



NYÍREGYHÁZI
EGYETEM

EFOP-3.5.1-16-2017-00017

„NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen,
az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”

MŰSZAKI ÁBRÁZOLÁS II. (Tűréstechnika) GYAKORLATI SEGÉDLET ÉS PÉLDATÁR

Gépészmérnöki, mezőgazdasági gépészmérnöki, járműmérnöki, közlekedésmérnöki
és repülőmérnöki I. évfolyamos hallgatói számára

Összeállította és szerkesztette:
Kósa Péter

A tananyag elkészítését a „NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért” az EFOP-3.5.1-16-2017-00017 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

**Szerkesztő:
Kósa Péter**

**Lektor:
Dr. Páy Gábor**

Kézirat lezárva: 2018. 09.30. nap

Kiadja.....

Tartalomjegyzék

1. ELŐSZÓ	5
2.A méret meghatározása	6
3.Méréthálózat felépítése.....	9
4.TŰRÉS	14
4.1.Tűrés(tolerancia).....	14
4.2. Névleges méret	14
4.3. Tényleges méret.....	15
4.4. Határméretek	15
5. HATÁRMÉRETEK ÉS TŰRÉSEK ÁBRÁZOLÁSA	16
5.1. Alapvonal és a névleges mérettől való eltérések ábrázolása	16
5.2.Felső határméret	16
5.3.Alsó határméret	16
5.4.Határeltérések	16
5.5.Felső eltérés	16
5.6.Alsó eltérés	16
5.7. A tűrésmezők helyzetei az alapvonalhoz viszonyítva	16
5.8.Tűrésmező	17
6. ILLESZTÉSI ALAPFOGALMAK	18
6.1.Illesztés	18
6.1.1 Laza illesztés (játék)	18
6.1.2. Legnagyobb játék	18
6.1.3.Legkisebb játék.....	18
6.1.4.A tényleges játék	18
6.1.5.A játék tűrése	18
6.2. Szilárd illesztés (fedés).....	19
6.2.1.Legnagyobb fedés.....	19
6.2.2.Legkisebb fedés	19
6.2.3.Tényleges fedés	19
6.2.4.Fedés tűrése	19
6.3. Átmeneti illeszkedés.....	19
6.4.Illeszkedés	20
6.5.Az illeszkedés jellege	20
6.6. ISO Illesztési rendszer(International Standardizing Organisation)	20
6.6.1.Alaplyukrendszer (H)	20
6.6.2. Alapcsaprendszer (h)	21
6.7. Az ISO tűrésegysége és a Renard sor	22
6.7.1. Általános szabály	24
6.7.2. Különleges szabály	24

7.A TÜRÉSEZETLEN MÉRETEK JELLEMZÉSE.....	25
8.MÉRETLÁNCOK.....	26
8.1.Méretláncokkal kapcsolatos alapfogalmak.....	27
8.1.1A méretlánc fogalma	27
8.2. Összetevők.....	27
8.2.1.Növelő tagok	28
8.2.2.Csökkentő tagok	28
8.2.3. Eredő tag vagy eredő méret.....	28
8.3. A méretláncok számításának általános törvényei	29
8.4.Többtagú méretláncok számítása.....	29
9. SZÖGMÉRETEK ÉS SZÖGTÜRÉSEK.....	33
10. IDOMSZEREK MÉRETEZÉSE.....	35
10.1.Az idomszerek méretmeghatározása	35
10.2. Furatmérő idomszerek méretmeghatározása	35
10.3. Csapmérő idomszerek méretmeghatározása.....	36
11. MÉRETLÁNCOK TÜRÉSTECHNIKAI SZÁMÍTÁSAI	37
12. TÜRÉS ILLESZTÉS SZÁMÍTÁSOK	59
13. TÜRÉSTECHNIKAI TÁBLÁZATOK.....	73
IRODALOMJEGYZÉK.....	100

1. ELŐSZÓ

A tűrések és illesztések meghatározó szerepet játszanak a mindennapi eszközeink működésében. A gépgyártástechnológia fokozott követelményeket támaszt az alkatrészekkel szemben (méret-, alak- és helyzettűrés, felületi érdesség) a gyártmány élettartamának növelése céljából. Ezek a feltételek mellett megkövetelik az alkatrészek csereszabotosságát ami az összeszereléshez vagy alkatrészcserehez válogatás nélkül felhasználhatóak legyenek az üzembiztonság szempontjából.

Ebben a gyakorlati segédletben főként a mérettűrések, illesztések és eredő méretek számításának alapvető részeivel ismerkedhet meg a hallgató rajzok és számpéldák segítségével. Az elméleti alapok mellett a kidolgozott és levezetett példák egyértelműen leegyszerűsítik az elméleti alapok megtanulása után a tűréstechnikai számítások elsajátítását. A jegyzet kitér az idomszerek méretezésére is. Az alak- és helyzettűrés az előadás anyagában megtalálható, ezért jelen segédlet nem taglalja. A gazdaságos gyártás tűréstechnikai számításai fontosak a tervezések során, meghatározzák, hogy mely gépalkatrészek a működésük során hogyan kapcsolódjanak.

2.A MÉRET MEGHATÁROZÁSA

A vetületek elvileg tartalmazzák ugyan a test méreteit, a gyakorlatban azonban azokat méreetszámokkal kell megadni. A mérethálózat számértékei a „mértani test” határoló felületek alakját és egymáshoz viszonyított helyzetét határozzák meg.

A méretszám mint névleges érték eszményi méretet jelent. A mértani test eszményi méreteinek előírásánál sokféle lehetőség nyílik a mérethálózat felépítésére, a méretek egyértelmű megadására. Mértanilag teljesen közömbös, hogy a mérethálózat melyik felépítését választjuk, melyek a közvetlenül előírt, s melyek a kiadódó méretek. A mértani testre érvényes megállapításunkat azonban nem terjeszthetjük ki a valóságos alkatrészsze-

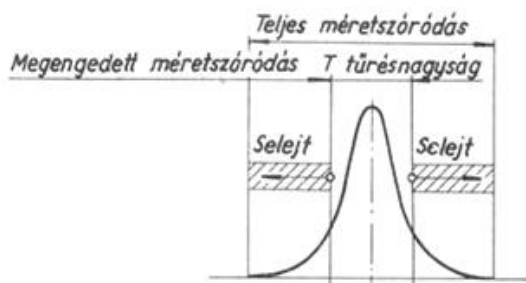
A gyakorlatban a méretek soha nem készülnek el azzal a pontossággal amit a műszaki rajzon megállapítunk. Az alkatrész mérete mindig valamivel kisebb vagy nagyobb lesz, vagy olyan kismértékű, hogy az eltérést nem észleljük, mivel mérőeszközeink és mérési módszereink pontossága is korlátozott.

Sorozatgyártás esetén tapasztalhatjuk, hogy a sorozat tagjai nem pontosan egyformák, az egymásnak megfelelő méretek között eltérés tapasztalható. A méret szóródását eléggé jól jellemzi a Gauss-féle gyakorisági görbe (2.1. ábra). Ez függ a szakmunkástól, a géptől, a szerszámtól, a megválasztott forgácsolási paramétereiktől.

Az elkészült munkadarabon lemérhető tényleges méret és az előírt névleges méret algebrai különbsége a méret eltérése. A sikeres gyártás érdekében bizonyos fokú - egy adott határokon belüli - eltérést meg kell engednünk. Ezt nevezzük tűrésmezőnek. Ezt a megengedhető legnagyobb és legkisebb méret, a felső ill. az alsó határméret fogja közre, melyek különbsége a tűrésnagyság, vagy tűrés.

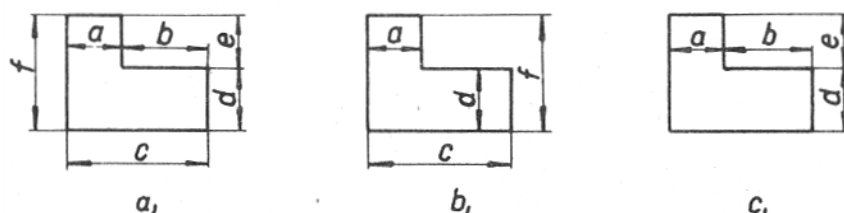
A tűrés tehát a tényleges méret szóródása megengedett terjedelmének, a "tűrésmezőnek" a szélességét jelenti. Az alkatrész mérete csupán az előírt tartományon belül készül el, és felveheti akár a megengedett legnagyobb, vagy legkisebb méretet is.

Ez a körülmény alapvetően meghatározza a méretek megadásának módját. Rendkívül lényeges, hogy melyik méretet írjuk elő közvetlenül és melyek fognak kiadódni.



2.1. ábra [2] Gauss-féle gyakorisági görbe

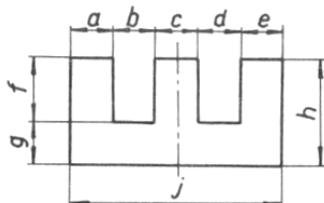
A 2.2.a ábrán levő geometriai alakzat az **a**, **b**, **c**, **d**, **e** és **f** hosszúságokkal határozható meg. E méretek közül azonban négy mérettel már teljesen meghatározható a méret. A derékszögűnek és párhuzamosnak rajzolt vonalak szögét nem kell megadnunk, mivel a legegyszerűbb lehetőség, a magától értetődőség elve szerint ez csak a leggyakoribb, a derékszög, és a párhuzamos irány lehet. A két vízszintes és a két függőleges méret bármelyike elegendő, akár a vízszintes, akár a függőleges irányú méretekből bármelyiket választhatjuk kiadódónak. A 2.2.b ábrán a befoglaló méretek és egy-egy részméret van közvetlenül megadva. A rajzon fel nem tüntetett **b** méret szóródása az **a** és **c**, az **e** méret szóródása pedig az **f** és **d** méretek tűréseinek összegződéséből adódik. A 2.2.b ábrán készüljön el az **a** és **c** méret a lehető legpontosabban az előírt méretre, mivel a működés szempontjából ezek lényeges méretek, a **b** pedig adódjon ki az **a** és **c** méretek tűrésének megfelelően. Ha például az a méret megengedett eltérése $\pm 0,1$, a **c** méreté pedig $\pm 0,2$, akkor a kiadódó **b** méret 0,3 mm-rel kisebb vagy nagyobb is lehet a közvetlenül meg nem adott névleges mérettől. A 2.2.c ábra pedig azt mondja, hogy a részméretek a lényegesek, és a szerkezet szempontjából a befoglaló méretek nagyobb szóródása engedhető meg.



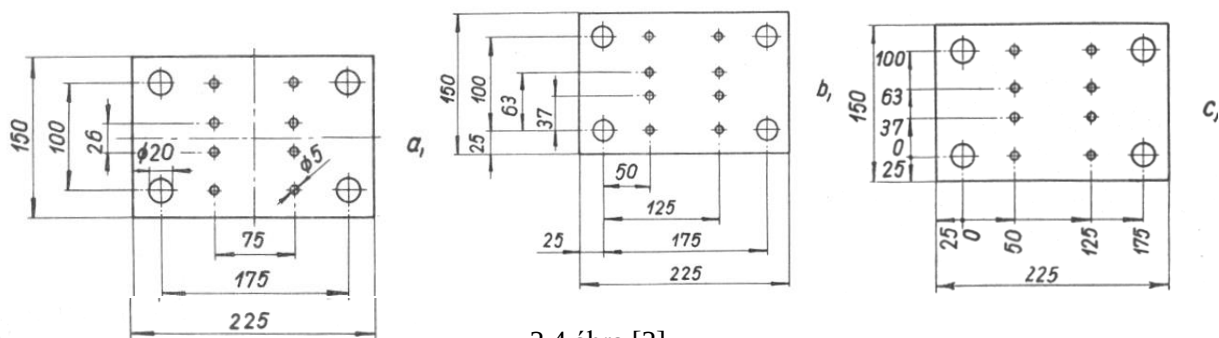
2.2.ábra [2]

A kiadódó méretnek technológiai tartalma is van. A 2.2.b ábra például azt jelenti, hogy először kell elkészíteni a c hosszmeretet, majd a lépcső szerinti bevágást oly mértékig kell növelni, hogy a megmaradó rész hosszmerete az a legyen. Ebben az esetben az elkészítés során közvetlenül mérjük az a és c méreteket, ezek az összetevő méretek, a b méret pedig – a többi méret tűrésének megfelelően – adódó méret, ez lesz az eredő méret.

A méretek megadási módjának, a mérethálózat felépítésének konstrukciós és technológiai tartalma is van. Szimmetria esetén a méretmegadás egyszerűsíthető. A 2.3. ábra lemez jellegű alkatrészen a rajz síkjában 9 méretet jelöltünk meg. Ezek közül azonban legfeljebb csak 5 vízszintes és 2 függőleges méret adható meg, mert különben a mérethálózat zárt, túlhatározott lesz. *Zárt méretlánc előírása tilos!* A túlhatározott méretláncot egy méret törlesztéssel fel kell oldani, azt nyílt méretláncná alakítva. Az alkatrész az ellendarabjával való csatlakozás szempontjából a b , c és d méretek fontosak, ezek közvetlen előírása lenne célszerű. Ekkor az a és az e egyidejűleg elhagyható, mert a fennálló szimmetria következtében egyformára adódnak ki, mivel a b , c , d és a j méretekhez tartozó határvonalak szimmetrikus



2.3. ábra [2]

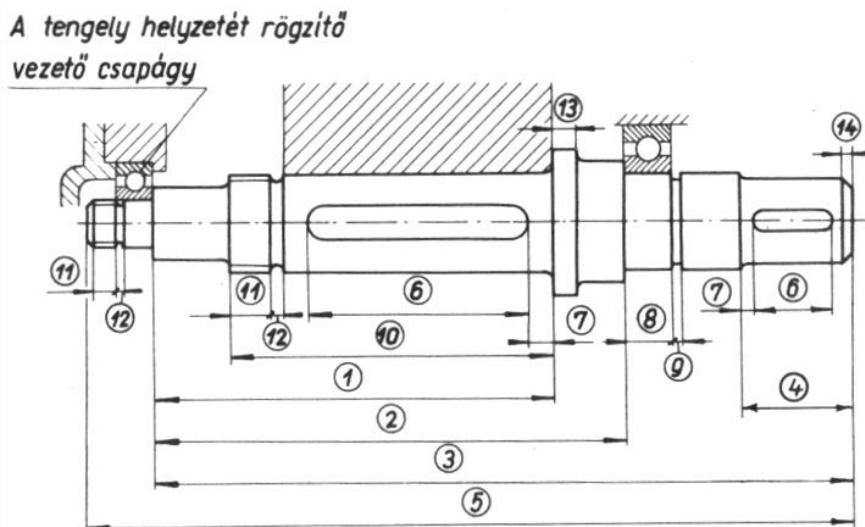


2.4.ábra [2]

alakzatot mutatnak. A b és a d külön megadása helyett a szimmetria további alkalmazásával összesen 3 hosszmeret, a j , c és a $b+c+d$ új méret is előírható. Ez a mérethálózat felépítés azt a gondolatot tükrözi, hogy a konstruktőr számára az a fontos, hogy a b és a d egymással egyenlő legyen.

Más jellegű gondolatokat is felvet egy furatrendszer mérethálózata. A 2.4. ábrán levő lemezalkatrésznek két szimmetriatengelye van. A méretek támaszkodhatnak akár a szimmetriatengelyre (2.4.a ábra), akár az alapul vett egyetlen furatra, az ún. bázisfuratra is (2.4.b ábra). Az első változat a működés szempontjából bizonyos furatpárok távolsága lényeges. A furatokat azonban nehéz elkészíteni a csupán gondolatban létező szimmetriatengelytől kiindulva. Az ún. koordináta-fúrógépen mérőhasábok segítségével igen nagy pontossággal lehet biztosítani a furatoknak a koordináta-rendszer önkényesen kijelölt kezdőpontjától való távolságát, helyzetét. A 2.4.c ábrán a bázisra támaszkodó mérethálózatot egyszerűsítve rajzoltuk, jelen esetben a bázis kizárólag technológiai tartalmú volt. A legtöbb esetben a mérethálózat konstrukciós tartalmú alapvonalra *bázisvonalra* épül.

A 2.5. ábrán egy tengely hosszmereteinek hálózatában a méretszámok helyére azt a sorszámot irtok, amely a méret jelentőségére és így közvetve az elkészítés sorrendjére is utal. A tengelyen rögzítendő fogaskeréknek a házhoz viszonyított helyzetét akkor tudjuk megfelelően biztosítani, ha a fogaskerék helyzetét meghatározó vállnak és a házhoz rögzített vezetőcsapágó felfekvési felületének távolságát közvetlenül adjuk meg. Fontosabb hosszmeret még a két csapágó távolsága, a tengelycsonkon levő váll helyzete, a tengelycsonk hossza, a reteszhornyok hossza stb.



2.5.ábra [2]

A mérethálózat bázisa a működés szempontjából fontos vezetőcsapágó felfekvési felülete

A működés szempontjából lényeges méretet azonban sokszor nem lehet közvetlenül mérni, akkor ez csak kiadódó, eredő méret lehet. A megkívánt pontosság ekkor is betartható, de az eredő méret összetevőit oly szűk tűrésmezőn belül kell elkészíteni, hogy az eltérések összege ne léphesse túl az előírást. Közvetlenül nem mérhető lényeges méret esetén helyettesítő méretet kell bevezetni. Csak az tudja eldönteni a méretekről, hogy azok gyártás közben közvetlenül mérhető-e, aki a gyártási technológiát jól ismeri. Semmiféle szerkezet tervezése, de még a legegyszerűbb alkatrész rajza sem függetleníthető a technológiától.

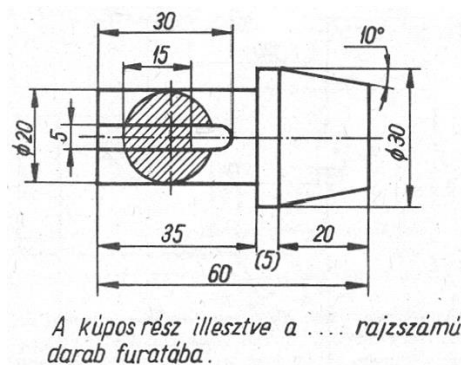
3.MÉRETHÁLÓZAT FELÉPÍTÉSE

A munkadarabról készült vetületeket el kell látni annyi mérettel, hogy annak alapján a gyártás és az ellenőrzés elvégezhető legyen.

A továbbiakban a törött, vagy kopott alkatrészekről készítendő műhelyrajzok beméretezésével foglalkozunk, tehát a néhány darabos gyártás szempontjait és szabályait vesszük figyelembe. A munkadarabról vett méretek a gyártási pontatlanságot is tartalmazzák, tehát azok általában nem az eredeti névleges méretek. Pl. a tolómérővel mért 29,9 mm-es méret esetében el kell döntenünk, kell-e a tizedes méret. Valószínűbb az, hogy 30 mm volt az eredetileg előírt méret, de a megengedett gyártási eltéréssel (tűrés) kisebb lett.

Az alkatrészek műhelyrajzán minden olyan méretet, jelölést, utalást fel kell tüntetni, amely a rúdanyagból, lemezből stb. történő gyártáshoz szükséges. (pl. lemez-alkatrészeknél a hajlítás, peremezés előtti alak: 3.8., 3.10. ábra). A géprajzi (méretezési) jelek használata sokszor azzal az előnnyel is jár, hogy nem szükséges külön vetület megrajzolása. Pl. az 3.2.ábrán az Ø jel alkalmazása feleslegessé tette az oldalnézet megrajzolását.

Forgástesteknél célszerű a vetületek elkészítése után először az átmérőket, majd a hosszirányú, méreteket megmérni és beírni. Ezután következhet a bevágások, lesarkalások, rádiuszok és a furatok méretmegadása, majd a szöveges utasítások (rovátkolva, krómozva stb.). Mindig mérhető méretet adjunk meg; pl. a horony mélysége pontosan csak 3.1. ábrán feltüntetett módon mérhető.



3.1.ábra[8]

Egyedi vagy néhány darabos gyártás esetén rendszerint nem követjük a „Kúposág, lejtés” c. fejezetben leírtakat. Egy pontosan illeszkedő kúpot kétféleképpen méretezhetünk be: vagy legyártjuk a kúpos darabot az ellendarabbal együtt, és így a pontos illeszkedést előírhatjuk, vagy ha pl, az ellendarab nem szerelhető ki, akkor a 3.1. ábrán látható szöveges utasítást alkalmazzuk.

A hosszirányú méretek közül azt, vagy azokat nem adjuk meg, amelyek pontossága a működés szempontjából lényegtelen. A meg nem adott un. kiadódó, méretnél adódik össze a többi méret szóródása, pontatlansága. A 3.1. ábra (5)-ös méretének - kiadódó méret - szóródását kiszámíthatjuk: A-többi tűrésezetlen méret megengedett méretszórását a szabvány tartalmazza, amely szerint a megengedett eltérések értékei:

$$60 \pm 0,4; \quad 35 \pm 0,3; \quad 20 \pm 0,3.$$

A kiadódó méret legkisebb értékét akkor kapjuk, ha a 60-as méret a lehetséges legkisebbre, a 35-ös és a 20-as méretek pedig a lehetséges legnagyobb méretre sikerülnek:

$$59,6 - (35,3 + 20,3) = 4,0 \text{ mm},$$

Értelemszerűen kiszámítható a lehetséges legnagyobb méret is, ez 6 mm-re adódik. Egy kialakítás méreteit mindig a legjellemzőbb vetületen adjuk meg. A tagolt furattal rendelkező forgástestet célszerű félmetset- félnézetben ábrázolni, és a belső hosszirányú méreteket az egyik, a külső hosszirányú méreteket a másik oldalra kivetítve megadni (3.2. ábrán).



Furat szélének életörését általában a 3.2. ábrán. ábrán látható módon adjuk meg. Kisméretű furatok esetében, amikor fúróval, illetve süllyesztővel készítik el az életörést, a 3.14. ábrán bemutatott módon járunk el. Egyenlőtlen furat-elosztás, vagy háromnál kevesebb furat esetén a furatok helyzetének megadása a 3.3. ábra szerint történhet. A furatoknak pontosan kell találkozniuk az ellendarab furataival, úgy a rajzon alkalmazott szöveg: "Az Ø 5 furatok együtt fúrva az ellendarabbal".

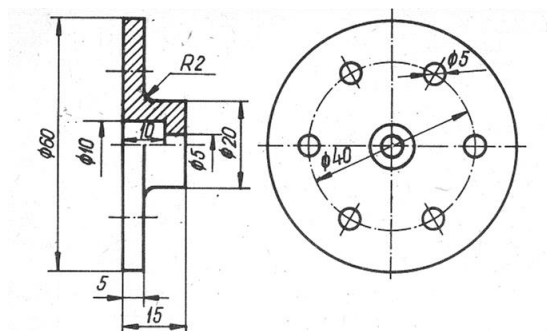


Szimmetrikus alkatrészeknél az azonos méreteket csupán az egyik oldalon adjuk meg (3.6. ábra: 60°-os letörés).

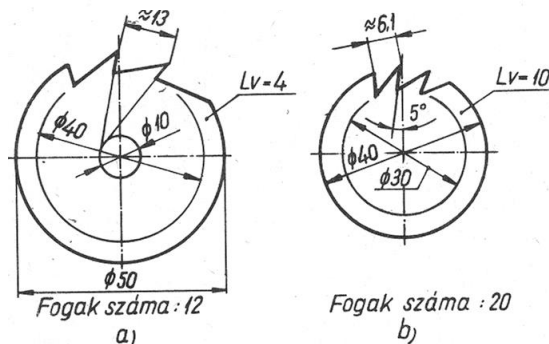
Az alkatrészek általában vannak olyan kialakítások (pl. furatok, hornyok), amelyek egy másik alkatrész megfelelő kialakításaival illeszkednek. Ilyenkor az összetartozó kialakítások helyét egymástól adjuk meg, így találkoznak a legpontosabban az ellendarab hasonló részeivel (3.6. ábra: Ø10-es furatok). Helytelen méretmegadás is látható a 3.6. ábrán: itt a 15-ös és a 30-as méretek pontatlansága összeadódik a két furat távolságára vonatkozóan.

A 3.7. ábrán az excentricitás és a gömbvégződés méretmegadását láthatjuk. A gömbszelet szélességét természetesen nem kell megadni, hiszen az kiadódó méret.

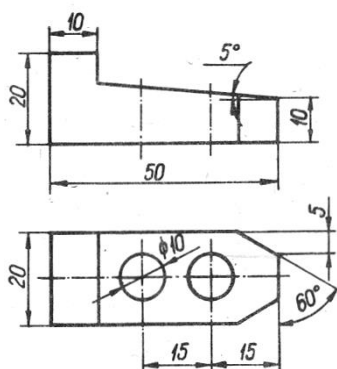
Lemezről készült alkatrészek esetében először adjuk meg a hosszúsági és a szélességi méreteket, ezután a lemezvastagságot és a meglevő hajlítási sugarakat, majd a furatokat, bemunkálásokat és letöréseket, s végül a szöveges utasításokat. Az $L_v = \dots$, egyszerűsített méretmegadást csak akkor alkalmazhatjuk, ha egyik vetületen sem látszik a lemezvastagság.



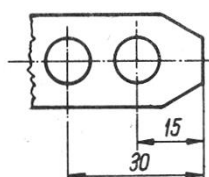
3.4.ábra [8] Furatos tárcsa



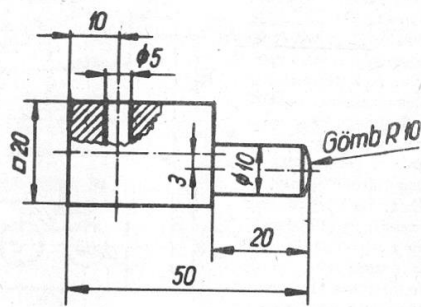
3.5.ábra [8] Kilingskerék ábrázolása



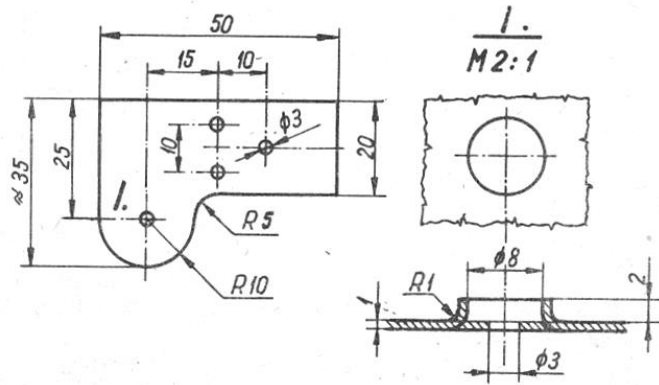
Helytelen:



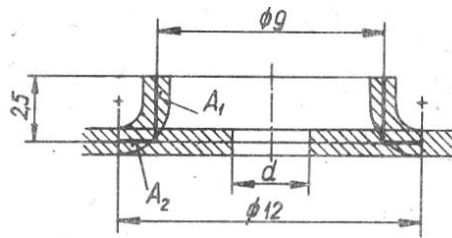
3.6.ábra [8]



3.7. ábra [8]



3.8. ábra [8]



3.9. ábra [8]

A kiemelt és kinagyított részletben (két vetületben) látható a kiperemezett furat (3.8. ábra). A gyártás folyamán szükség van a peremezés előtti furat-méretre. A 3.9. ábrán látható, hogy kis görbületi sugarú peremezés esetén közelítőleg a következő egyenlőség áll fenn (a peremezés előtti körgyűrű felület egyenlő a kiperemezés utáni felület-elemekkel):

$$A_1 + A_2 \approx \frac{12^2 - d^2}{4} \cdot \pi$$

$$9\pi \cdot 2,5 + \frac{12^2 - 9^2}{4} \cdot \pi = \frac{12^2 - d^2}{4} \cdot \pi \quad / \cdot \frac{4}{\pi}$$

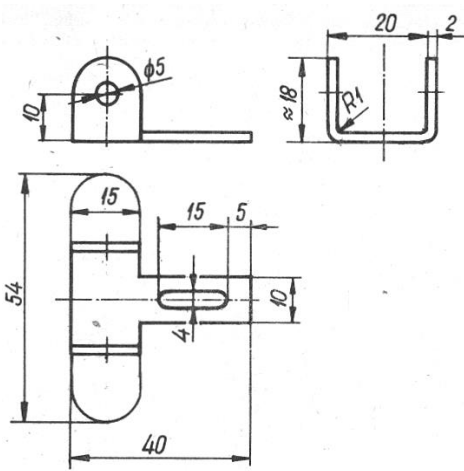
$$90 + 63 = 144 - d^2$$

$$d = \sqrt{9} = 3 \text{ mm}$$

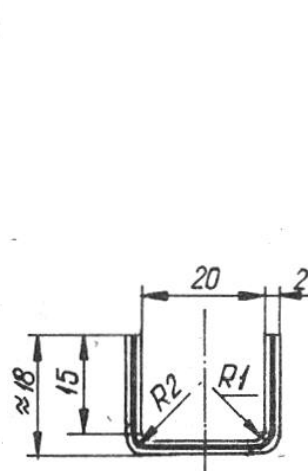
Peremezés előtt tehát egy Ø3-as furatot kell fúrni. A közelítő számítás pontatlanságából következik, hogy kiperemezés után a peremből egy keveset le kell majd munkálni.

Hajlított lemez-alkatrész esetében el kell dönteni, mely kialakítások (pl. furatok) készülnek hajlítás előtt a kivágott lemezen, s melyek hajlítás után. Ha pl. két szemben lévő furatnak egytengelyűnek kell lennie, akkor azokat a kész hajlított darabot ábrázoló vetületén kell méretezni; nem pedig a vékony vonallal rajzolt kiterített részen (3.10. ábra: Ø5-ös furatok). Így gyártáskor egyszerre fúrják a két furatot, és azok pontosan fedésben lesznek egymással. A hajlított részen lehetőleg a belső sugarat adjuk meg, mert ilyen sugarú élre, ill., ellendarabra kell ráhajlítani gyártáskor a kivágott lemezt (3.10. ábra: R1-es sugar).

A hajlított lemez - alkatrész kiterített képét mindig meg kell adni, hogy a gyártás egyértelmű legyen. Ez történhet a kész darabot ábrázoló valamelyik vetületen vékony vonallal történő kiegészítéssel (3.10. ábra), vagy külön vetületben (3.12. ábra).

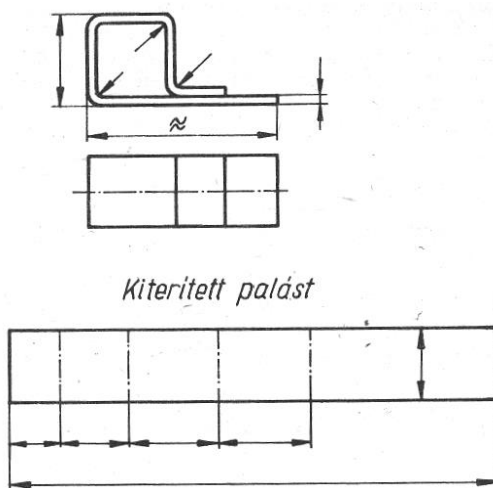


3.10.ábra [8]



3.11.ábra [8]

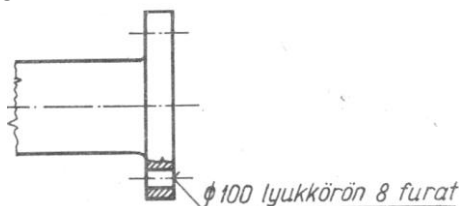
A 3.10. ábrán bemutatott alkatrész kész méreteiből kell tehát meghatározni a síkba terített idom szélességi (54-es) méretét. A 3.11. ábrán vastag vonallal bejelölt középvonal (semleges szál) a hajlításnál a hosszát gyakorlatilag nem változtatja. (Nyilvánvaló, hogy a hajlítási sarkokban a belső részek összenyomódnak, a külső részek pedig megnyúlnak.) A középső szál hossza öt részre bontható, ebből kettő egy R2-es sugarú negyedkörív:



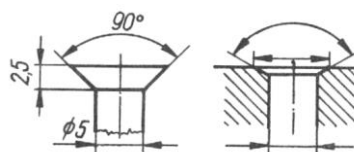
3.12.ábra [8]

$$\begin{aligned}
 2 \cdot \pi &= 6,28 \\
 20 - 2 &= 18,00 \\
 2 \cdot (18 - 3) &= 30,00 \\
 54,28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lefelé kerekítve 54 mm a kiterített palást számított szélessége; ezzel az egyébként kiadódó 18-as méret a számítás szerint oldalanként 0,14 mm-rel eleve kisebb lesz. A méretcsökkenés elhanyagolhatóan kevés, a kerekítés tehát elfogadható.



3.13.ábra [8]

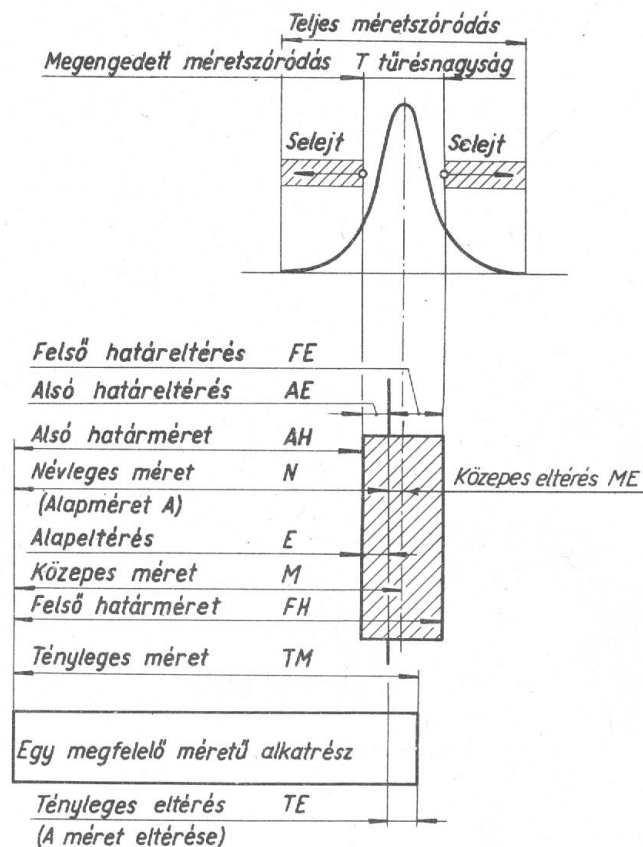


3.14.ábra [8]

4. TŰRÉS

Sorozatgyártás esetén tapasztalhatjuk, hogy a sorozat tagjai nem pontosan egyformák, az egymásnak megfelelő méretek között eltérés tapasztalható. A méret szóródását eléggé jól jellemzi a Gauss-féle gyakorisági görbe (4.1. ábra), ahol az ordináta azt mutatja, hogy adott elemszámú sorozatból hány százalék készült el egy szűkebb mérettartomány határain belül. A legnagyobb gyakoriságot szimmetrikus tűrésmező esetén a névleges méretnél kellene kapnunk. Valójában a szóródás sűrűségfüggvénye aszimmetrikus.

A rajzon egyetlen méretszámmal megadott méretet a gyártás folyamán nem lehet abszolút pontossággal betartani, bizonyos méretszóródással (azaz a kívánt mérettől való eltéréssel) mindig számolni kell. A méretszóródás ellenére is biztosítani kell az alkatrészek helyes működésének, illetőleg kapcsolatának megfelelő pontosságát úgy, hogy cserélhetők és gazdaságosan gyárthatók legyenek. A méretszóródást előre megszabott szélső mérethatárok - megengedett legnagyobb és legkisebb méret - közé kel szorítanuk.



4.1. ábra [2]

4.1. Tűrés (tolerancia)

A megengedett méretszóródás terjedelme. Betűjele: *T*.

Megengedett legnagyobb méret: 40,1 mm

Megengedett legkisebb méret: 39,9 mm

Megengedett méretszóródás: 0,2 mm

4.2. Névleges méret

Az elméletileg megkövetelt méret csupán névleges értékű lesz. Azokat a mérethatárokat, amelyek között a valóságos méretek ingadozhatnak, célszerűen egy névleges mérettől, mint alapmérettől való eltérések alakjában adjuk meg.

A névleges méret tehát a munkadarab nagyságrendjét jellemző alapméret (betűjele: *N*).

4.3. Tényleges méret

Tényleges méret a munkadarab valóságos mérete. Betűjele: **TM**. Ez - a tűrésnek megfelelő határok között a mindenkori méretszóródással - eltérhet a névleges mérettől.

4.4. Határméret

Azokat a megengedhető mérethatárokat, amelyek közötti méretekkel a munkadarab még megfelel rendeltetésének és gazdaságosan gyártható, határméretnek nevezzük.

Alsó határméret a munkadarab megengedett legkisebb mérete. Betűjele: **AH**.

Felső határméret a munkadarab megengedett legnagyobb mérete. Betűjele: **FH**.

A tűrés a felső és alsó határméret különbsége. $T = FH - AH$.

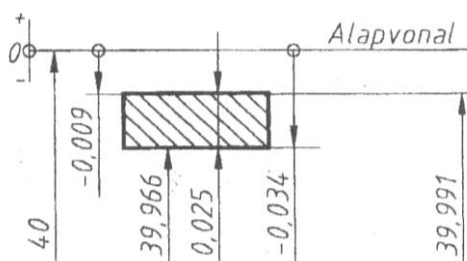
$$AH < TM < FH$$

$$15 < TM < 15,021$$

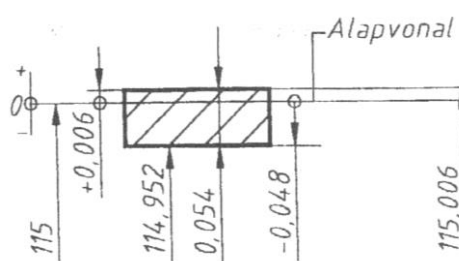
A tűrés a két határméret különbsége, azaz $FH - AH = T$ $15,021 - 15 = 0,021\text{mm}$.

$$15_{-0,034} < TM < 15_{-0,016} \quad 14,966 < TM < 14,984$$

Példa:



4.2.ábra [5]



4.3.ábra [5]

A 4.2.ábra szerint: Ø40g7

FE = -9 μm, AE = -34 μm.

FH = N + (-FE) = 40 - (-0,009) = 39,991 mm.

AH = N + (-AE) = 40 + (-0,034) = 39,966 mm.

T = FE - AE = -9 - 34 = 25 μm

:

A 4.3.ábra szerint: Ø115M8

FE = 6 μm, AE = -48 μm.

FH = N + FE = 115 + 0,006 = 115,006 mm.

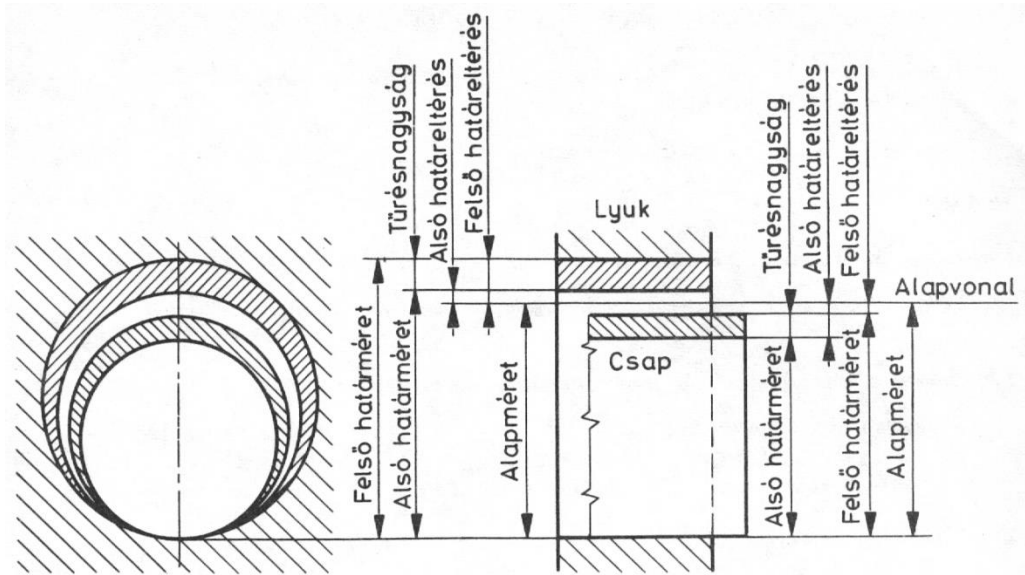
AH = N + (-AE) = 115 + (-0,048) = 114,952 mm.

T = FE + AE = 6 + 48 = 54 μm

5. HATÁRMÉRETEK ÉS TŰRÉSEK ÁBRÁZOLÁSA

5.1. Alapvonal és a névleges mérettől való eltérések ábrázolása

Határméretek és tűrések ábrázolásánál a névleges alapméret által meghatározott vonalat alap-vonalnak nevezzük. Az alapvonal eltérése önmagától nulla, ezért nullvonalnak is nevezik.



5.1.ábra [9]

5.2.Felső határméret

A munkadarab két határmérete közül a nagyobb. Jele: FH_L . $FH_L = N + FE_L$

5.3.Alsó határméret

A munkadarab két határmérete közül a kisebb. Jele AH_L . $AH_L = N + AE_L$

5.4.Határeltérések

A határméreteket úgy adjuk meg, hogy feltüntetjük az N névleges méret méretszáma mellett az attól való eltéréseiket. Ezek a határeltérések.

5.5.Felső eltérés

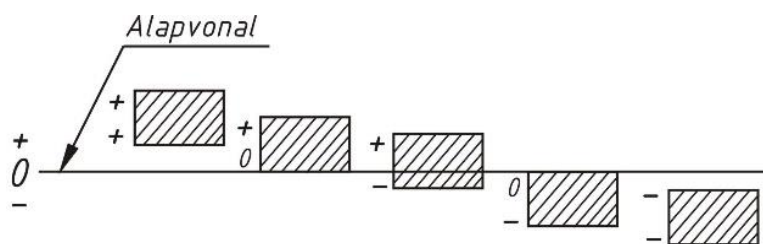
A felső határméret megengedett eltérése a névleges mérettől. Jelölése: FE_L . $FE_L = FH_L - N$.

5.6.Alsó eltérés

Számértéke az alsó határméretnek és a névleges méretnek a különbsége. Jelölése: AE . $AE = AH_L - N$. Az eltérések mindig előjeles (pozitív vagy negatív) számok, szemben a tűréssel, amelynek nincs előjele. Az eltérés előjele a névleges mérettől való eltérés irányát adja meg.

5.7. A tűrésmezők helyzetei az alapvonalhoz viszonyítva

A tűrésmezők határeltéréseinek előjeleit a névleges mérethez képest elfoglalt helyzete határozza meg. Ezt jól szemlélteti az 5.2.ábra.



5.2.ábra. [9]

5.8.Tűrésmező

A felső és alsó eltéréseknek, illetőleg a felső és alsó határméreteknak megfelelő vonalak közötti területet, amely a tűrést ábrázolja, tűrésmezőnek nevezik. A tűrésmező az alapvonalhoz képest adott fekvésével és nagyságával meghatározza a munkadarab határméreteit.

Felső határméret – Alsó határméret = Tűrés

Ha a határméreteket eltéréseikkel kifejezve írjuk fel, akkor a tűrés: $(N + FE) - (N + AE) = FE - AE = Tűrés$.

6. ILLESZTÉSI ALAPFOGALMAK

Két-két csatlakozó alkatrész általában vagy elmozdulhat egymáson, vagy rögzített lehet egymáshoz képest. Ennek megfelelően az alkatrészek több-kevesebb lazasággal, illetőleg szorossággal kapcsolódhatnak egymásba.

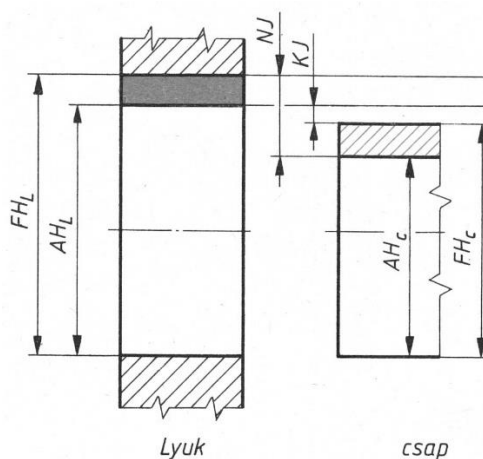
6.1. Illesztés

Illesztés alatt, tehát előre megszabott játéknak vagy fedésnek megfelelő méretekkkel készült alkatrészek összeillesztését értjük.

Az illesztés tehát az a tevékenység, amelynek eredményeként az egymásba kapcsolódó alkatrészek helyes üzemi működésének, vagy szerkezeti rendeltetésének megfelelő kapcsolatát biztosítjuk.

6.1.1 Laza illesztés (játék)

Játék a méretkülönbség neve akkor, amikor a külső alkatrész csatlakozási mérete nagyobb a belsőnél, vagy fordítva a belső méret kisebb a külsőnél (6.1.ábra). Ha p_1 a lyuk mérete nagyobb a csapnál, vagy a csap mérete kisebb a lyuknál.



6.1.ábra [10]

6.1.2. Legnagyobb játék (NJ)

Akkor keletkezik, amikor a legnagyobb méretű (felső határméretű) lyuk találkozik a legkisebb méretű (alsó határméretű) csappal.

6.1.3. Legkisebb játék (KJ)

Akkor áll elő, amikor a legkisebb méretű (alsó határméretű) lyuk párosul a legnagyobb méretű (felső határméretű) csappal.

6.1.4. A tényleges játék

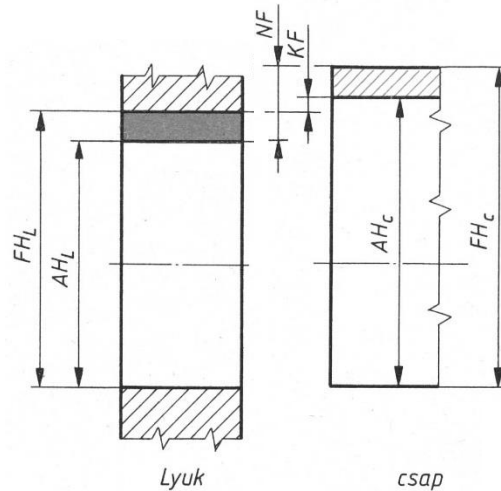
Attól függ, hogy a munkadarabok elkészített tényleges méretei hogyan helyezkednek el a határméretek között.

6.1.5. A játék tűrése

A nagyjáték és a kisjáték különbsége. $NJ-KJ$, vagy a Tűrések összege $T_j = T_L + T_C$. T_L - lyuk tűrése, T_C - csap tűrése.

6.2. Szilárd illesztés (fedés)

Fedés a méretkülönbség neve, ha a csap csatlakozási mérete szerelés előtt kisebb a furat méreténél, vagy fordítva, a belső méret nagyobb a külső méretnél.



6.2.ábra [10]

6.2.1. Legnagyobb fedést (NF)

Akkor kapjuk, amikor a legnagyobb méretű (felső határméretű) csapot a legkisebb méretű (alsó határméretű) lyukkal párosítjuk. Ezt az esetet az ábra jobb szélső képe érzékelteti.

6.2.2. Legkisebb fedést (KF)

A legkisebb méretű (alsó határméretű) csapnak és a legnagyobb méretű (felső határméretű) lyuknak párosítása adja. Ezt jobbról a második kép mutatja.

6.2.3. Tényleges fedés

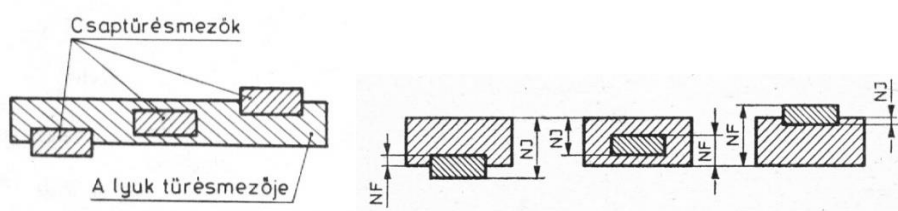
Ismét attól függ, hogyan helyezkednek el a munkadarabok valóban elkészített méretei a határméretek között

6.2.4. Fedés túrése

A nagyfedés és a kis fedés különbsége: $T_f = NF - KF$ vagy a túrésmezők összege: $T_f = T_L + T_c$

6.3. Átmeneti illeszkedés

Az illesztett munkadarabok játékkal és fedéssel is illeszkedhetnek de a tényleges méretek szóródása miatt nem bizonyos, hogy melyik eset lép fel (6.3.ábra). Ezért kell megvizsgálni, hogy a túrésmezők középértékei fedést vagy játékot adnak. Így kétféle lehet az illeszkedés jellege: Szilárd jellegű átmeneti illesztés vagy laza jellegű átmeneti illesztés. Ezt az illeszkedést egymáson üzemkötésben el nem mozduló alkatrészek illesztésére használják. Kötő gépelemek alkalmazásával (pl. ék, retesz) szereléssel oldható erőátviteli kötést ad.



6.3.ábra [9] Átmeneti illesztések

6.4. Illeszkedés

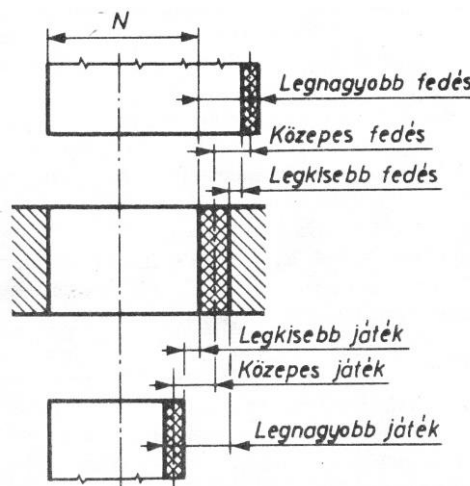
Illeszkedés alatt általában a már elkészült alkatrészek egymáshoz való kapcsolódását értjük. Az illeszkedés mérőszámot jelent, amely a kapcsolódó alkatrészek összeillesztés előtti méreteinek különbségével egyenlő. Az illeszkedés tehát játék, vagy fedés lehet.

6.5. Az illeszkedés jellege

Egymásba illeszkedő munkadarabok kapcsolatának lazasága vagy szorossága a közöttük lehetséges játék vagy fedés különböző nagyságának megfelelően különböző mértékű lehet.

Annak a jellegzetes játéknak vagy fedésnek a nagyságát, amellyel valamely illeszkedés lazaságát vagy szorosságát jellemezzük, az illeszkedés jellegének nevezzük.

A lehetséges sokféle nagyságú játék vagy fedés miatt az illeszkedés jellegét egy kívánatos középértékkel, a tűrésmezők középvonalának megfelelő tényleges méreteknél keletkező közepes játékkal vagy fedéssel szokták jellemezni (6.4. ábra). Az így meghatározott közepes játék vagy fedés a tűrésmezők középvonal távolságával lesz egyenlő.



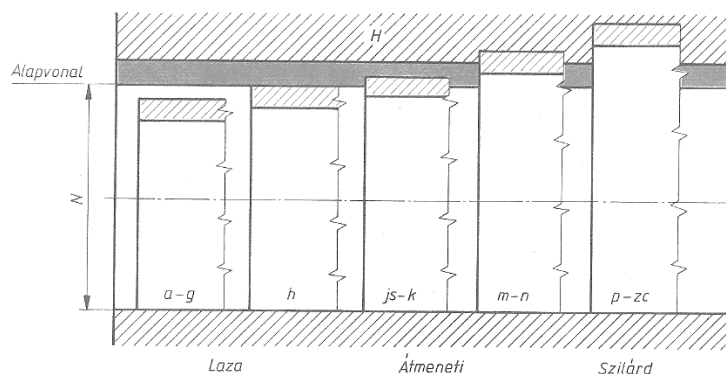
6.4. ábra [9]

6.6. ISO Illesztési rendszer (International Standardizing Organisation)

6.6.1. Alaplyukrendszer (H)

Az alaplyuk csoportban a lyuk tűrésmezőjének alsó határa bármely névleges méretnél mindig az alapvonal, vagyis az alaplyuk alsó határmérete mindig a névleges méret, így az alaplyuk alsó eltérése 0 (6.5. ábra).

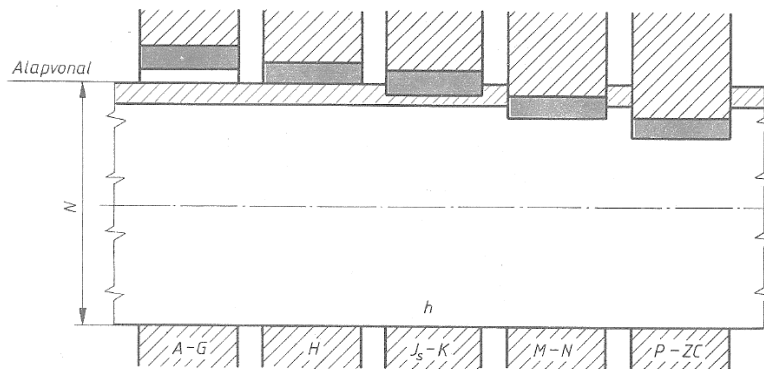
A különböző fajtájú illesztéseket pedig úgy érjük el, hogy valamely adott névleges méret esetén az alaplyuk állandó helyzetű tűrésmezőjéhez képest a csap tűrésmezőjét a kívánt játéknak vagy fedésnek megfelelően helyezzük el.



6.5. ábra. Alaplyukrendszer [10]

6.6.2. Alapcsaprendszer (h)

Az alapcsap csoportban a csap tűrésmezőjének felső határvonala mindig érinti (bármely névleges alapméretnél) az alapvonalat, azaz az alapcsap (6.6.ábra) felső határmérete a névleges méret, az alapcsap felső eltérése 0.



6.6.ábra. Alapcsaprendszer [10]

Mindkét rendszerre szükség van, azonban az alaplyuk-rendszert gyakrabban használják. A gyakorlat igényeinek megfelelően többféle minőségű alaplyukat és alapcsapot választunk, és ezekhez rendeljük a csapok, illetve lyukak tűrésmezőinek olyan sorozatait, amelyek az általános gépgyártásban szükséges illeszkedéseket eredményezik.

Azonos tűrések betartása lyuk készítésekor általában nehezebb, mint csap készítésekor, ezért az IT9-nél finomabb minőségű lyukakat az 500 mm-ig terjedő átmérőtartományban általában egy minőségi fokozattal finomabb csaphoz szokás párosítani (pl. H7/g6, P7/h6), de más párosítások is használatosak különösen az 500 és 3150 mm közé eső átmérők P...U betűjelű lyukait azonos minőségű csaphoz írják elő.

Előfordulhat, hogy az alaplyuk- vagy az alapcsap-rendszerben ajánlott párosításokkal nem oldható meg valamely feladat. Ilyenkor más párosítást kell alkalmazni.

- Laza illesztésű lyukak és csapok betűjelei

A- H : a- h betűjelű csapok tűrésmezője úgy fekszik, hogy az alapcsappal, illetőleg az alaplyukkal párosítva mindig játékot ad.

- Átmeneti illesztésű lyukak és csapok:

J- N : j- n, a betűjelű csapok tűrésmezői úgy fekszenek, hogy az alapcsappal, illetőleg az alaplyukkal párosítva játékot és fedést egyaránt adhatnak.

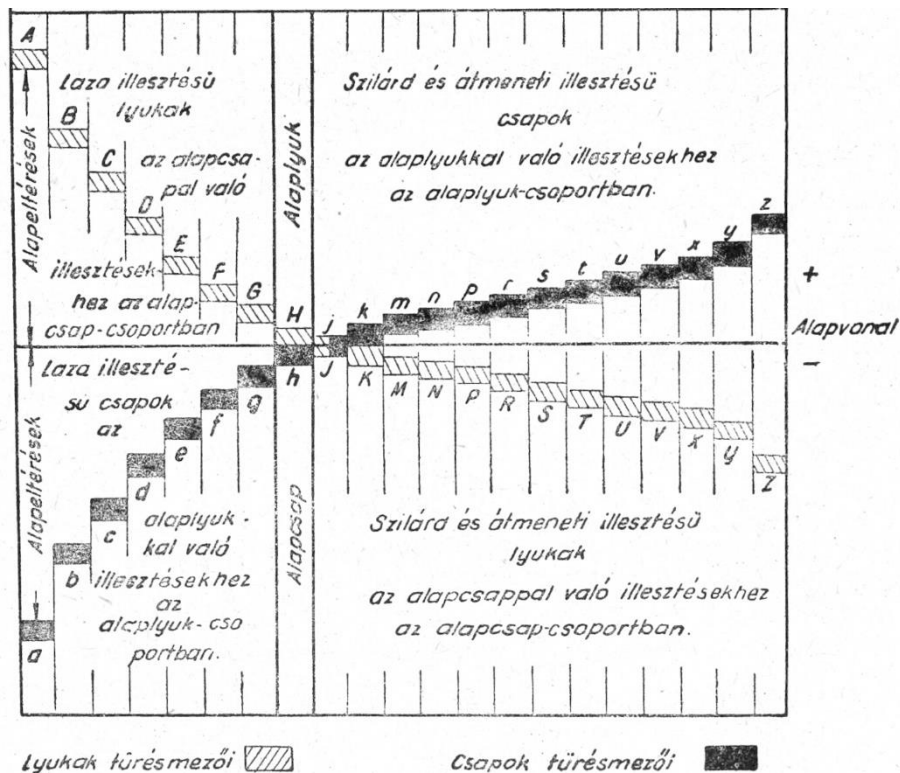
- Szilárd illesztésű lyukak és csapok:

P- Z : p- z betűjelű csapok tűrésmezője úgy fekszik, hogy az alapcsappal, illetőleg az alaplyukkal párosítva mindig fedést ad.

Az: **I, L, O, Q, W** és **i, l, o, q, w** betűk nem fordulnak elő, mert egyéb jelekkel összetéveszthetők.

Egy-egy betűvel jelölt alapeltérés azt határozza meg, hogy milyen távol fekszik az annak megfelelő tűrésmező az alapvonalától.

A 6.7.ábrán összevonva látható a tűrésmezők elhelyezkedései az alapcsap- és alaplyukrendszerben. Továbbá jól szemlélteti az alapeltéréseket a laza, az átmeneti és a szilárd zónában.



6.7.ábra ISO tűrésmezők alapeltérései és betűjeleik csapok és lyukak részére [11]

6.7. Az ISO tűrésegsége és a Renardsor

A gazdaságos gyártásnak megfelelő tűrések nagysága a munkadarab átmérőjének nagyságától függ. Adott átmérő betartása nehezebb kisebb átmérőknél, mint nagyobbaknál, és adott átmérő mellett adott tűrés betartása könnyebb a csapnál, mint a lyuknál.

A műszakilag megalapozott, igen jól átgondolt ISO rendszer a méretszám mögé írt betűvel és számmal jól áttekinthetően, egyszerűen fejezi ki a tűrés fekvésének jellegét és minőségét.

Az ISO tűrésrendszerben a tűrés nagysága a minőségtől és a mérettől függ. Szigorúbb tűrésű méretet finomabb gyártási eljárással készítünk el, mert csak így érhető el a kisebb méretszóródás. A pontosabb gyártási eljárás eredménye a finomabb minőség. Az ISO rendszer 16 minőséget használ, ezeket IT 1.... IT 16 jelöli. A finomabb minőséget a kisebb szám jelenti. Ugyanolyan minőségű gyártásnál kisebb mérethez kisebb tűrés tartozik. Ezért a tűrésnagyság számításának alapja, az ISO *tűrésegség* a méret függvénye

$$\text{Jele: } i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k (\mu\text{m}) \quad (D \leq 500\text{mm}) \quad D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} (\text{mm}) \quad T_L = i \cdot q_L (\mu\text{m})$$

$$I = \text{tűrésegség} \quad I = 0,004D + 2,1 (500 < D \leq 10000)$$

A képletek mikrométerben (μm) fejezik ki azokat az egyedül csak a mm -ben kifejezett D átmérőtől függő i , illetve I tűrésegségeket, amelyeknek kerekített többszöröse adják általában az IT tűrés-alapsorozatokban összefoglalt T tűrésnagyságokat. A q többszöröző *minőségi tényező* csak a minőségtől függ.

A képletek azt a tényt tükrözik, hogy ugyanazon gyártási feltételek mellett a gyártási hibák nagysága és az átmérő között megközelítőleg parabolikus összefüggés tapasztalható. Az 500 mm-nél nagyobb átmérők esetében a parabola egyenessé fajul.

1.táblázat [11] Tűrés alapsorozathoz rendelt tűrésminőségi tényezők

Tűrésminőség IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tűrésegység szorzója (q)			1,7	2,2	3,7	4,9	7	10	16	25	40
Tűrésminőség IT	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tűrésegység szorzója (q)	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500	4000	6400

IT tűrössorozat területei: - 01-5 mérőeszközök,
 - 5-11 gépalkatrészek,
 - 11-17 durván megmunkált munkadarabok tűrésezése.

Az 1-től 500 mm-ig terjedő mérettartományt a szabvány 13 csoportra osztja. A csoporton belül minden mérethez a csoport határméreteinek geometriai közepéhez tartozó tűrésegységet alkalmazunk.

Így $13 \cdot 16 = 208$ tűrésnagyság van. A 16 minőség tűrésnagyságai 5-ös Renard sor szerint követik egymást.

E geometriai sor hányadosa:

$$q = \sqrt[5]{10} = 1,6$$

Az n-ik minőség tűrésnagyságát így számítjuk ki:

$$T_n = q_n \cdot i = q^{n-1} \cdot i = (\sqrt[5]{10})^{n-1} \cdot i.$$

IT 2 - IT 5 között a tűrésnagyságok kerekített geometriai lépcsőzés szerint ($q = 1,6$), IT 5 - IT 16 között pedig az 5-ös Renard sor szabványos számai szerint következnek. Mivel IT 1-nél $q_1=1$ és IT 16-nál $q_{16}=1000$, a tartomány alkalmas a technika valamennyi gyakorlati feladatában a tűrés előírására. A legfinomabb minőségeket (IT 1 - IT 4) a mérőeszközökhöz, az IT 5 - IT 11 tartományt általában a gépszerkezetek gyártásánál használjuk. Ezen belüli az IT 5 és IT 6 kifejezetten finom, pontos gyártmányhoz alkalmas, az IT 7 - IT 9 pedig az általános műhelypontosságnak felel meg. Az IT 10-es és IT 11-es fokozat a még tűrésezendő, de kisebb pontossági igényű méretekhez, az IT 12 - IT 16 pedig a legdurvább méretek tűrésének előírásához használható. A tűrés nagyságát a gyakorlatban nem kell kiszámítani, mert a szabvány táblázataiból a méretcsoport és a minőségi osztály) alapján közvetlenül kiválasztható (1.táblázat).

Az említett 16 minőségen kívül kidolgozták az IT 12 k IT 22 k kerekített alapsorozatokat, kerekített tűrésnagyságokkal. Ezeket elsősorban a tűrésezetlen méretek megkívánt pontosságának megadására használják.

A minőséget jelentő szám közvetlenül csupán a pontossági fokozatról tájékoztatott, a tényleges tűrésnagyságot közvetve adta meg (a szabvány táblázatának adatai, a megfelelő méretcsoportnál). Ez az előírásmód a tervező és rajzolvásó számára sokkal szemléltetőbb, mint ha a tényleges tűrésnagyságot írnánk elő.

A tűrés nagysága az 500 mm-ig terjedő átmérők esetén az IT 5 és IT 16 minőségek között, az 500 mm-nél nagyobb átmérők esetében pedig az IT 6 és IT 16 minőségek között közelítőleg mértani sorozatot képez (1. táblázat). A tényező az IT 6 minőségtől kezdve 5 lépésenként tízszeresedik. Ez a szabály IT 16 felett is alkalmazható.

Az 500 mm-ig terjedő átmérők esetén az IT 01 -IT 4-ig terjedő minőségekre a T tűrésnagyságok nem a tűrésegység többszörösei, hanem az alábbi képletekből származnak:

Az IT 01 minőség esetén $T = 0,3+0,008D$,

IT 0 minőség esetén $T = 0,5+0,012D$,

IT 1 minőség esetén $T = 0,8+0,020D$, ahol T mértékegysége μm , D mértékegysége mm.

Az IT 2, IT 3 és IT 4 minőségekhez a tűrésnagyságokat nem képletek segítségével állapították meg, hanem úgy vették fel, hogy az IT 1 és az IT 5 minőségekhez tartozó értékekkel együtt megközelítőleg mértani sorozat adódjon.

6.7.1. Általános szabály

Valamennyi alapeltérés nagyságát és előjelét ugyanazon betűjelű csap határeltéréseiből vezették le, általában úgy, hogy

$$\left. \begin{array}{l} \text{az A és H közötti lyukakra} \quad AE_L = -FE_C \text{ és} \\ \text{a J és ZC közöttiekre} \quad FE_L = -AE_C \end{array} \right\} E_L = -E_C$$

tehát a lyuk alapeltérése a csap alapeltéréseinek negatív értéke.

E szabály alól kivételt képeznek a 3 mm-nél nagyobb átmérőjű, IT 8-nál durvább minőségű, N jelű lyukak, amelyek alapeltérése egységesen nulla, továbbá a 3 mm-nél nagyobb átmérőjű

IT 6, IT 7 és IT 8 minőségű	J jelű, az
IT 9-nél finomabb minőségű	K, M és N jelű, végül az
IT 8-nál finomabb minőségű	P...ZC jelű lyukak.

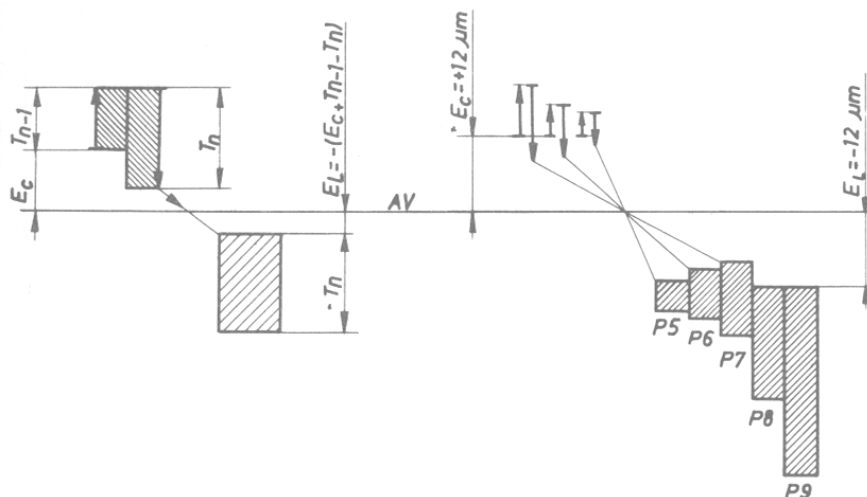
6.7.2. Különleges szabály

A felsorolt kivételekre az $FE_L = -AE_C + \Delta$, ahol $\Delta = T_n - T_{n-1}$ vagy az

$$E_L = -(E_C + T_{n-1} - T_n)$$

képlet szerint kell megállapítani az eltérést, tehát az általános szabály szerint képezett alapeltérést a lyuk szóban forgó minőségi fokozatának és az azt egy fokkal megelőző minőségi fokozat tűrésnagyságának különbségével (algebrailag) meg kell növelni.

Ezt szemlélteti a 6.8. ábra általános vázlatával, majd példaképpen léptékhelyes ábrázolásban az Ø5 P5, ..., Ø5 P9 tűrésekre.



6.8.ábra [9]

E szabály alól egyetlen kivétel van: az M6 lyuk a 250...315 mm átmérőcsoportban, mert $E_L = -11 \mu\text{m}$ alapeltérés helyett $E_L = -9 \mu\text{m}$ alapeltérésű.

A másik határeltérés az alapeltérés és a T_L tűrésnagyság felhasználásával az

$$FE_L = AE_L + T_L = E_L + T_L \text{ vagy az}$$

$$AE_L = FE_L - T_L = E_L - T_L$$

összefüggésből következik, és ennél fogva a minőségtől függ.

Az így rögzített alapeltérésekkel azonban az azonos minőségű lyukak és csapok párosításából adódó illesztések (p1. H7/s7 és S7/h7) jellege nem azonos.

7.A TŰRÉSEZETLEN MÉRETEK JELLEMZÉSE

Ha a műhelyszerű pontosság, vagyis a műhely egyszerű, gondos munkájából adódó méretszóródás az alkatrész felhasználhatóságát nem befolyásolja, a tervező a méretet (a méretszám mellett) tűrésezetlenül hagyhatja.

Ha a rögzített méretpontosság nem kíván különleges gyártást és ellenőrzést akkor annak előállítása gazdaságos.

A rajzon nem szabad tűrésezetlenül hagyni olyan méretet, amelynek a szabvány szerinti tűrésekkel való elkészítése, illetve ellenőrzése szerelési nehézséget okozhat (illeszkedés, cserélhetőség), vagy a gyártmány működési biztonsága, illetve minősége károsodhat.

Az alkatrészrajzokon a névleges *méretek mellett gyakran nincs tűrés feltüntetve*. Ezek a tűrésezetlen méretek. Természetesen ezeknek a méreteknek a megengedett méretszóródását is előírja a szabvány. A tűrésezetlen méretek méretszóródása az általános műhelyfeltételek mellett elérhető, egyszerű mérőeszközökkel ellenőrizhető.

A tűrésezetlen hosszméretek határeltérései a következő módon határozhatók meg:

1. A szabvány - által előírt minőségjelekkel (az 1 mm-től 40000 mm-ig terjedő méretekre).
2. A tűrések négy tűrésosztályba vannak sorolva, amelyek közül mindenkor a még elfogadható legdurvábbat kell választani.

A szabványban előírt pontossági osztályokkal, amelyek elnevezése finom (t_1), közepes (t_2), durva (t_3) és nagyon durva (t_4).

A különböző felületekhez tartozó tűrésezetlen méretek határeltérései általános előírással változatainak megfelelően kell előírni.

A tűrések elhelyezkedése a névleges mérethez képest általában szimmetrikus, azonban belső méretekre egyoldalas pozitív, külső méretekre pedig egyoldalas negatív eltérés is előírható.

A tűrésezetlen szögméretek határeltéréseit a tűrésezetlen hosszméretek határeltéréseinek megfelelő minőségek, ill. pontossági osztályok függvényében határozták meg.

A rajzon, ha szükséges, a műszaki követelményekben írjuk elő a tűrésezetlen méretek pontosságát.

A tűrésezetlen méretek határeltéréseinek magválasztásakor előnyben kell részesíteni a 14-es minőséget vagy a közepes pontossági osztályt.

8. MÉRETLÁNCOK

A tűréstechnikai számítások a következő tételek alapján végezhetők el:

- a) az eredő tűrés mindenkor az összetevő tűrések összege;
- b) az eredő felső határeltérését úgy számítjuk ki, hogy a tűréslánc összeadandó tagjainak felső határeltéréseit összeadjuk, és ebből a tűréslánc kivonandó tagjainak alsó határeltéréseinek összegét levonjuk;
- c) az eredő alsó határeltérését úgy számítjuk ki, hogy a tűréslánc összeadandó tagjainak alsó határeltéréseit összeadjuk és ebből levonjuk a tűréslánc kivonandó tagjainak felső határeltéréseinek összegét.

A tűréstechnikai számításoknál a megengedett határeltérések különbsége a tűrés a kettő abszolút értékének összege a tűrés. Ha a méreتلérések azonos előjelűek, akkor az abszolút értékük különbsége, ha különböző előjelűek, akkor a kettő abszolút értékének összege a tűrés. A számítások során a tűrés mindig plusz előjelű számérték, ha a számítások során (összetevők keresésekor) negatív előjelű tűrés az eredmény, akkor az eredő tűrése a megadott összetevők tűrésösszegénél kisebb, ez pedig az a) pont alatti tételnek ellentmond. Ennek következtében a leggondosabb gyártási eljárás során is sok lesz a selejt. A negatív előjelű tűrést a szabvány tűréshiánynak nevezi.

A tűréstechnikai számítások főbb változatai a következők:

1. Eredő méret meghatározása az összetevő méretek összeadásával.
2. Eredő méret meghatározása az összetevő méretek kivonásával.
3. Eredő és összetevő méret összeadásával összetevő méret meghatározása.
4. Eredő és összetevő méret kivonásával összetevő méret meghatározása.
5. Többtagú méretlánc eredő méreteinek meghatározása.
6. Méretsorban levő legnagyobb méret helyettesítése.
7. Méretsorban levő legkisebb méret helyettesítése.
8. Méretláncban levő méret ugyanabban a méretsorban levő mérettel helyettesítendő.
9. Méretláncban méretsor átszámítása egy másik méretsorba.

A gépgyártás területén a méretláncok fajtái a következők:

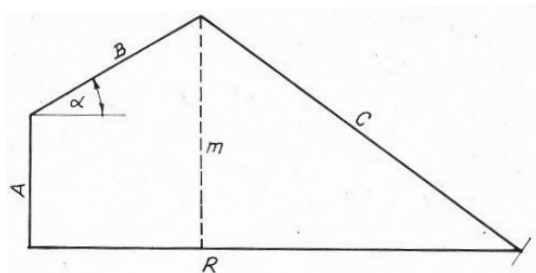
- *Lineáriméretláncok*, amelyeknél az összes méretek egymással párhuzamosak (8.6c ábra)
- *Síkméretláncok*, amelyeknél a méretek részben vagy egészében nem párhuzamosak de valamennyi egy vagy több párhuzamos síkban fekszik (8.1. ábra).
- *Térbeliméretláncok*, amelyeknél a méretek részben vagy egészében nem párhuzamosak, és egymással nem párhuzamos síkban fekszenek.
- *Szögméretláncok*, amelyeknél a méretek szögméretek, és a szögek szára egy csúcsban találkozik.

A különböző szerkezetekben rendszerint több méretlánc fordul elő, amelyek egymással kapcsolatba vannak, egymáshoz csatlakoznak. A méretláncok csatlakozása lehet párhuzamos, soros és vegyes (8.2. ábra).

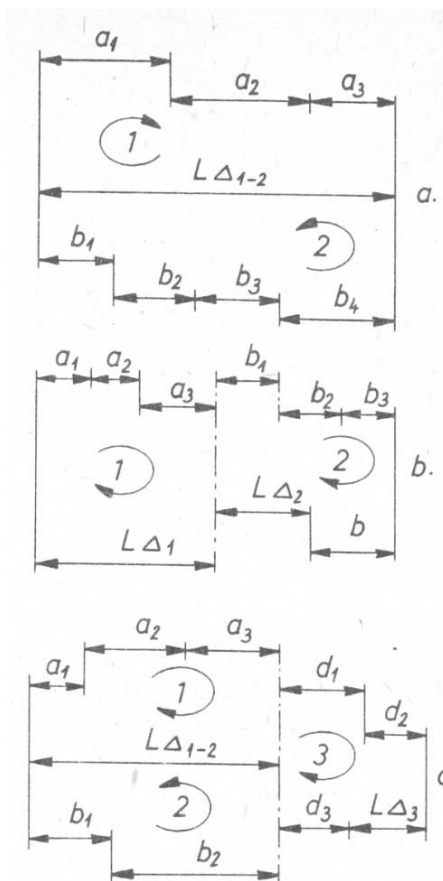
Párhuzamosak azok a méretláncok, amelyeknek egy vagy több közös tagja van.

Sorosak vagy sorba kapcsoltak azok a méretláncok, amelyeknek közös kiindulási bázisa van.

Vegyes csatlakozásúak azok a méretláncok, amelyekben párhuzamos és soros csatlakozású méretláncok egyaránt előfordulnak.



8.1. ábra [11]



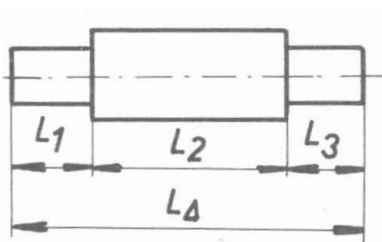
8.2.ábra Párhuzamos-, soros- és vegyes méretlánc csatlakozások [4]

8.1. Méretláncokkal kapcsolatos alapfogalmak

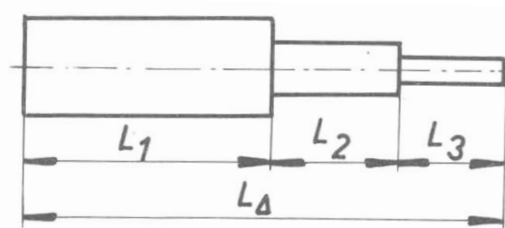
8.1.1A méretlánc fogalma

A méretlánc zárt körvonal mentén meghatározott sorrendbe elhelyezett méretek összessége, amelyek egy vagy több alkatrész elemeinek (sík, vonal, pont) kölcsönös helyzetét határozza meg a szerkesztés, a megmunkálás és a szerelés követelményeinek megfelelően.

A méretlánc mindig zárt (8.3., 8.4.ábra). A méretláncban szereplő méreteket *tagoknak* nevezzük. Ezek két típusúak lehetnek.



8.3.ábra
Szerkesztési méretlánc [4]



8.4.ábra
Növelő tagok a méretláncban [4]

8.2. Összetevők

Azok a méretek (méretlánc tagok), amelyeket a szerkesztésnél felmérünk, a megmunkálásnál elkészítünk vagy beállítunk. A méretláncban levő összetevők kétfélek lehetnek, aszerint, hogy milyen hatással vannak a zárótagra.

8.2.1. Növelő tagok

Azok, amelyek növelésével a zárótag (eredő) nő, vagy csökkentésével csökken. A 8.4. ábrán a méretlánc valamennyi összetevője L_1 , L_2 , L_3 növelő tag, mert növelésükkel az L_Δ eredő nő, vagy csökkentésükkel az L_Δ eredő csökken.

8.2.2. Csökkentő tagok

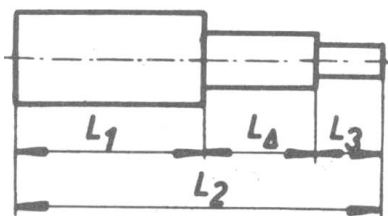
Azok, amelyek növelésével a zárótag csökken, vagy csökkentésével a zárótag nő.

8.2.3. Eredő tag vagy eredő méret

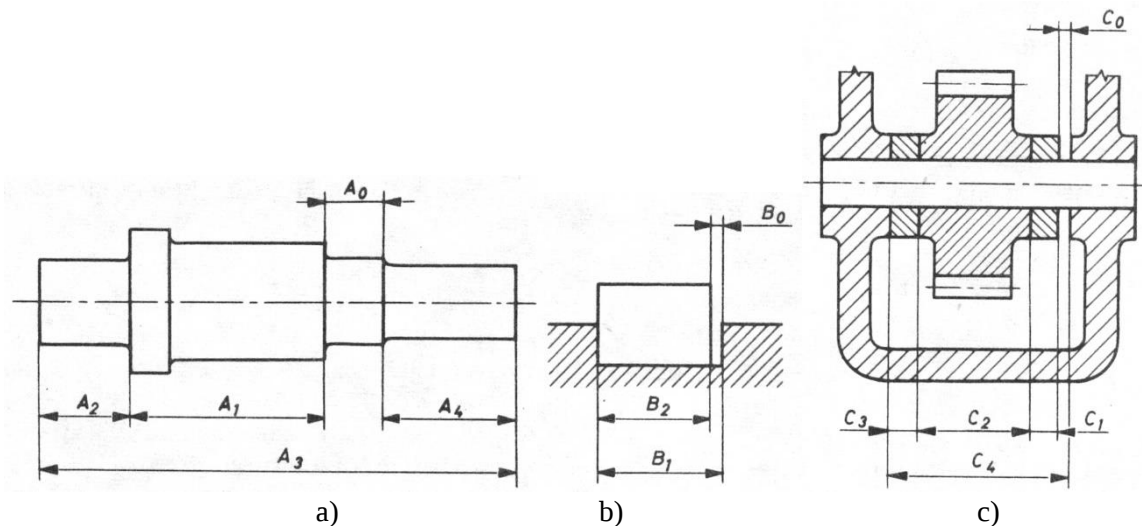
Zárótagoknak is hívjuk azokat a méreteket, amelyek a szerkesztésnél, megmunkálásnál, beállításnál és szerelésnél kiadódnak. Minden méretláncban csak egy eredő és legalább két összetevő méret van.

A 8.5. ábrán a méretlánc tagjai közül az L_1 , L_3 összetevők csökkentő tagok, mert növelésükkel az L_Δ zárótag csökken és csökkenésükkel az L_Δ nő. Az L_2 összetevő az előzőek szerint növelő tag.

A méretláncok fajtáinak (sík méretlánc, térbeli méretlánc, szögméretlánc), valamint a méretláncok egymással való kapcsolódásának (soros, párhuzamos, vegyes) jelen esetben nem térünk ki.



8.5. ábra Növelő és csökkentő tagok a méretláncban [4]



8.6. ábra [9]

A méretlánc kifejezheti egy alkatrész meghatározásához szükséges méretek láncolatát (8.6a ábra), valamely túrésezett méretpárnak kapcsolatát, az illesztést (8.6.b. ábra) vagy túrésezett méretek sorozatával előállított működési vagy szerelési helyzetet (8.6.c. ábra).

A méretlánc általában egydimenziós hosszmeretek vagy szögméretek lánc, de a különböző irányú egymáshoz csatlakozó méretekből két- és háromdimenziós méretláncok is felépíthetők.

8.3. A méretláncok számításának általános törvényei

- a) A zárótag névleges méretét megkapjuk, ha a növelő- és a csökkentő tagok névleges méretösszegének különbségét vesszük:

$$L_{\Delta} = \sum_{i=1}^m L_{i,n\ddot{o}v} - \sum_{i=m+1}^{n-1} L_{i,cs\ddot{o}kk} \quad (1)$$

n – a zárt méretlánc összes tagjának a száma.

- b) A zárótag maximális méretét megkapjuk, ha a növelő tagok algebrai összegének maximális értékéből levonjuk a csökkentő tagok algebrai összegének minimális értékét:

$$L_{\Delta\max} = \sum_{i=1}^m L_{i,n\ddot{o}v.\max} - \sum_{i=m+1}^{n-1} L_{i,cs\ddot{o}kk.\min} \quad (2)$$

- c) A zárótag minimális méretét megkapjuk, ha a növelő tagok algebrai összegének minimális értékéből levonjuk a csökkentő tagok algebrai összegének maximális értékét:

$$L_{\Delta\min} = \sum_{i=1}^m L_{i,n\ddot{o}v.\min} - \sum_{i=m+1}^{n-1} L_{i,cs\ddot{o}kk.\max} \quad (3)$$

- d) A zárótag szórásának (tűrésének) nagyságát megkapjuk, ha a zárótag maximális értékéből levonjuk a zárótag minimális értékét:

$$\mathcal{G}_{\Delta} = L_{\Delta\max} - L_{\Delta\min} \quad (4)$$

Ha a (2) és (3) összefüggést a (4) összefüggésbe helyettesítjük, a kifejtést és a rendezést elvégezzük, akkor azt kapjuk, hogy a zárótag tűrése egyenlő az összetevő tagok tűréseinek összegével:

$$\mathcal{G}_{\Delta} = \sum_{i=1}^{n-1} \mathcal{G}_i \quad (5)$$

- e) Bármely összetevő tag tűrése egyenlő a zárótag tűréséből levonva az $(n-2)$ számú maradék összetevő tagok tűrésének összegét:

$$\mathcal{G}_1 = \mathcal{G}_{\Delta} - \sum_{i=1}^{n-2} \mathcal{G}_i \quad (6)$$

Az (5) összefüggésnek minden méretláncra teljesülni kell (teljes és kölcsönös cserélhetőség esetén).

Valamely alkatrész méretláncának elemzésekor a következő sorrendet követhetjük:

1. Megkeresendő a vizsgálandó méretlánc.
2. Megállapítható, hogy a méretláncban melyik a zárótag.
3. Megállapítható, hogy az összetevők közül melyek a növelő, melyek a csökkentő tagok.
4. Ki kell számítani az eredő- vagy az összetevő tűrését és méretét.
5. A számításokat az (5) összefüggéssel ellenőrizni kell.

8.4. Többtagú méretláncok számítása

Minden méretlánc - és minden tűréstechnikai számítás - visszavezethető az alapvető kéttagú nyílt méretláncra, sokszor ezt mégsem tesszük, mivel a legtöbb számítást közvetlenül el lehet végezni a többtagú láncra is.

A 8.7. ábra egy héttagú nyílt méretláncot mutat. A méretlánc elemei (A, ... G) az egymás után következő szakaszok. Ezeket összetevőknek tekintve a teljes hossz (ami nyilvánvalóan eredő) és szóródása

$$R_{AG} = A + B + C + D + E + F + G$$

$$r_{ag} = a + b + c + d + e + f + g \quad (R_{AG} \text{ az eredő tag mérete, } r_{ag} \text{ az eredő tag tűrése})$$

Ezen kívül azonban a láncon belül még nagyon sok méretet értelmezhetünk. Pl. R_{DF} a D, E és F összetevők eredője stb.

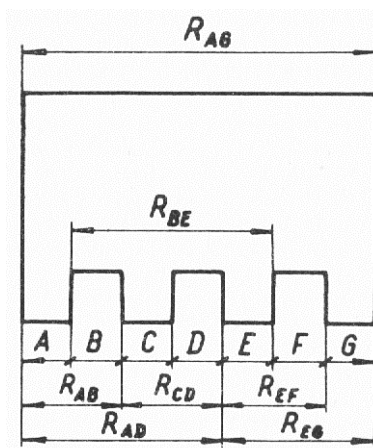
Bebizonyítható, hogy az n tagú nyílt méretláncon értelmezhető méretek száma, tehát az eredők és összetevők együttes száma

$$z = \frac{n^2 + n}{2}$$

Mivel az n tagú nyílt méretlánc n mérettel jellemezhető, n számú összetevője van, ennek levonása után megkapjuk az összes értelmezhető eredő méret számát

$$z_R = z - n = \frac{n^2 - n}{2}$$

A 8.7. ábra mérethálózatát alakítsuk úgy át, hogy egy-egy méretcsoportot az eredőjével helyettesítsünk. $A + B = R_{AB}$, $C + D = R_{CD}$, $E + F = R_{EF}$ stb.



8.7.ábra [8]

Az R_{AB} és az R_{CD} eredőméretek egyetlen új mérettel, egy új eredővel helyettesíthetők

Ezen összefüggésben az R_{AB} és az R_{CD} nyilvánvalóan az R_{AD} összetevője. Ugyanakkor az R_{AB} az A és a B eredője. Összetett méretláncban ugyanaz a méretcsoport egy hosszabb lánc tagjaként annak összetevője lehet, de ennek az összetevő méretnek a két tűréshatára az általa átfogott csoport tagjainak (mint összetevőknek) tűréseiből számítható. Ezen tagokra nézve ez a helyettesítő méret nyilvánvalóan eredő.

Azokat az eredő méreteket, melyek egy méretcsoport eredőjének, de egy nagyobb méretlánc összetevőjének tekinthetők, *részeredőknek* nevezzük.

Példaképpen felbontjuk az R_{AG} eredőt több lépésben részeredőkre, míg el nem jutunk a méretlánc elemeihez.

Mindig előre írva az eredőt:

$$R_{AB} + R_{CD} = R_{AD}$$

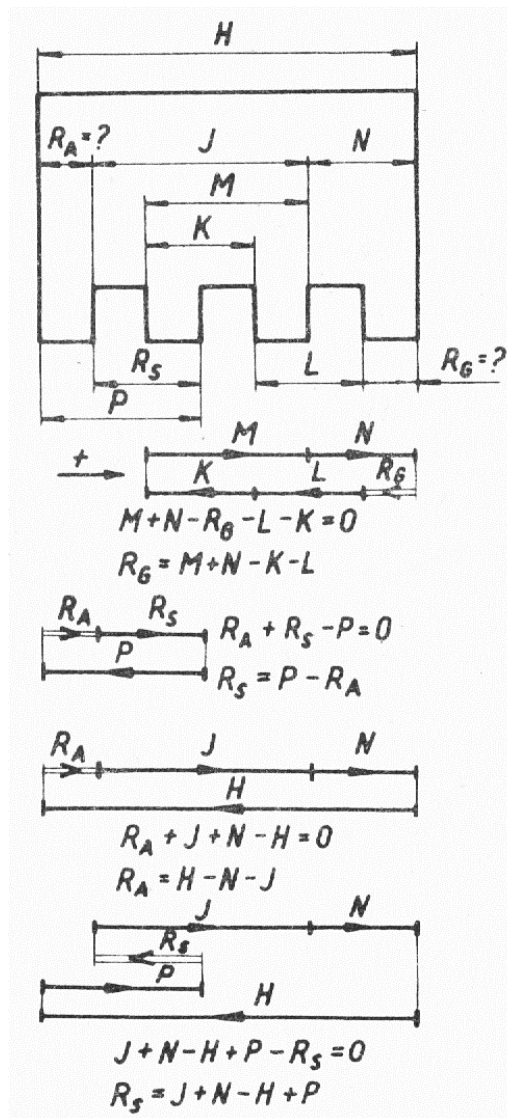
$$R_{AG} = R_{AD} + R_{EG}, \text{ ahol pl.: } R_{AD} = R_{AB} + R_{CD}, \text{ ahol pl.: } R_{AB} = A + B$$

A tűrések, ill. szóródások között fennáll, hogy

$$r_{ag} = r_{ad} + r_{eg}, \text{ ahol pl.: } r_{ad} = r_{ab} + r_{cd}, \text{ ahol pl.: } r_{ab} = a + b$$

A bontást valamennyi részeredőnél végig vihetjük, míg végül eljutunk az R_{AG} és az r_{ag} eredeti kifejezéséhez.

Egy összetettebb tűréstechnikai példa megközelítésében hétagú méretláncot részeredőnek is tekinthető méretekkel határozzuk meg (8.8. ábra). Adottak az összetevő a H, ... P méretek. Számítsuk ki az R és R_S méreteket.



8.8.ábra[2]

Könnyen belátható, hogy

$$\begin{aligned}R_{G \max} &= M_{\max} + N_{\max} - K_{\min} - L_{\min}, \\R_{G \min} &= M_{\min} + N_{\min} - K_{\max} - L_{\max}, \\r_g &= m + n + k + l.\end{aligned}$$

Az R_S közvetlen felírása könnyen elhibázható. Segítségként be kell vezetni az ismeretlen R_A méretet.

$$\begin{aligned}R_{S \max} &= P_{\max} - R_{A \min} \quad (\text{itt az } R_A \text{ összetevő!}) \\R_{S \min} &= P_{\min} - R_{A \max} \\r_s &= p + r_a\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ahol } R_{A \max} &= H_{\max} - J_{\min} - N_{\min} \quad (\text{az } R_A \text{ most eredő!}) \\R_{A \min} &= H_{\min} - J_{\max} - N_{\max} \\r_a &= h + j + n.\end{aligned}$$

A részeredőt behelyettesítve

$$\begin{aligned}R_{S \max} &= P_{\max} - H_{\min} + J_{\max} + N_{\max}, \\R_{S \min} &= P_{\min} - H_{\max} + J_{\min} + N_{\min}, \\r_s &= p + h + j + n.\end{aligned}$$

A példában is közvetlenül fellehetett írni az eredőre megoldott egyenleteket, legfeljebb részeredőt kellett bevezetni. Bonyolultabb összetevő keresés esetén is az eredőre írható fel először az egyenlet, majd meg kell oldani a keresett összetevőre.

Soktagú méretlánc esetén igen kis valószínűsége van a határméretek egyidejű összeesésének. A hibaelmélet szerint az eredő méret várható, legvalószínűbb értéke a határméretek átlaga körül van, a várható szóródás pedig az összetevők tűrésének négyzetgyökéből számítható.

$$r_{an} = \sqrt{a^2 + b^2 + \dots + n^2}$$

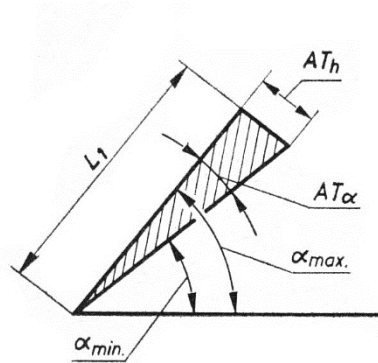
9. SZÖGMÉRETEK ÉS SZÖGTŰRÉSEK

Szögméretnek nevezzük a szög (hajlásszög, kúpszög, osztásszög stb.) valamilyen meghatározott szögmértékegységben (radián, fok, perc, másodperc stb.) kifejezett számértékét. A hosszmeretekéhez hasonlóan beszélhetünk névleges, tényleges stb. szögméretekről.

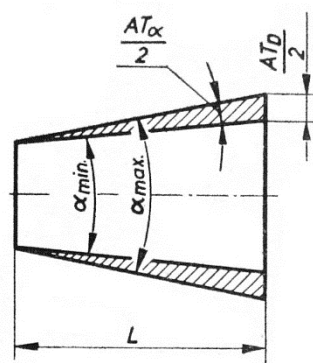
A szögméret eltéréseivel, tűréseivel és illesztésével kapcsolatos fogalmakat szintén a hosszmeretekével azonos módon értelmezzük.

A szögtűrés nagyság jelölésére használt betűjeleket a következő módon értelmezzük

- AT a szög tűrésnagysága (a szögméret felső és alsó határméretének a különbsége).
- AT_α a szög mikroradiánban (1 mikroradián = 0,001 radián), illetve fokban, percben, másodpercben kifejezett tűrésnagysága.
- AT'_α a szög fokban, percben, másodpercben kifejezett tűrésnagysága, kerekítve.
- AT_h a szög hosszmerítékegységben (általában mikrométerben) kifejezett tűrésnagysága. Számszerűleg egyenlő az AT_α szöggel szemben fekvő, a szögcsúrra a szögcsúcstól L_1 távolságra húzott merőleges hosszával, és gyakorlatilag az AT_α szöghöz tartozó L_1 sugarú körív hosszával is (9.1. ábra).
- AT_D a kúpszög hosszmerítékegységben (általában mikrométerben) kifejezett tűrésnagysága. Számszerűleg egyenlő a kúp tengelyére merőleges síkban egymástól L távolságra fekvő, az alsó és a felső határméretnek megfelelő körök átmérőinek a különbségével (9.2. ábra).



9.1. ábra [7]
Hajlásszög tűrésnagysága



9.2. ábra [7]
Kúpszög tűrésnagysága
(kúpszög $\leq 1:3$)

A szögtűrésnagyságok alapsorozatául AT_α sorozatát választották, amely az R10 szabványos (Renard) számsorozat tagjaiból áll. Az alapsorozat tagjait mikroradiánról átszámították fokra, percre, másodpercre, majd kerekítették a kapott számértékeket. Így jött létre az AT'_α , kerekített sorozat, amelynek tagjai alkalmasak a szögtűrések rajzon való megadására.

Az AT_h tűrésnagyságok számértékeit szintén az alapsorozatból határozták meg a következő képlettel:

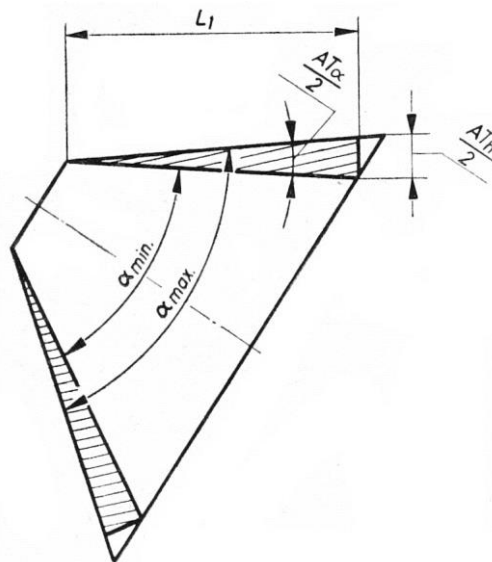
$$AT_h = AT_\alpha \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$$

amelyből AT_h mikrométerben adódik, ha AT_α -t mikroradiánban, L_1 -et pedig milliméterben helyettesítjük.

Az így meghatározott tűrésnagyságokat az 1:3 kúposágnál kisebb kúposágokra is érvényesnek vették, mivel azokra $AT_D \approx AT_h$ (az eltérés legfeljebb 2%). Az 1:3 kúposágnál nagyobb kúposágok tűrésnagyságait (9.3. ábra) pedig a következő képlettel számították:

$$AT_D = \frac{AT_h}{\cos \frac{\alpha}{2}},$$

ahol α névleges kúpszög.



9.3.ábra [7] Kúpszög tűrésnagysága (Kúpszög > 1:3)

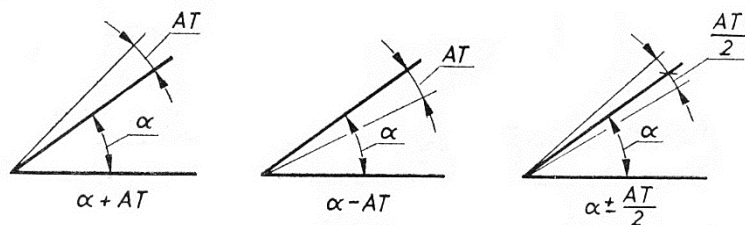
Az adott képletekkel kiszámított tűrésnagyságokat 17 pontossági fokozatba sorolták, amelyeket 1, 2, ... 17 számokkal jelöltek és táblázatba foglaltak.

Az 1...4 pontossági fokozathoz tartozó tűrésnagyságok a kúpmérő idomszerek, az 5...12 pontossági fokozatúak az általános pontosságú gépipari alkatrészek, a többiek pedig olyan alkatrészek tűrésezésére valók, amelyeknek nem kell különleges pontossági követelményeket kielégíteniük.

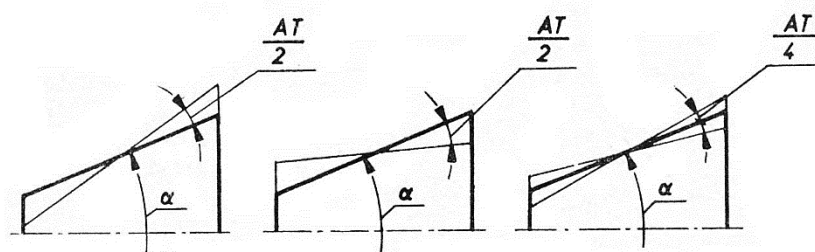
Az adott pontossági fokozathoz tartozó szögtűrésnagyság jele a tűrésnagyság betűjeléből és a pontossági fokozat számjeléből áll, pl.: AT5, AT8.

A szögtűrés elhelyezkedése a névleges szögmérethez viszonyítva

egyoldalas pozitív $\left(\begin{smallmatrix} +AT \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$, egyoldalas negatív $\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -AT \end{smallmatrix} \right)$, vagy szimmetrikus lehet $\left(\pm \frac{AT}{2} \right)$, amit hajlásszög esetében a 9.4. ábra, kúpszög esetében pedig a 9.5. ábra szemléltet. Indokolt esetben azonban más elhelyezkedés is előírható.



9.4. ábra [7] Hajlásszög tűrések elhelyezkedése



9.5.ábra [7] Kúpszögtűrések elhelyezkedése

10. IDOMSZEREK MÉRETEZÉSE

A tömeggyártás mérőeszköze az idomszer. Használata azon a felismerésen alapszik, hogy a gyártónak és az átvévőnek a méréssel elsődlegesen nem azt kell ellenőrizni, hogy mennyi a munkadarab mérete, hanem azt, hogy a megengedett tűréshatáron belül van-e a munkadarab mérete.

Cserélhetőség szempontjából ez a mérési módszer megfelel, mivel az idomszerek a Taylor elv figyelembevételével készülnek. A Taylor elv kimondja: "a meggy oldal mérete a felület teljes alakját mérje (lehetőleg minden méretet egyszerre), mert a meggy oldal párosításra kell vizsgálni. A "nem meggy" oldallal azonban az egyes méreteket külön-külön kell ellenőrizni."

A meggy oldal idomszer a megfelelő méretű munkadarabokat méri, azaz furat mérés esetén belemegy a furatba, csapmérés esetén rá megy a csapra. Ha az idomszer meggy oldala nem a fent leírt funkcióban kapcsolódik a mérendő alkatrészhez, azaz nem megy, a furat túl kicsi, a csap túl nagy, tehát a megmunkálás még nem befejezett.

A nem meggy oldal idomszernek nem szabad rá- vagy belemenni a munkadarabba mivel ha a nem meggy oldal megy, a furat nagyobb, a csap kisebb a megengedett méretnél, a munkadarab selejtes.

A segédletben kizárólag a csap- és furatmérő idomszerek méretezésével foglalkozunk.

A rendeltetésük szerint lehetnek:

1. Munka idomszerek: a gyártásban használt idomszerek.
2. Ellenőrző idomszerek: ezeket az ellenőrzés használja. Csak "lazább" méretű lehet mint a munkaidomszer.
3. Átvételi idomszer: az átvévő, a megrendelő mérőeszköze. Elsősorban kopott de még a tűrés határon belül lévő "lazább" idomszert használnak erre a célra.
4. A vizsgáló idomszer: amelyekkel szájas, illetve villás idomszerek méreteit ellenőrzik.
5. Beállító idomszerek: amelyeket állítható idomszerek beállítására használnak

10.1. Az idomszerek méretmeghatározása

A méretmeghatározásnál a következő megfontolásokból kell kiindulni:

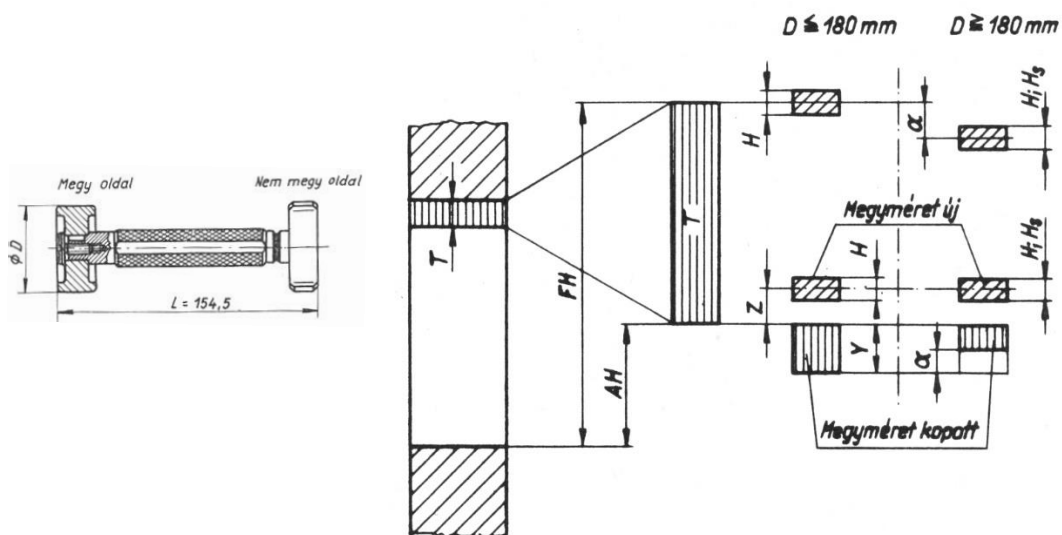
1. A munkadarabok tűréssel készülnek, a tűréshatáron belül bármilyen méret megfelel a felhasználás szempontjából.
2. Az idomszereket sem lehet pontosan a névleges méretre készíteni, tehát azoknak is van tűrése.
3. Használat közben az idomszerek meggy oldalai kopnak.
4. Kismértékű túlkopás megengedett.
5. A nagyobb méretű idomszerrel a mérés bizonytalanabb.

10.2. Furatmérő idomszerek méretmeghatározása

Furatmérő idomszereknél a meggy oldal az alsó határméretnél, míg a nem meggy oldal a felső határméretnél helyezkedik el (10.1. ábra).

Az idomszer méretei az ábra alapján a következő összefüggésekkel határozhatók meg: A H_s jel a gömbösvégű idomszer tűrését jelenti.

	$D \leq 180\text{mm}$	$D \geq 180\text{mm}$
Meggy oldal új	$AH + z \pm \frac{H}{2}$	$AH + z \pm \frac{H}{2}$
Meggy oldal kopott	$AH - y$	$AH - y + \alpha$
Nem meggy oldal	$FH \pm \frac{H}{2}$	$FH - \alpha \pm \frac{H}{2}$

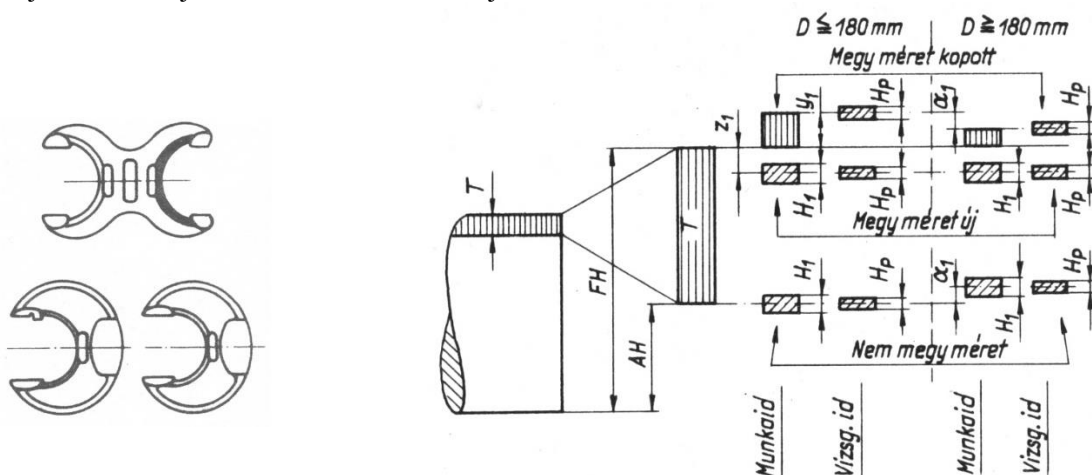


10.1.ábra Furatmérő (dugós) idomszer és méretmeghatározása [13]

Az ábrából jól látszik, hogy a megy oldal hengerpalástja hosszabb, mivel a Taylor elv szerint a felület teljes alakját kell hogy mérje, míg a nem megy oldalnak egyedül az átmérőt kell mérnie. A megy oldal mérthossza az $l_m = 3,55\sqrt{D}$ összefüggéssel határozható meg.

10.3. Csapmérő idomszerek méretmeghatározása

A lehetséges csapmérő idomszerek kialakítása: villás (egy és kétvillás) és betétes (egy-, illetve kétvillás). A méretmeghatározás elvét a 10.2.ábra mutatja. Az ábra jelölései közül új a H_p jelölés, amely a vizsgáló idomszer tőrését jelöli. A többi jelölés a furatmérő idomszer jelölésétől 1-es indexszel különbözik.



10.2.ábra Csapmérő (villás) idomszer és méretmeghatározása [13]

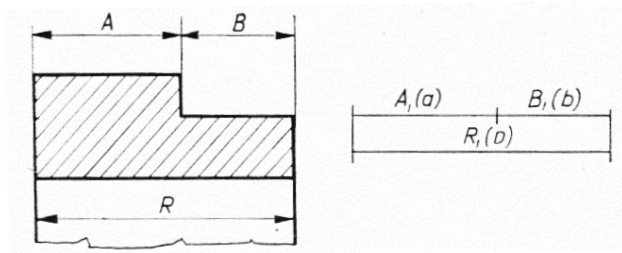
Az idomszer méretei ezek alapján a következő összefüggésekkel írhatók fel munkaidomszernél.

	$D \leq 180\text{mm}$	$D \geq 180\text{mm}$
Megy oldal új	$FH - z_1 \pm \frac{H_1}{2}$	$FH - z_1 \pm \frac{H_1}{2}$
Megy oldal kopott	$FH + y_1$	$FH + y_1 - \alpha_1$
Nem megy oldal	$AH \pm \frac{H_1}{2}$	$AH + \alpha_1 \pm \frac{H_1}{2}$

11. MÉRETLÁNCOK TÜRÉSTECHNIKAI SZÁMÍTÁSAI

11.1. Példa

Határozza meg a 11.1. ábrán látható alkatrész eredő méretének tűrését, ha $A = 21^{+0,6}_{-0,1}$ és $B = 60^{+0,3}_{-0,2}$.



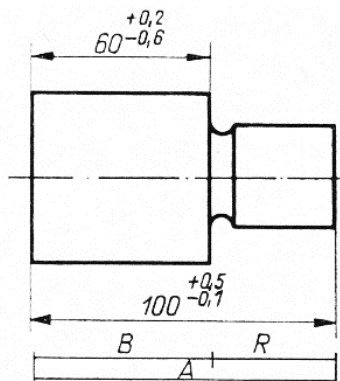
$$\begin{aligned} r &= a + b = 0,7 + 0,5 = 1,2 \text{ mm} \\ r_f &= a_{\max} + b_{\max} = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ mm} \\ r_a &= a_{\min} + b_{\min} = -0,1 + (-0,2) = -0,3 \text{ mm} \\ R &= A + B = 40 + 60 = 100 \text{ mm} \\ \text{Ellenőrzés: } r &= r_{\max} + r_{\min} = 0,9 + 0,3 = 1,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

10.1. ábra [11]

$$R = 100^{+0,9}_{-0,3}$$

11.2. Példa

Állapítsa meg a vállas csap csaphosszát (R) ha $A = 100^{+0,5}_{-0,1}$ és $B = 60^{+0,2}_{-0,6}$.



$$r_{\max} = a_{\max} - b_{\min} = 0,5 - (-0,6) = 1,1 \text{ mm}$$

$$r_{\min} = a_{\min} - b_{\max} = -0,1 - (+0,2) = -0,3 \text{ mm}$$

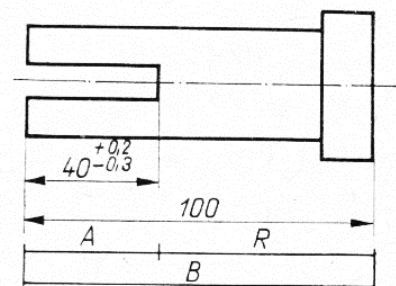
$$\text{Ellenőrzés: } r = r_{\max} + r_{\min} = 1,1 + 0,3 = 1,4 \text{ mm}$$

$$R = A - B = 100 - 60 = 40 \text{ mm} \quad R = 40^{+1,1}_{-0,3}$$

10.1. ábra [11]

11.3. Példa

Milyen tűrésű 100mm hosszú anyagból induljunk ki, hogy a 11.3. ábra 40mm-es méretének elkészítése után az R jelölt méret $^{+0,8}_0$ tűréssel adódjon?



$$b = r - a = 0,8 - 0,5 = 0,3 \text{ mm}$$

$$b_{\max} = a_{\min} + r_{\max} = -0,3 + 0,8 = +0,5 \text{ mm}$$

$$b_{\min} = a_{\max} + r_{\min} = 0,2 + 0 = +0,2 \text{ mm}$$

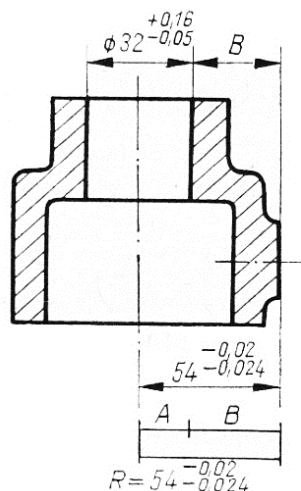
$$B = A + R = 40 + 60 = 100 \text{ mm}$$

$$B = 100^{+0,5}_{+0,2}$$

11.3. ábra [11]

11.4. Példa

A 11.4. ábrán lévő furat tengelyétől adott távolságban meg kell munkálni egy síkot. A gyártásnál és a mérésnél 'B'-vel jelölt méret beállítása és mérése az egyszerűbb. Milyen méretre és mekkora tűréssel kell elkészíteni a 'B'-vel jelzett méretet, hogy az 54-es méret adódjon a megadott tűréshatárokon belül?



11.4. ábra [11]

$$A = \frac{32^{+0,16}_{-0,05}}{2} = 16^{+0,08}_{-0,025}$$

$$a = 0,08 + 0,025 = 0,105 \text{ mm}$$

$$R = 54^{+0,02}_{-0,024} \quad r = 0,24 - 0,02 = 0,22 \text{ mm}$$

$$b = r - a = 0,24 - 0,105 = 0,135 \text{ mm}$$

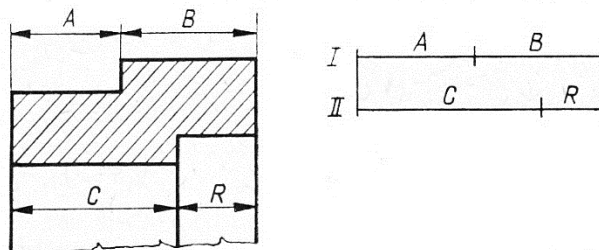
$$b_{\max} = r_{\max} - a_{\max} = -0,02 - 0,08 = -0,10 \text{ mm}$$

$$b_{\min} = r_{\min} - a_{\min} = -0,24 - (-0,025) = -0,215 \text{ mm}$$

$$B = R - A = 54 - 16 = 38 \text{ mm} \quad B = 38^{+0,10}_{-0,215}$$

11.5. Példa

Határozza meg a 11.5. ábrán látható négytagú méretláncban az 'R' eredő méretet. $A = 21^{+0,1}_0$; $B = 35^0_{-0,15}$; $C = 40^{+0,15}_{-0,1}$;



11.5. ábra [11]

$$R = A + B - C = 21 + 35 - 40 = 16 \text{ mm}$$

$$R_{\max} = A_{\max} + B_{\max} - C_{\min} = 21,1 + 35,0 - 39,9 = 16,2 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = A_{\min} + B_{\min} - C_{\max} = 21,0 + 34,85 - 40,15 = 15,7 \text{ mm}$$

Ellenőrzés:

$$r = R_{\max} - R_{\min} = a + b + c$$

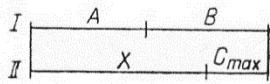
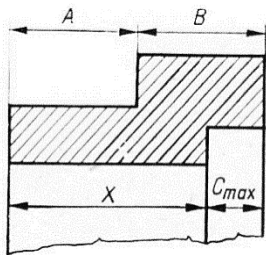
$$16,2 - 15,7 = 0,1 + 0,15 + 0,25$$

$$0,50 \text{ mm} = 0,50 \text{ mm}$$

$$R = 16^{+0,2}_{-0,3}$$

11.6. Példa

A 11.6. ábrán látható méretláncban a zárótag 'X'. Mivel a 'C' méret legnagyobb értéke adott, ezért keresni kell azt a legkisebb minimális 'X' zárótag méretet ahhoz, hogy a C méret a megadott legnagyobb értéknél nagyobb ne legyen. $A = 21^{+0,1}_0$; $B = 35^{+0}_{-0,15}$; $C_{\max} = 16,2 \text{ mm}$. $X_{\min} = ?$



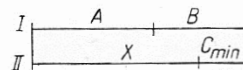
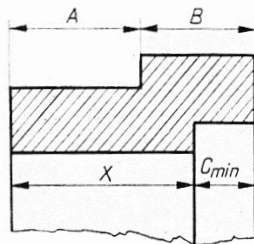
$$X_{\min} = A_{\max} + B_{\max} - C_{\max}$$

$$X_{\min} = 21,1 + 35,0 - 16,2 = 39,9 \text{ mm}$$

11.6. ábra [11]

11.7. Példa

Egy méretsorban meghatározott legkisebb méretet ugyanabban a méretsorban lévő mérettel kell helyettesíteni. A 11.7. ábrán látható 'X' méret maximális méretét kell meghatározni ahhoz, hogy a 'C' méret legkisebb méreténél kisebb ne legyen. $A = 21^{+0,1}_0$; $B = 35^{+0}_{-0,15}$; $C_{\min} = 15,7 \text{ mm}$.



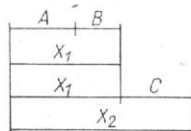
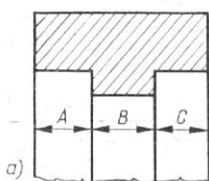
11.7. ábra [11]

$$X_{\max} = A_{\min} + B_{\min} - C_{\min}$$

$$X_{\max} = 21,1 + 35,0 - 15,7 = 40,4 \text{ mm}$$

10.8. Példa

Méretláncban lévő tűrésezett méret ugyanabban a méretsorban lévő mérettel helyettesítendő.



$$A = 20^{+0}_{-0,15}; \quad B = 15^{+0,2}_0; \quad C = 10^{+0}_{-0,1};$$

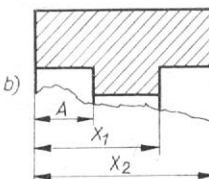
$$X_1 = A + B = 20 + 15 = 35 \text{ mm}$$

$$X_{1\max} = A_{\min} + B_{\max} = 19,85 + 15,20 = 35,05 \text{ mm}$$

$$X_{1\min} = A_{\max} + B_{\min} = 20,00 + 15,00 = 35,00 \text{ mm}$$

$$X_1 = 35^{+0,05}_0 \text{ mm}$$

$$\text{Tűrés nagyság: } x_1 = b - a = 0,20 - 0,15 = 0,05 \text{ mm}$$



$$X_2 = A + B + C = 20 + 15 + 10 = 45 \text{ mm}$$

$$X_{2\max} = X_{1\min} + C_{\max} = 35,00 + 10,00 = 45,00 \text{ mm}$$

$$X_{2\min} = X_{1\max} - C_{\min} = 35,05 + 9,90 = 44,95 \text{ mm}$$

$$X_2 = 45^{+0}_{-0,05}$$

$$\text{Tűrés nagyság: } x_2 = c - x_1 = 0,10 - 0,05 = 0,05 \text{ mm}$$

11.8. ábra [11]

Próbaként számítsuk ki a 'B' és a 'C' méreteket mint eredő méreteket

$$B_{\max} = X_{1\max} - A_{\min} = 35,05 - 19,85 = 15,20\text{mm}$$

$$B_{\min} = X_{1\min} - A_{\max} = 35,00 - 20,00 = 15,00\text{mm}$$

$$B = 15^{+0,2}_0$$

$$C_{\max} = X_{2\max} - X_{1\min} = 45,00 - 35,00 = 10,00\text{mm}$$

$$C_{\min} = X_{2\min} - X_{1\max} = 44,95 - 35,05 = 9,90\text{mm}$$

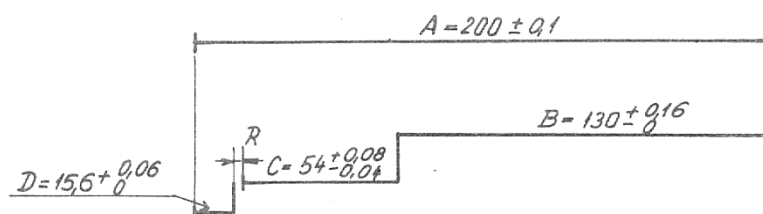
$$C = 10^{+0}_{-0,1};$$

Visszakaptuk az eredeti 'C' méretet. Megfigyelhető, hogy az 'a' ábra szerint beméretezett méretek tizedes nagyságrendű, addig a 'b' ábra szerint átszámított méretek század nagyságrendűek!

11.9. Példa

Mekkora az 'R' eredő várható minimum és maximum értéke a 11.9. ábrán?

Az ábra alapján a növelő tag: az A méret. A csökkentő tagok: B, C és D méretek.



11.9. ábra [11]

$$R = A - B - C - D = 200 - 130 - 54 - 15,6 = 0,4\text{mm}$$

Az eredő tűrésnagysága:

$$r = a + b + c + d = 0,2 + 0,16 + 0,12 + 0,06 = 0,54\text{mm}$$

$$r_{\max} = a_{\max} - b_{\min} - c_{\min} - d_{\min} = 0,1 - 0 - (-0,04) - 0 = 0,14\text{mm}$$

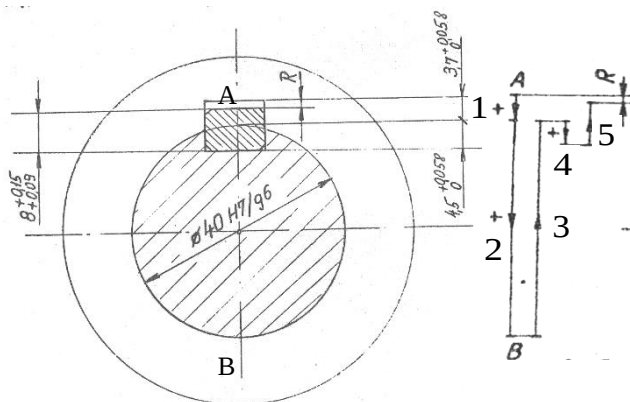
$$r_{\min} = a_{\min} - b_{\max} - c_{\max} - d_{\max} = -0,1 - 0,16 - 0,08 - 0,06 = -0,40\text{mm}$$

$$r = r_{\max} - r_{\min} = 0,14 - (-0,40) = 0,54\text{mm}$$

$$R = 0,4^{+0,14}_{-0,40}$$

11.10. Példa

Számítsa ki a 11.10. ábrán látható reteszkötésen lévő retesz és a reteszhorony közötti hézag 'R' eredő méret maximum és minimum értékeit! 1: furat horonyméret, 2: furat Ø, 3: tengely Ø, 4: tengely horonyméret, 5: retesz méret



11.10. ábra [6]

$$R_{\max} = 1_{\max} + 2_{\max} - 3_{\min} + 4_{\max} - 5_{\min}$$

$$R_{\max} = 3,758 + 40,025 - 39,975 + 4,558 - 8,09$$

$$R_{\max} = 0,276\text{mm}$$

$$R_{\min} = 1_{\min} + 2_{\min} - 3_{\max} + 4_{\min} - 5_{\max}$$

$$R_{\min} = 3,7 + 40 - 39,991 + 4,5 - 8,15$$

$$R_{\min} = 0,058\text{mm}$$

$$R = 0,276^{+0,276}_{+0,058}$$

Az eredő méret szóródása:

$$T = R_{\max} - R_{\min} = 0,276 - 0,058 = 0,218\text{mm}$$

Az eredő méret ellenőrzése:

$$T = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5$$

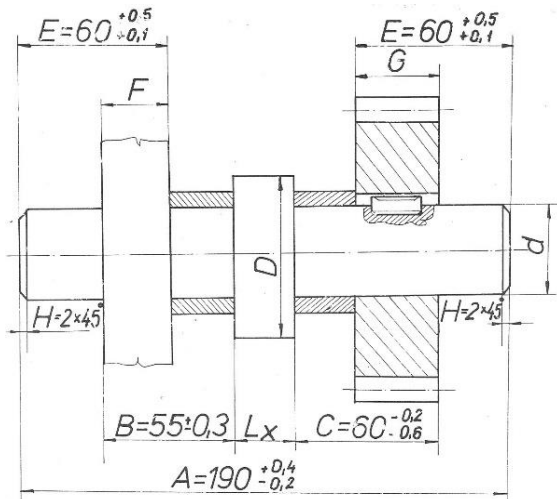
$$T = 0,217\text{mm} = 0,058 + 0,025 + 0,016 + 0,058 + 0,06$$

A tengely és a furathoz tartozó tűrések határeltéréseit a melléklet 13.9.-és 13.10. táblázatából határozhatjuk meg.

10.11. Példa

Adott a 11.11. ábrán látható összeállítási rajz! Határozza meg a tengelyen lévő váll L_x , $L_{x_{\min}}$ és $L_{x_{\max}}$ méreteit! $F=35_{-0,120}^{-0,276}$; $G=40_{+0,06}^{+0,085}$;

Az ábra alapján a növelő tagok: A, G, F. A csökkentő tagok: E, C, B.



11.11. ábra [3]

$$L_x = (A + G + F) - (2E + C + B)$$

$$L_x = (190 + 40 + 35) - (2 \cdot 60 + 60 + 55) = 30 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\max}} = (A_{\max} + G_{\max} + F_{\max}) - (2E_{\min} + C_{\min} + B_{\min})$$

$$L_{x_{\max}} = (190,4 + 40,085 + 34,88) - (2 \cdot 60,1 + 59,4 + 54,7)$$

$$L_{x_{\max}} = 31,065 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\min}} = (A_{\min} + G_{\min} + F_{\min}) - (2E_{\max} + C_{\max} + B_{\max})$$

$$L_{x_{\min}} = (189,8 + 40,06 + 34,724) - (2 \cdot 60,5 + 59,8 + 55,3)$$

$$L_{x_{\min}} = 28,484 \text{ mm}$$

$$L_x = 30_{-1,516}^{+1,065}$$

$$\text{Ellenőrzés: } T_{L_x} = L_{x_{\max}} - L_{x_{\min}} = 31,065 - 28,484 = 2,581 \text{ mm}$$

$$T_{L_x} = a + 2e + g + c + b + f$$

$$2,581 = 0,6 + 2 \cdot 0,4 + 0,025 + 0,4 + 0,6 + 0,156 = 2,581 \text{ mm}$$

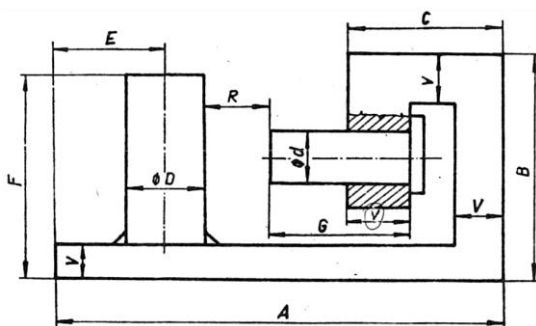
11.12. Példa

Adott a 11.12. ábrán látható alkatrész méreteivel. Határozza meg az eredő méret (R) minimum és maximum méreteit!

$$A = 150_{+0,25}^{+0,55}; B = 100_0^{+0,2}; C = 60_0^{+0,3}; D = \varnothing 40_{-0,025}^{-0,009}; E = 30_{-0,2}^{+0,4}; F = 80_{+0,1}^{+0,65}; G = 35_{-0,5}^{-0,2};$$

$$H = 35_0^{+0,15}; V = 15 \pm 0,2; d = \varnothing 20 \text{ f6};$$

Az ábra alapján a növelő tagok: A, V. A csökkentő tagok: C, G, D, E.



11.12. ábra [3]

$$R = (A + V) - (C + G + D/2 + E)$$

$$R = (150 + 15) - (60 + 35 + 40/2 + 30) = 20 \text{ mm}$$

$$R_{\max} = (A_{\max} + V_{\max}) - (C_{\min} + G_{\min} + D/2_{\min} + E_{\min})$$

$$R_{\max} = (150,55 + 15,2) - (60 + 34,5 + 39,975/2 + 29,8)$$

$$R_{\max} = 21,4625 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = (A_{\min} + V_{\min}) - (C_{\max} + G_{\max} + D/2_{\max} + E_{\max})$$

$$R_{\min} = (150,25 + 14,8) - (60,3 + 34,8 + 39,991/2 + 30,4)$$

$$R_{\min} = 19,5545 \text{ mm}$$

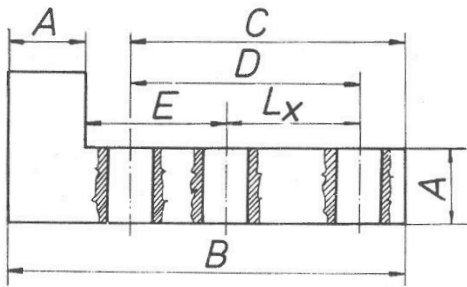
$$R = 20_{-0,4455}^{+1,4625}$$

$$\text{Ellenőrzés: } T_{R_i} = a + v + c + g + d/2 + e$$

$$1,908 = 0,3 + 0,4 + 0,3 + 0,3 + 16/2 + 0,6$$

11.13. Példa

Adott a 11.13. ábrán lévő alkatrész méreteivel. Határozza meg a hiányzó L_x méret minimum és maximum méretét! $A = 20 \pm 0,4$; $B = 180^{+0,273}_{+0,210}$; $C = 140^{+0,3}_0$; $D = 90^{-0,2}_{-0,5}$; $E = 60^0_{-0,1}$; $L_x = ?$ $L_{x_{\min}} = ?$ $L_{x_{\max}} = ?$



11.13. ábra [6]

Az ábra alapján a növelő tagok: B, D. A csökkentő tagok: C, E, A.

$$L_x = (B + D) - (C + E + A)$$

$$L_x = (180 + 90) - (140 + 60 + 20) = 50 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\max}} = (B_{\max} + D_{\max}) - (C_{\min} + E_{\min} + A_{\min})$$

$$L_{x_{\max}} = (180,273 + 89,8) - (140 + 59,9 + 19,6)$$

$$L_{x_{\max}} = 50,573 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\min}} = (B_{\min} + D_{\min}) - (C_{\max} + E_{\max} + A_{\max})$$

$$L_{x_{\min}} = (180,210 + 89,5) - (140,3 + 60 + 20,4)$$

$$L_{x_{\min}} = 49,01 \text{ mm}$$

$$L_x = 50^{+0,573}_{-0,99}$$

$$\text{Ellenőrzés: } T_{L_{xi}} = b + d + c + e + a$$

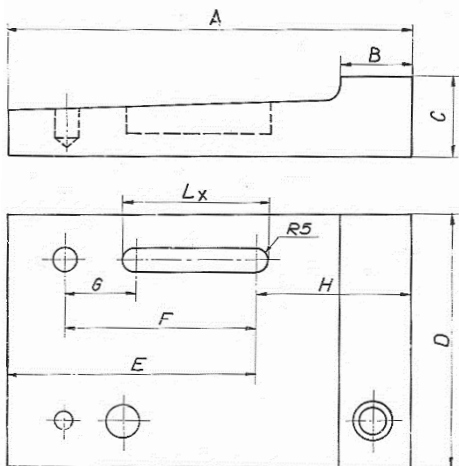
$$1,563 = 0,063 + 0,3 + 0,3 + 0,1 + 0,8$$

11.14. Példa

Adott a 11.14. ábrán látható alkatrész méreteivel. Határozza meg a hiányzó méret maximum és minimum méreteit!

$$A = 75^{+0,6}_{-0,3}; B = 17^{+0,2}_{+0,1}; C = 20^{-0,1}_{-0,2}; D = 60^{+0,3}_{-0,3}; E = 40^{+0,2}_{-0,2}; F = 27^{-0,1}_{-0,3}; G = 15^{-0,2}_{-0,5}; H = 34^0_{-0,1};$$

$$R = 5^{+0,3}_{-0,3}; \text{ Az ábra alapján a növelő tagok: F, R. A csökkentő tag: G}$$



11.14. ábra [6]

$$L_x = (F + 2R) - G$$

$$L_x = (27 + 2 \cdot 5) - 15$$

$$L_x = 22 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\max}} = (F_{\max} + 2R_{\max}) - G_{\min}$$

$$L_{x_{\max}} = (26,9 + 2 \cdot 5,3) - 14,5$$

$$L_{x_{\max}} = 23 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\min}} = (F_{\min} + 2R_{\min}) - G_{\max}$$

$$L_{x_{\min}} = (26,7 + 2 \cdot 4,7) - 14,8$$

$$L_{x_{\min}} = 21,3 \text{ mm}$$

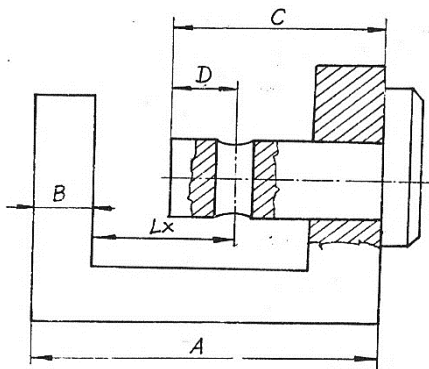
$$L_x = 22^{+1,0}_{-0,7}$$

$$\text{Ellenőrzés: } T_{L_{xi}} = f + 2r + g$$

$$1,7 = 0,2 + 2 \cdot 0,6 + 0,3$$

10.15. Példa

Adott a 11.15. ábrán látható alkatrész méreteivel. Határozza meg a hiányzó L_x méretét névleges méretét és tűréseinek értékét! $A = 140^{+0,004}_{-0,021}$; $B = 10^{+0,2}_0$; $C = 100 \pm 0,4$; $D = 30^{-0,2}_{-0,5}$;



11.15. ábra [3]

Az ábra alapján a növelő tagok: A, D. A csökkentő tagok: C, B.

$$L_x = (A + D) - (C + B)$$

$$L_x = (140 + 30) - (100 + 10) = 60 \text{ mm}$$

$$L_x = 60 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\max}} = (A_{\max} + D_{\max}) - (C_{\min} + D_{\min})$$

$$L_{x_{\max}} = (140,004 + 29,8) - (99,6 + 10)$$

$$L_{x_{\max}} = 60,204 \text{ mm}$$

$$L_{x_{\min}} = (A_{\min} + D_{\min}) - (C_{\max} + D_{\max})$$

$$L_{x_{\min}} = (139,979 + 29,5) - (100,4 + 10,2)$$

$$L_{x_{\min}} = 58,879 \text{ mm}$$

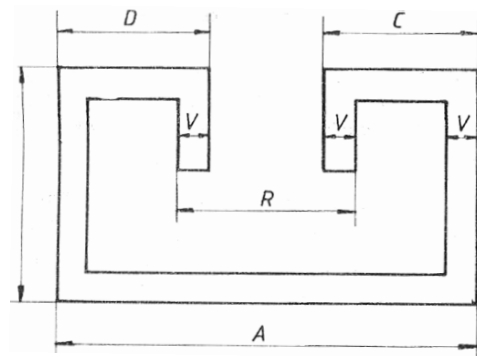
$$D = 60^{+0,204}_{-1,121};$$

$$\text{Ellenőrzés: } T_{L_x} = a + c + d + b$$

$$1,325 = 0,025 + 0,8 + 0,3 + 0,2$$

11.16. Példa

Adott a 11.16. ábrán látható alkatrész méreteivel. Határozza meg az eredő méret minimum és maximum méretét! $A = 120^{+0,65}_{+0,2}$; $B = 100^{+0,3}_{-0,3}$; $C = 50^{+0,3}_{-0,1}$; $D = 60^{-0,016}_{-0,4}$; $V = 60^{-0,016}_{-0,027}$;



11.16. ábra [6]

Az ábra alapján a növelő tagok: A, V. A csökkentő tagok: C, D.

$$R = (A + 2V) - (C + D)$$

$$R = (120 + 2 \cdot 12) - (50 + 60)$$

$$R = 34 \text{ mm}$$

$$R_{\max} = (A_{\max} + 2V_{\max}) - (C_{\min} + D_{\min})$$

$$R_{\max} = (120,65 + 2 \cdot 11,984) - (49,9 + 59,6)$$

$$R_{\max} = 35,118 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = (A_{\min} + 2V_{\min}) - (C_{\max} + D_{\max})$$

$$R_{\min} = (120,2 + 2 \cdot 11,973) - (50,3 + 60)$$

$$R_{\min} = 33,846 \text{ mm}$$

$$R = 34^{+1,118}_{-0,154}$$

$$\text{Ellenőrzés: } T_{R_i} = a + 2v + c + d$$

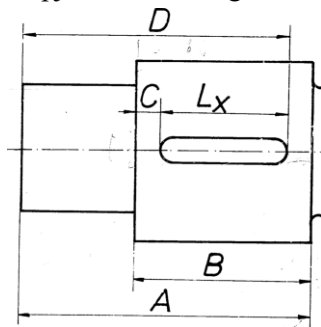
$$1,272 = 0,45 + 2 \cdot 0,011 + 0,4 + 0,4$$

11.17. Példa

Adott a 11.17. ábrán látható alkatrész méreteivel. Határozza meg a hiányzó eredő méretet!

$$A = 130 \pm 0,4; \quad B = 80^{+0,6}_{+0,1}; \quad C = 15^{0}_{-0,3}; \quad D = 110^{0}_{-0,5};$$

Az ábra alapján a növelő tagok: B, D. A csökkentő tagok: A, C.



11.17. ábra [3]

$$\begin{aligned} Lx &= (B+D) - (A+C) \\ Lx &= (80+110) - (130+15) \\ Lx &= 45\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lx_{\max} &= (B_{\max} + D_{\max}) - (A_{\min} + C_{\min}) \\ Lx_{\max} &= (80,6 + 109,8) - (129,6 + 14,7) \\ Lx_{\max} &= 46,2\text{mm} \end{aligned}$$

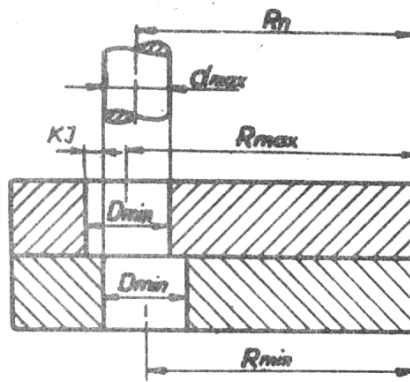
$$\begin{aligned} Lx_{\min} &= (B_{\min} + D_{\min}) - (A_{\max} + C_{\max}) \\ Lx_{\min} &= (80,1 + 109,5) - (130,4 + 15) \\ Lx_{\min} &= 44,2\text{mm} \end{aligned}$$

$$Lx = 45^{+1,1}_{-0,8}$$

$$\begin{aligned} T_{Lx} &= Lx_{\max} - Lx_{\min} = a+b+c+d \\ 1,9 &= 0,8+0,5+0,3+0,3 \end{aligned}$$

11.18. Példa

Két csőkarimát ($R=180 \pm 0,3\text{mm}$) 8db csavarral szorítjuk össze. A furatokba kerülő csapok átmérője $d=14 \pm 0,1\text{mm}$. Mekkora a 11.18. ábrán a furatok szereléshez szükséges alsó határmérete, ha osztáshiba nincs?



11.18. ábra [6]

$$R_{\max} = R_n + (KJ/2) = R_n + ((D_{\min} - d_{\max})/2)$$

Ebből:

$$D_{\min} = 2 \cdot (R_{\max} - R_n) + d_{\max}$$

$$D_{\min} = 2 \cdot (180,3 - 180) + 14,1 = 14,7\text{mm}$$

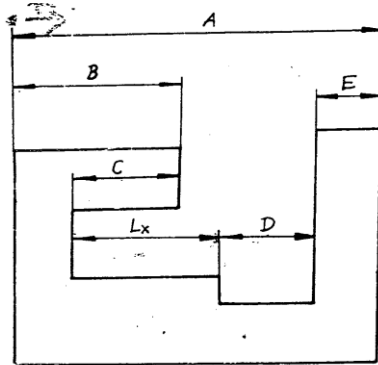
Vagy:

$$D_{\min} = 2 \cdot (R_n - R_{\min}) + d_{\max}$$

$$D_{\min} = 2 \cdot (180 - 179,7) + 14,1 = 14,7\text{mm}$$

11.19. Példa

Határozza meg a 11.20. ábrán az eredő névleges méretét és annak eltéréseit! $A = 150^{+0,5}_{+0,2}$; $B = 70 \pm 0,3$
 $C = 40^{+0,1}_{-0,4}$; $D = 50^0_{-0,2}$; $E = 20^{+0,4}_0$; Az ábra alapján a növelő tagok: A, C. A csökkentő tagok: E, D, B.



11.20. ábra [3]

$$Lx = (A + C) - (E + D + B)$$

$$Lx = (150 + 40) - (20 + 50 + 70)$$

$$Lx = 50 \text{ mm}$$

$$Lx_{\max} = (A_{\max} + C_{\max}) - (E_{\min} + D_{\min} + B_{\min})$$

$$Lx_{\max} = (150,5 + 40,1) - (20 + 49,8 + 69,7)$$

$$Lx_{\max} = 51,1 \text{ mm}$$

$$Lx_{\min} = (A_{\min} + C_{\min}) - (E_{\max} + D_{\max} + B_{\max})$$

$$Lx_{\min} = (150,2 + 39,6) - (20,4 + 50 + 70,3)$$

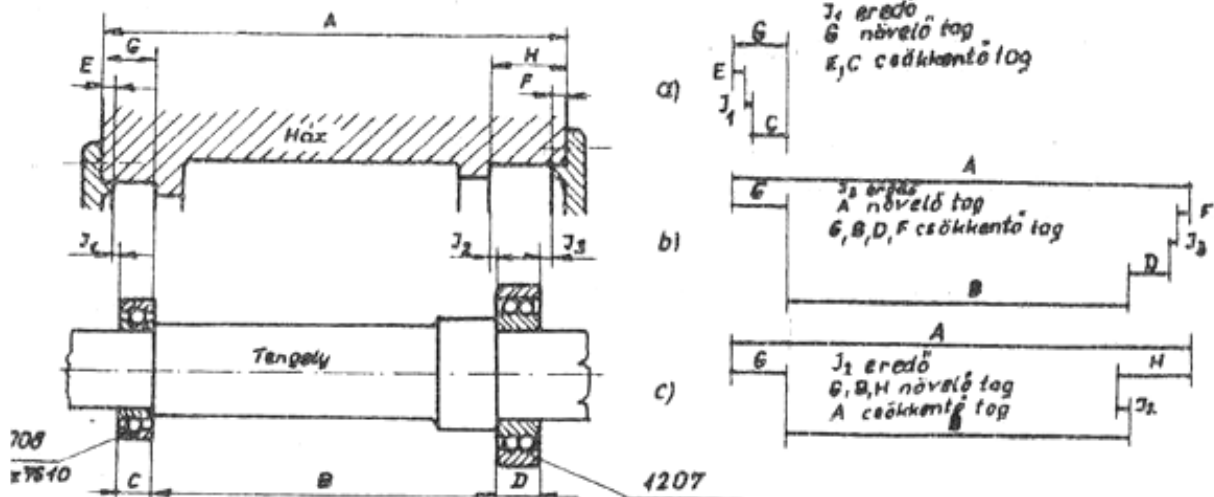
$$Lx_{\min} = 49,1 \text{ mm}$$

$$Lx = 50^{+1,1}_{-0,9}$$

Ellenőrzés: $T_{Lxi} = a + b + c + d + e$
 $2 = 0,3 + 0,6 + 0,5 + 0,2 + 0,4$

11.20. Példa

Egy tengely két végén csapágyazva van a 11.21. ábrán. A csapágyak méretei: $C = 13^0_{-0,12}$; $D = 17^0_{-0,12}$. A ház két végén fedéllel van lezárva. Mekkora legyen a G, B, H méret és tűrése, továbbá a csapágy beépítése után a legkisebb és legnagyobb játék ($J_{1\min}$, $J_{1\max}$) értéke? További adatok: $A = 300^0_{-0,5}$; $E = 6^{+0,1}_0$; $F = 7^{+0,1}_0$; $J_{2\min} = J_{3\min} = 0,5 \text{ mm}$; G, B, H méret szóródása: $g = h = 0,1 \text{ mm}$; $b = 0,5 \text{ mm}$.



11.21. ábra [6]

A csapágyak külső gyűrűjének tengelyirányú játékot kell biztosítani, $J_1 \geq 0$. $J_{1\min} = 0 \text{ mm}$ választva, mivel az a) méretláncban J_1 az eredmény.

$$J_{1\min} = G_{\min} - (E_{\max} + C_{\max}) = 0 \rightarrow G_{\min}$$

$$G_{\min} = E_{\max} + C_{\max} = 6,1 + 13 = 19,1 \text{ mm}$$

$$G_{\max} = G_{\min} + g = 19,1 + 0,1 = 19,2 \text{ mm}$$

$$G = 19,1^{+0,1}_0$$

$$J_{1\max} = G_{\min} - (E_{\min} + C_{\min}) = 19,2 - (6 + 12,88) = 0,32 \text{ mm}$$

$$J_1 \text{ tűrése: } j_1 = J_{1\max} - J_{1\min} = 0,32$$

$$\text{Ellenőrzés: } j_1 = g + e + c = 0,1 + 0,1 + 0,12 = 0,32 \text{ mm}$$

A tengelyváll 'B' méretét úgy kell megállapítani, hogy szerelés után $J_{3\min}=0,5\text{mm}$ legyen. A b) méretláncban J_3 az eredő méret.

$$J_{3\min}=A_{\min}-(G_{\max}+B_{\max}+D_{\max}+F_{\max})=0,5\text{mm} \rightarrow B_{\max}$$

$$B_{\max}=A_{\min}-(G_{\max}+D_{\max}+F_{\max}+J_{3\min})=299,5-(19,2+17+7,1+0,5)=255,7\text{mm}$$

$$B_{\min}=B_{\max}-b=255,7-0,5=255,2\text{mm}$$

$$B=255,7_{-0,5}^0$$

$$J_{3\max}=A_{\max}-(G_{\min}+B_{\min}+D_{\min}+F_{\min})=300-(19,1+255,2+16,88+7)=1,82\text{mm}$$

$$J_3 \text{ tűrése: } j_3=J_{3\max}-J_{3\min}=1,32\text{mm}$$

$$\text{Ellenőrzés: } j_3=a+g+b+d+f$$

$$j_3=0,5+0,1+0,5+0,12+0,1=1,32\text{mm}$$

A másik csapágyfészek 'H' méretét úgy kell megállapítani, hogy szerelés után $J_{2\min}=0,5\text{mm}$ legyen. A c) méretláncban J_2 az eredő méret.

$$J_{2\min}=(G_{\min}+B_{\min}+H_{\min})-A_{\max}=0,5\text{mm}$$

$$H_{\min}=(A_{\max}+J_{2\min})-(B_{\min}+G_{\min})=(300+0,5)-(19,1+255,2)=26,2\text{mm}$$

$$H_{\max}=H_{\min}+h=26,2+0,1=26,3\text{mm}$$

$$H=26,2_{+0,1}^0$$

$$J_{2\max}=(G_{\max}+B_{\max}+H_{\max})-A_{\min}=(19,2+255,7+26,3)-299,5=1,7\text{mm}$$

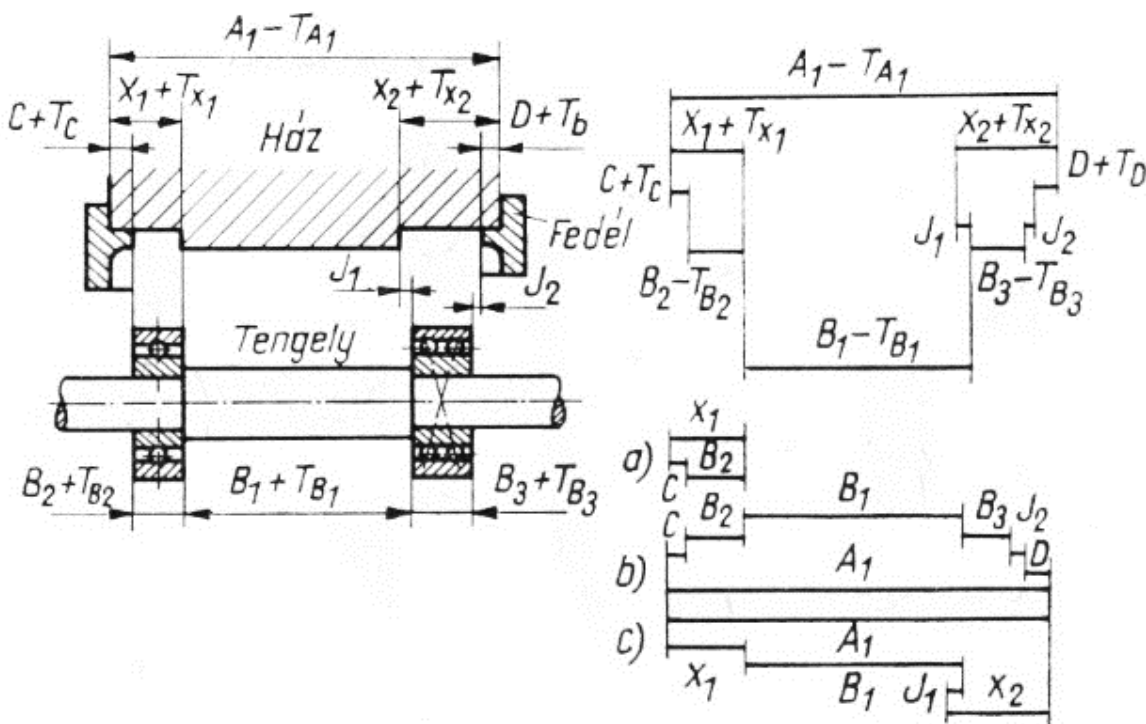
$$J_2 \text{ tűrése: } j_2=J_{2\max}-J_{2\min}=1,2\text{mm}$$

$$\text{Ellenőrzés: } j_2=g+b+h+a=0,1+0,5+0,1+0,5=1,2\text{mm}$$

11.21. Példa

A 11.22. ábrán látható csapágybeépítésnél határozza meg, hogy a házban a csapágyak fészket a homlokaptól, valamint a tengelyvállak távolságát milyen méretre és mekkora tűréssel kell elkészíteni, hogy a csapágyaknak tengelyirányú játéka legyen. $A=300_{-0,5}^{+0,1}$, $C=6_{+0,1}^0$, $D=7_{+0,1}^0$, $J_1=J_2=+0,5$,

$$Tx_1=Tx_2=_{+0,1}^0, T_{B1}=_{-0,5}^0, B_2=13_{-0,120}^0, B_3=17_{-0,120}^0.$$



11.22. ábra [11]

A gyártásban a B1 és X1, valamint X2 méreteknak tűrésezettnek kell lenniük. A csapágyszekrény külső gyűrűinek játékot kell biztosítani (11.22.a.ábra).

$$X_{1\min} = B_{2\max} + C_{\max}$$

$$X_{1\min} = 13,00 + 6,10 = 19,10\text{mm}$$

$$X_{1\max} = B_{2\max} + C_{\max} + T_{X1} \quad (T_{X1} \text{ az } X_1 \text{ méret elkészítési tűrése})$$

$$X_{1\max} = 13,00 + 6,10 + 0,1 = 19,2\text{mm}$$

A tengelyváll mérete és tűrése (10.22.b.ábra):

$$B_{1\max} = A_{1\min} - D_{\max} - J_{2\min} - B_{3\max} - C_{\max} - B_{2\max} - T_{X1}$$

$$B_{1\max} = 299,50 - 7,10 - 0,5 - 17,00 - 6,10 - 13,00 - 0,10 = 255,70\text{mm}$$

$$B_{1\min} = B_{1\max} - T_{B1}$$

$$B_{1\min} = 255,70 - 0,50 = 255,2\text{mm}$$

A másik csapágyfészkek határméretei:

$$X_{2\min} = A_{1\min} - B_{1\min} + J_{1\min}$$

$$X_{2\min} = 300,00 - 19,10 - 256,20 + 0,50 = 25,20\text{mm}$$

A külső csapágygyűrűnek játékot kell biztosítani, T_{X2} -t ezért:

$$X_{2\max} = X_{2\min} + T_{X2}$$

$$X_{2\max} = 25,20 + 0,10 = 25,30\text{mm}$$

Az önbeálló kétsoros golyóscsapágy külső gyűrűjének biztosított játékot alsó határértékei:

$$J_{1\min} = A_{1\min} + X_{1\min} + X_{1\min} + B_{1\min} - X_{2\min}$$

$$J_{1\min} = 256,20 + 19,10 + 25,20 - 300,00 = 0,5\text{mm}$$

$$J_{2\min} = A_{1\min} - X_{1\max} - B_{1\max} - B_{2\max} - D_{\max}$$

$$J_{2\min} = 299,50 - 19,20 - 255,70 - 17,00 - 7,1 = 0,5\text{mm}$$

Az egysoros golyóscsapágy külső gyűrűjének axiális játéka:

$$NJ = X_{1\max} - C_{\min} - B_{\min}$$

$$NJ = 19,20 - 6,00 - 12,88 = 0,32\text{mm}$$

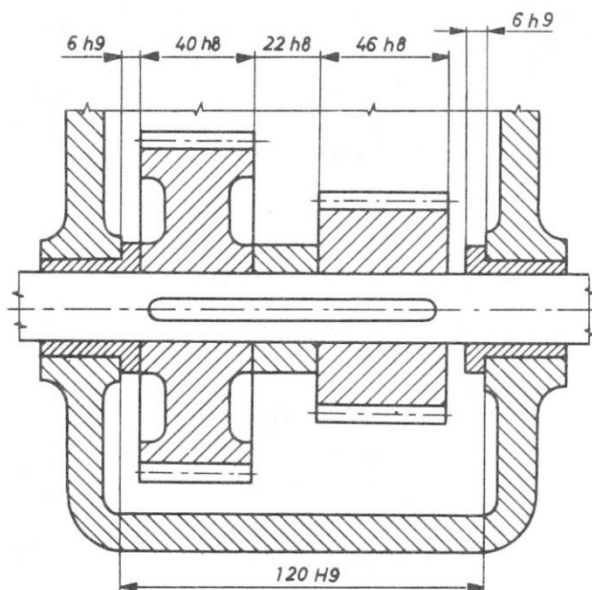
$$KJ = X_{1\min} - C_{\max} - B_{2\max}$$

$$KJ = 19,10 - 6,1 - 13,00 = 0,00\text{mm}$$

$$X_1 = 19^{+0,2}_{+0,1}, \quad X_2 = 25,2^{+0,1}_0$$

11.22. Példa

Az 11.23. ábrán látható méretek alapján azonosítsa az eredőméretet és számítsa ki annak névleges értékét, majd határozza meg a tűrését. A tűréseket a mellékletben található 13.9. táblázatból határozza meg.

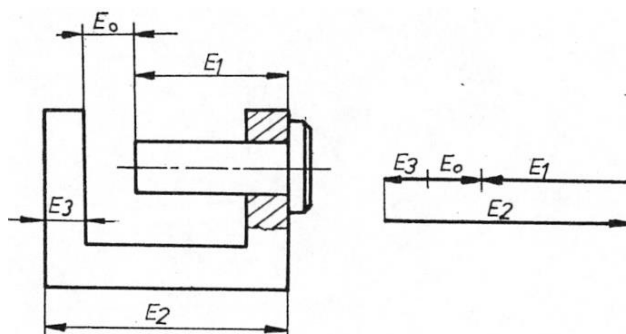


11.23. ábra [9]

11.23. Példa

Határozzuk meg a 11.24. ábrán látható szerkezetenél a kiadódó hézag nagyságát (E_o -át).

$$E_2 = 60^{+0,1}_{-0,1}, E_1 = 30^{+0,3}_{+0,2}, E_3 = 10^{-0,2}_{-0,4}$$



11.24. ábra [3]

$$E_o = E_2 - (E_1 + E_3) = 60 - (30 + 10) = 20 \text{ mm}$$

$$E_{o \max} = E_{2 \max} - (E_{1 \min} + E_{3 \min}) = 60,1 - (29,8 + 9,6) = 20,3 \text{ mm}$$

$$E_{o \min} = E_{2 \min} - (E_{1 \max} + E_{3 \max}) = 59,8 - (30,3 + 9,8) = 19,7 \text{ mm}$$

$$T_{eo} = E_{o \max} - E_{o \min}$$

$$T_{eo} = 20,3 - 19,7 = 0,6 \text{ mm}$$

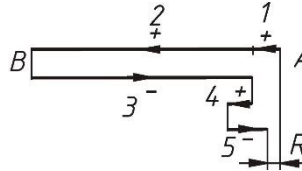
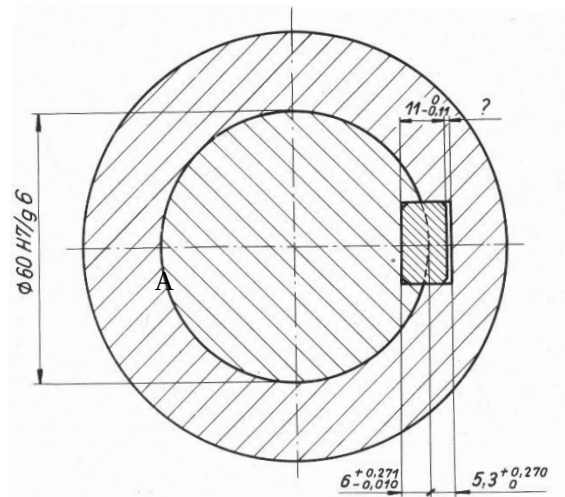
$$\text{Ellenőrzés: } T_{eo} = e_1 + e_2 + e_3$$

$$0,6 = 0,1 + 0,3 + 0,2$$

$$E_o \pm 0,3$$

11.24. Példa

Számítsa ki a 11.25. ábrán látható reteszkötésen lévő retesz és a reteszhorony közötti hézag 'R' eredő méret maximum és minimum értékeit! A furat és a tengely tűréseit keresse meg a mellékletben lévő 13.9.- és 13.10. táblázatból. 1: furat horonyméret, 2: furat Ø, 3: tengely Ø, 4: tengely horonyméret, 5: retesz méret



$$R_{\max} = 1_{\max} + 2_{\max} - 3_{\min} + 4_{\max} - 5_{\min}$$

$$R_{\max} = 5,57 + 60,03 - 59,971 + 6,271 - 10,89$$

$$R_{\max} = 1,01 \text{ mm}$$

$$R_{\min} = 1_{\min} + 2_{\min} - 3_{\max} + 4_{\min} - 5_{\max}$$

$$R_{\min} = 5,3 + 60 - 59,99 + 5,99 - 11$$

$$R_{\min} = 0,3 \text{ mm}$$

$$R_{+1,01}^{+0,3}$$

11.25. ábra [1]

Az eredő méret szóródása:

$$T = R_{\max} - R_{\min} = 1,01 - 0,3 = 0,71 \text{ mm}$$

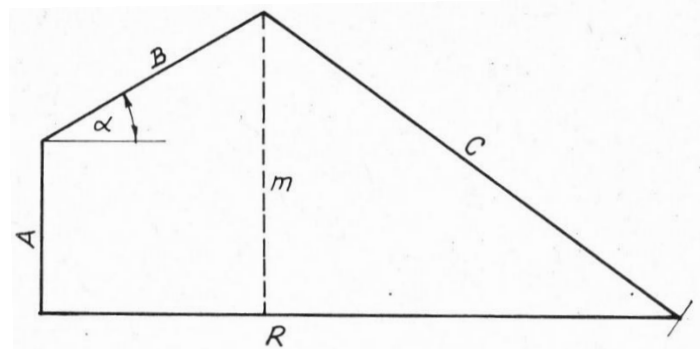
Az eredő méret ellenőrzése:

$$T = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5$$

$$0,71 = 0,270 + 0,03 + 0,019 + 0,281 + 0,11$$

11.25. Példa

Adott az 11.26. ábrán látható síkban elhelyezkedő, nem párhuzamos tagokat tartalmazó méretlánc. Határozza meg az „R” eredő méret tűrését. $A = 20_{0}^{+0,4}$, $B = 30_{0}^{+0,2}$, $C = 60_{-0,4}^0$, $\alpha = 30^{\circ \pm 10'}$,



11.26. ábra [11]

A feladat megoldásához meg kell határoznunk az $R = f(x) = f(A, B, C, \alpha)$ függvényt.

$$\text{Az ábra alapján } m = A + B \cdot \sin \alpha; C^2 = m^2 + (R - B \cdot \cos \alpha)^2.$$

$$\text{A két egyenletből: } C^2 = (A + B \cdot \sin \alpha)^2 + (R - B \cdot \cos \alpha)^2;$$

$$\text{innen } R = B \cos \alpha + \sqrt{C^2 - (A + B \sin \alpha)^2}$$

$$R_{\max} = B_{\max} \cos \alpha + \sqrt{C_{\max}^2 - (A_{\min} + B_{\max} \sin \alpha)^2}$$

$$R_{\max} = 30,2 \cdot 0,866 + \sqrt{60^2 - (20 + 30,2 \cdot 0,5)^2}$$

$$R_{\max} = 74,82 \text{ mm}$$

$$R_{min} = B_{min} \cos \alpha + \sqrt{C_{min}^2 - (A_{max} + B_{min} \sin \alpha)^2}$$

$$R_{min} = 30 \cdot 0,866 + \sqrt{59,6^2 - (20,4 + 30 \cdot 0,5)^2}$$

$$R_{min} = 73,93 \text{ mm}$$

$$A = 74,7^{+0,12}_{-0,77}$$

Az R eredő r tűrésnagyságának meghatározása parciális differenciálhányados számításával:

$$t' = \frac{\partial f(x)}{\partial A} a + \frac{\partial f(x)}{\partial B} b + \frac{\partial f(x)}{\partial C} c + \frac{\partial f(x)}{\partial \alpha} \alpha_t$$

ahol a, b, c és α_t az A, B, C és α értékek tűrései.

A parciális differenciálást elvégezve:

$$r' = - \left(\frac{A + B \sin \alpha}{\sqrt{C^2 - (A + B \sin \alpha)^2}} \right) a + \left(\cos \alpha - \frac{(A + B \sin \alpha) \sin \alpha}{\sqrt{C^2 - (A + B \sin \alpha)^2}} \right) b + \frac{C}{\sqrt{C^2 - (A + B \sin \alpha)^2}} c -$$

$$- \left(B \sin \alpha + \frac{B \cos \alpha (A + B \sin \alpha)}{\sqrt{C^2 - (A + B \sin \alpha)^2}} \right) \alpha_t;$$

Behelyettesítve:

$$r' = \left(- \frac{20+30 \cdot 0,5}{48,734} \right) a + \left(0,866 - \frac{(20+30 \cdot 0,5) \cdot 0,5}{48,734} \right) b + \frac{60}{48,734} c - \left(30 \cdot 0,5 + \frac{30 \cdot 0,866 \cdot (20+30 \cdot 0,5)}{48,734} \right) \cdot \alpha_t;$$

Az $\alpha_t = 10'$ -es értéket radiánokra átszámítva

$$\frac{\pi}{180 \cdot 60} \cdot 10 = \frac{3,14}{10,800} \cdot 10 = 0,00291 \text{ radián};$$

$r' = -0,718a + 0,507b + 1,231c - 33,66\alpha_t$; az abszolút értékek alapján

$r = 0,718 \cdot 0,4 + 0,507 \cdot 0,2 + 1,231 \cdot 0,4 + 33,66 \cdot 0,00291 = 0,98 \text{ mm}$;

Az egyenletekben szereplő tagok előjelei arra utalnak, hogy melyek a hossznövelő (+) vagy csökkenést (-) eredményező tagok.

Az eredő maximális értéke: $r_{max} = -0,718 \cdot a_{min} + 0,507 \cdot b_{max} + 1,231 \cdot c_{max} - 33,66 \cdot \alpha_{tmin}$

$r_f = -0,7180 + 0,5070,2 + 1,2310 - 33,660 = 0,10 \text{ mm}$

Az eredő minimális értéke:

$r_{min} = -0,718 \cdot a_{min} + 0,507 \cdot b_{min} + 1,231 \cdot c_{min} - 33,66 \cdot \alpha_{tmax}$

$r_{min} = -0,718 \cdot 0,40 + 0,507 \cdot 0 + 1,231 \cdot (-0,40) - 33,66 \cdot 0,00291 = -0,88 \text{ mm}$

A keresett eredő értéke: $R = 74,70^{+0,10}_{-0,88} \text{ mm}$ ahol az R névleges értéket a

$B \cdot \cos \alpha + \sqrt{C^2 - (A + B \cdot \sin \alpha)^2}$ összefüggésből számolható.

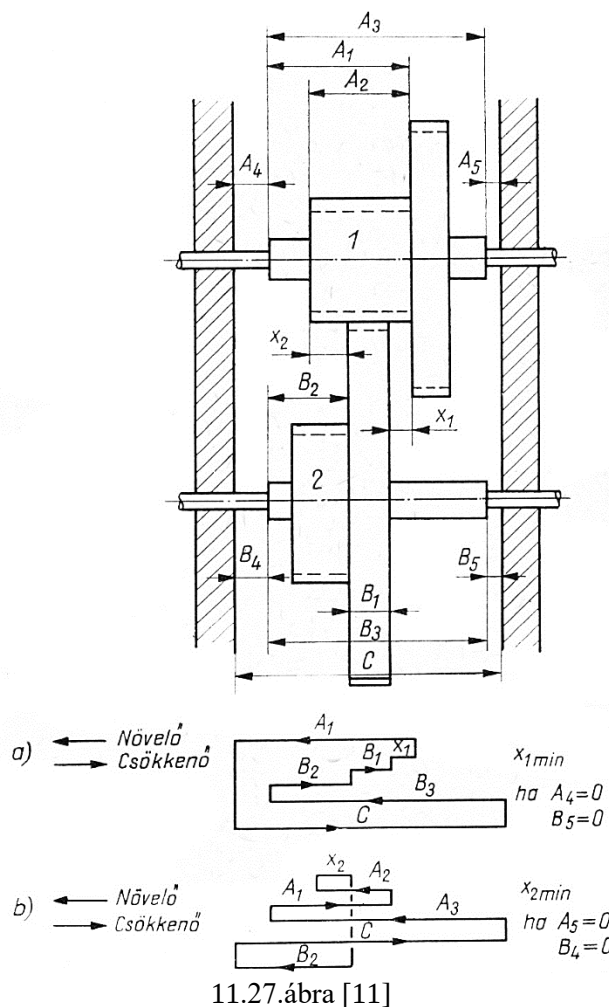
Ellenőrzés: $r = r_{max} - r_{min}$

$0,98 \text{ mm} = 0,10 - (-0,88)$

11.26. Példa

Adott a 11.27. ábrán egy fogaskerék hajtómű. Az ábrán az 1 és 2-vel jelölt fogaskerek nagykerekei a szélső határesetekben sem sűrülhetnek egymással, továbbá az, hogy az 1 kerék kisfogaskereke a 2 kerék nagyfogaskerekének teljes szélességével a szélső esetekben is érintkezzen. A képen jelölt X_1 és X_2 méreteket kell meghatározni. Ezek a méretek az összekapcsolt méretláncok zárótagjai (figyelem, a rajz aránytalan!).

$$A_1 = 10,50_{-0,3}^0, \quad A_2 = 5,50_{-0,5}^0, \quad A_3 = 13,50_{-0,1}^0, \quad B_1 = 2,00_{-0,05}^{+0,05}, \quad B_2 = 7,00_{-0,3}^0, \quad B_3 = 13,5_{-0,1}^0, \\ C = 14,00_{-0,05}^0.$$



11.27.ábra [11]

Az X_1 értéke akkor lehet minimális, ha A_4 és B_5 méretek nullával egyenlőek. Azaz az 1-es kerék az egyik, a 2-es kerék a másik irányban egészen a hajtóműház faláig eltolódik. Az X_1 minimális értékét az $A_4=A_5=0$ esetében kell kiszámolni és a méretláncot is erre az esetre kell felrajzolni.

$$X_1 = A_1 - C + B_3 - B_2 - B_1 = 10,50 - 14,00 + 13,50 - 7,00 - 2,00 = 1,00 \text{ mm}$$

$$X_{1\min} = A_{1\min} - C_{\max} + B_{3\min} - B_{2\max} - B_{1\max} = 10,20 - 14,00 + 13,40 - 7,00 - 2,05 = 0,55 \text{ mm}$$

$$X_{1\max} = A_{1\max} - C_{\min} + B_{3\max} - B_{2\min} - B_{1\min} = 10,50 - 13,95 + 13,50 - 6,70 - 1,95 = 1,40 \text{ mm}$$

$$T_{x1} = X_{1\max} - X_{1\min} = 1,40 - 0,55 = 0,85 \text{ mm}$$

Ellenőrzés:

$$T_{x1} = T_{A1} + T_C + T_{B3} + T_{B2} + T_{B1}$$

$$0,85 = 0,30 + 0,05 + 0,10 + 0,30 + 0,10$$

$$X_2 = A_2 - A_1 + A_3 - C + B_2 = 5,50 - 10,50 + 13,50 - 14,00 + 7,00 = 1,50 \text{ mm}$$

$$X_{2\min} = A_{2\min} - A_{1\max} + A_{3\min} - C_{\max} + B_{2\min} = 5,00 - 10,50 + 13,40 - 14,00 + 6,70 = 0,60 \text{ mm}$$

$$X_{2\max} = A_{2\max} - A_{1\min} + A_{3\max} - C_{\min} + B_{2\max} = 5,50 - 10,20 + 13,50 - 13,95 + 7,00 = 1,85 \text{ mm}$$

$$T_{x2} = X_{2\max} - X_{2\min} = 1,85 - 0,60 = 1,25 \text{ mm}$$

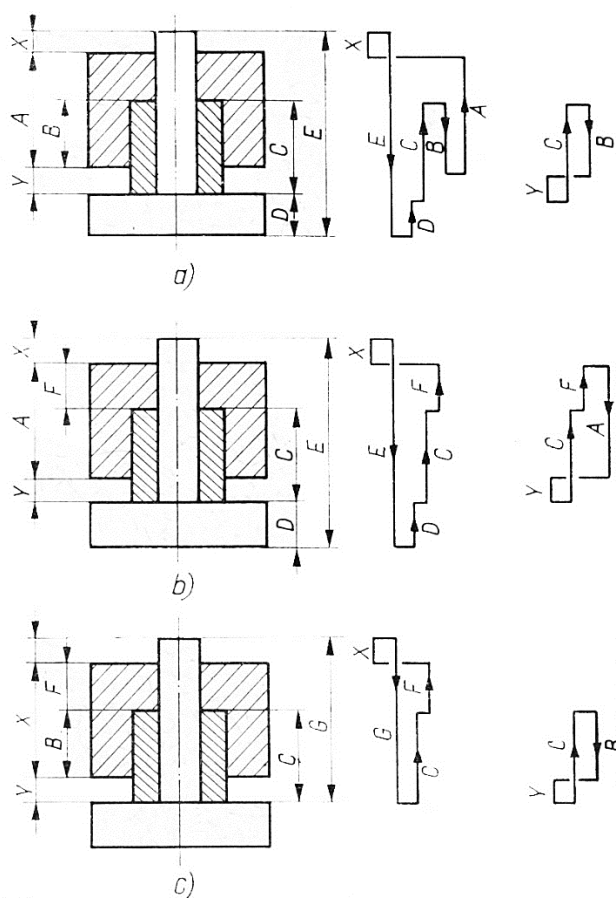
Ellenőrzés:

$$T_{x2} = T_{A2} + T_{A1} + T_{A3} + T_C + T_{B2}$$

$$1,25 = 0,50 + 0,30 + 0,10 + 0,05 + 0,30$$

11.27. Példa

A méretlánc legcélszerűbb felépítése amikor a technológiai bázis egybeesik a szerelési és mérési bázissal. Mindig a lehető legkevesebb tagból álljon és több méretlánc esetén pedig lehetőség szerint az egyes méretláncok azonos technológiai pontossági követelményt támasszanak, főleg abban az esetben, amikor ezek a méretláncok esetleg egymástól nem függetlenek, hanem soros vagy párhuzamos, esetleg vegyes csatlakozásúak.



11.28. ábra [11]

Az a, b, c, ábra szerinti esetek az X és Y zárótagok meghatározására:

eset	X zárótag-méret	Y meghatározó méretek
a)	$E - D - C + B - A$	$C - B$
b)	$E - D - C - F$	$C + F - A$
c)	$G - C - F$	$C - B$

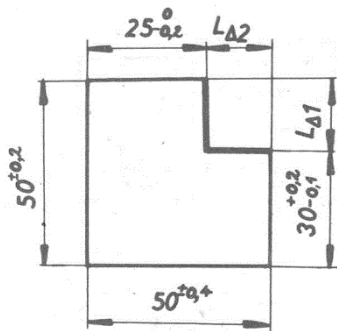
Jól látható, hogy

- a) esetben az X-et öt és az Y-t kettő,
- b) esetben az X-et négy az Y-t három,
- c) esetben az X-et három és az Y-t két méret határozza meg.

11.28. Példa

Eredő számítása kivonással.

Kiszámítandó az 11.29. ábrán látható munkadarab két méretláncának eredője.



Növelő tagok: $50 \pm 0,2$; $50 \pm 0,4$;

Csökkentő tagok: $30^{+0,2}_{-0,1}$; $25^0_{-0,2}$.

11.29. ábra [4]

Méretlánc, eredő tag számítása kivonással

Az eredők névleges mérete:

$$L_{\Delta} = \sum L_{i,növ} - \sum L_{i,csökk}$$

$$L_{\Delta 1} = 50 - 30 = 20 \text{ mm}; L_{\Delta 2} = 50 - 25 = 25 \text{ mm}.$$

Az eredők maximális mérete:

$$L_{\Delta \max} = \sum L_{i,növ,\max} - \sum L_{i,csökk,\min}$$

$$L_{\Delta 1 \max} = 50 + 0,2 - (30 - 0,1) = 20,3 \text{ mm},$$

$$L_{\Delta 2 \max} = 50 + 0,4 - (25 - 0,2) = 25,6 \text{ mm}.$$

Az eredők minimális mérete:

$$L_{\Delta \min} = \sum L_{i,növ,\min} - \sum L_{i,csökk,\max}$$

$$L_{\Delta 1 \min} = (50 - 0,2) - (30 + 0,2) = 19,6 \text{ mm},$$

$$L_{\Delta 2 \min} = 50 - 0,4 - (25 + 0) = 24,6 \text{ mm}.$$

Az eredők tűrésezett mérete:

$$L_{\Delta 1} = 20^{+0,3}_{-0,4}; L_{\Delta 2} = 25^{+0,6}_{-0,4}$$

Az eredők szórása vagy tűrése:

$$\vartheta_{\Delta 1} = L_{\Delta 1 \max} - L_{\Delta 1 \min} = 20,3 - 19,6 = 0,7 \text{ mm};$$

$$\vartheta_{\Delta 2} = L_{\Delta 2 \max} - L_{\Delta 2 \min} = 25,6 - 24,6 = 1,0 \text{ mm}$$

Ellenőrzés:

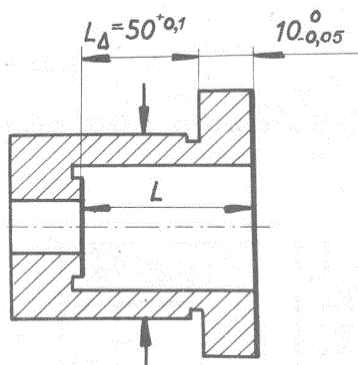
$$\vartheta_{\Delta} = \sum \vartheta_i$$

$$1. 0,7 = 0,4 + 0,3 = 0,7 \text{ mm},$$

$$2. 1,0 = 0,8 + 0,2 = 1,0 \text{ mm}. \quad \text{Mivel nincs tűréshiány, ezért a számítás jó.}$$

11.29. Példa

Összetevő számítása összeadással.



Meghatározandó az 11.29. ábrán vázolt munkadarab ismeretlen mérete, ha az $50^{+0,1}_0$ méretet eredőnek feltételezzük.

Növelő tag: L ;

Csökkentő tag: $10^{0}_{-0,05}$.

Az eredő: $L_{\Delta} = 50^{+0,1}_0$

11.29. ábra [4]

Méretlánc összetevő számítása összeadással

A számításnál az eredőre levezetett összefüggésből indulunk ki és az ismeretlent kifejezzük.

Az összetevő névleges mérete:

$$L_{\Delta} = \sum L_{i,növ} - \sum L_{i,csökk},$$

$$50 = L_{növ} - 10 \quad L_{növ} = 50 + 10 = 60 \text{ mm.}$$

Az összetevő maximális mérete:

$$L_{\Delta \max} = \sum L_{i,növ.\max} - \sum L_{i,csökk.\min}$$

$$50 + 0,1 = L_{növ.\max} - (10 - 0,05).$$

$$L_{növ.\max} = 50 + 0,1 + 10 - 0,05 = 60,05 \text{ mm.}$$

Az összetevő minimális mérete:

$$L_{\Delta \min} = \sum L_{i,növ.\min} - \sum L_{i,csökk.\max},$$

$$50 + 10 = L_{növ.\min} - (10 + 0),$$

$$L_{növ.\min} = 50 + 10 = 60 \text{ mm.}$$

Az összetevő túrésezett mérete:

$$L = 60^{+0,05}_0;$$

Az eredő túrése:

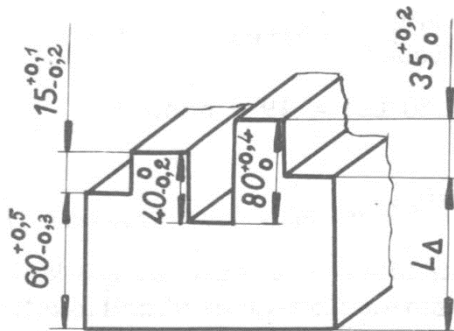
$$\vartheta_{\Delta} = 0,1 \text{ mm.}$$

Ellenőrzés:

$$\vartheta_{\Delta} = \sum \vartheta_i, \quad 0,1 = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ azaz a számítás jó.}$$

11.30. Példa

Az 11.30. ábrán látható alkatrésznél a szerkesztő a működési követelményeknek megfelelően adta meg a méreteket. Határozzuk meg, hogy szélső esetben mekkora lehet a mérettel el nem látott hossