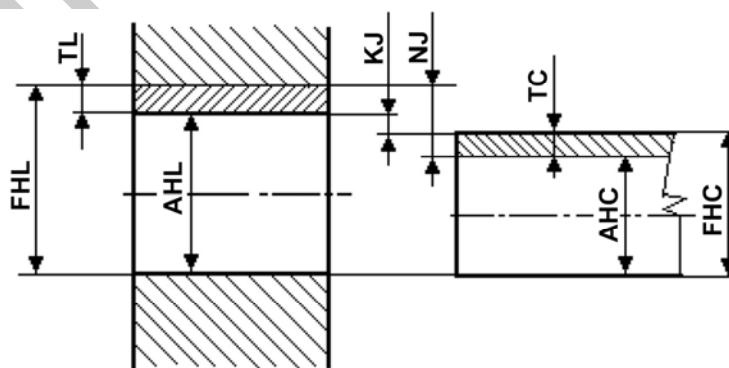
kalibrálási hiba

variációs és irányváltási hiba

4. feladat

A furat alsó határmérete AHL; A csap alsó határmérete AHC; A furat tűrése TL; A csap felső határmérete FHC

A furat felső határmérete FHL; A csap tűrése TC; A legkisebb játék KJ; A legnagyobb játék NJ



69. ábra. Furat és csap illesztése

5. feladat

Az ábrán látható kézi forgatógomb csapjának a mérete:

$$a = 22^{+0,05}_0 \text{ mérettel készül}$$

Xx ábra Kézi forgatógomb

$C_{\max} = a_{\max} - b_{\min}$, ahonnan

$$b_{\min} = a_{\max} - C_{\max} = 22,05 - 0,4 = 19,65 \text{ mm}$$

$C_{\min} = a_{\min} - b_{\max}$, ahonnan

$$b_{\max} = a_{\min} - C_{\min} = 22 - 0,2 = 19,8 \text{ mm}$$

$$b = 22^{-0,200}_{-0,350}$$

6. feladat

Az a méret tűrésmező nagysága: $T_a = 0,05$

A b méret tűrésmező nagysága: $T_b = 0,15$

A c méret tűrésmező nagysága: $T_c = 0,20$

$$T_c = T_a + T_b = 0,05 + 0,15 = 0,2$$

7. feladat

$$\varnothing 75H7 = \varnothing 75^{+0,030}_0 ;$$

$$\varnothing 75s6 = \varnothing 75^{+0,078}_{+0,059}$$

A minimális túlfedést a legnagyobb furat és legkisebb csap esetén kapjuk:

$$KF = 0,059 - 0,030 = 0,029 \text{ mm}$$

a maximális túlfedés a legnagyobb csap és legkisebb furat esetén adódik:

$$NF = 0,078 - 0 = 0,078 \text{ mm}$$

8. feladat

igen

nem

bizonyos határon belül nem

9. feladat

1 – Ha nem esik a határméreten kívül

2 – Ha a határméreten kívül esik

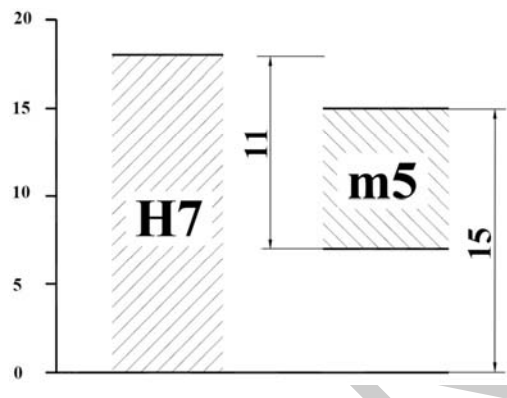
3 – Ha a határméret minimumával egyenlő

4 – Ha a határméret maximumával egyenlő

10. feladat

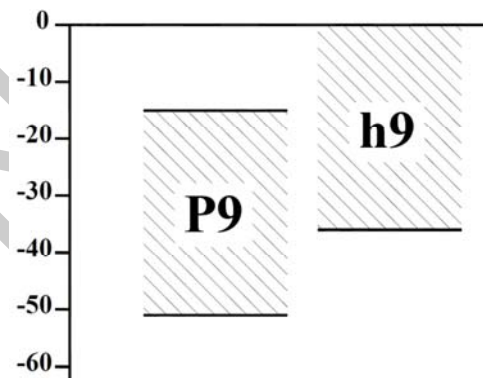
- 1 – alaplyukrendszer
- 2 – alapcsaprendszer
- 3 – alapkörrendszer
- 4 – alapsíkrendszer

11. feladat



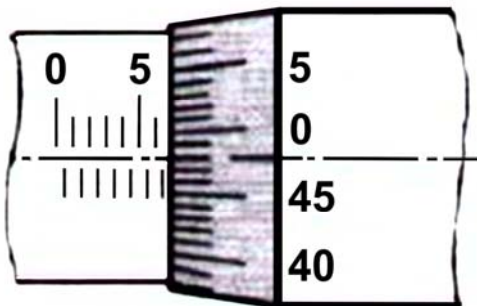
70. ábra. Furat és csap illesztése

12. feladat



71. ábra. Furat és csap illesztése

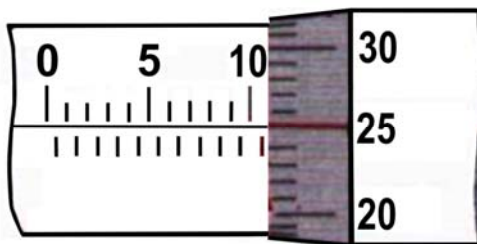
13. feladat



72. ábra. Furat és csap illesztése

$$6,00(\text{egész mm}) + 0,5(\text{fél mm}) + 0,48(1/100 \text{ mm}) = 6,98 \text{ mm mért érték}$$

14. feladat



73. ábra Furat és csap illesztése

$$10,00(\text{egész mm}) + 0,5(\text{fél mm}) + 0,25(1/100 \text{ mm}) = 10,75 \text{ mm mért érték}$$

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Fábián Tibor: Műszaki mérések I., Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1993

Gregor Béla, Simon Győző: Műszaki mérések, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 2004

Ducsay János: Alapmérések; Tankönyvmester Kiadó; Bp., 2008

Dolf Frischherz–Paul Skop: Fémtechnológia – Alapismeretek; B+V Lap- és Könyvkiadó; Budapest, 2000

Dr. Kozma Mihály: Szerkezettan – ideiglenes jegyzet energetikai mérnök szak; BME, 2006 (http://gt3.bme.hu/oktatas/BsC/GEAESZ_Szerkezettan/jegyzet/1_tervezes.pdf)

Dr. Göndöcs Balázs: Jellegzetes üzemfenntartás-technológiai eljárások – Javításhelyes szerelés; BME tanulmány az OKAMBIK 2005 (Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia, 2005. május 18–19–20., Pécs) konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata (www.805.pdf)

Andó Máttyás: Alkatrészek tűrése; Gépész Tuning Kft., 2010; (http://www.gepesztuning.hu/images/kepekfile/Alkatreszek_turese.pdf); 2010. október 15.

Dr. Iványi Miklósné: Mérési alapfogalmak, alapismeretek; PTE, PMMK, Műszaki Informatikai Tanszék; (www.EA-1-MAJF-PTE)

Németh Szabolcs: Tűrés-illesztés; (<http://www.gepeszbolt.hu/simonyi/tures%20illesztes.pdf> – 2010. október 15.)

Vasáros Zoltán: Geometriai mérések; (<http://www.gepeszbolt.hu/simonyi/feln%F6tt/Geometriai%20m%E9r%E9sek.ppt>); 2010. október 15.

Molnár István: Gépészeti mérések – tantárgyi segédlet; (<http://elmk.hu/uploads/educ/meres-gepeszeti.pdf>) – 2010. október 15

Dr. Hornyák Olivér: Termelési rendszerek és folyamatok – Gyakorlat; (www.Terfo.pdf)

Dr. Bitay Enikő: Mechanika 2; SapientiaEMTE, Marosvásárhely; 2009 (http://www.ms.sapientia.ro/www/index2.php?option=com_docman&gid=738&lang=hu&task=doc_view&Itemid=868); 2010. október 15.

Mérettűrések; <http://www.dianaszki.hu/downloads/T%C5%B1r%C3%A9s.doc>; 2010. okt. 15.

<http://vili.pmmf.hu/jegyzet/meres/21.html> – 2010. október 15.

<http://hu.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9r%C3%A9s> – 2010. október 15

AJÁNLOTT IRODALOM

Fábián Tibor: Műszaki mérések I., Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1993

Gregor Béla, Simon Győző: Műszaki mérések, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 2004

Ducsai János: Alapmérések; Tankönyvmester Kiadó; Bp., 2008

MUNKANYAG

A(z) 0225-06 modul 012-es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 521 02 0000 00 00	CNC-forgácsoló
31 521 09 1000 00 00	Gépi forgácsoló
31 521 09 0100 31 01	Esztergályos
31 521 09 0100 31 02	Fogazó
31 521 09 0100 31 03	Fűrészipari szerszámélező
31 521 09 0100 31 04	Köszörűs
31 521 09 0100 31 05	Marós
33 521 08 0100 31 01	Szíkraforgácsoló
33 521 08 0000 00 00	Szerszámkészítő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
30 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató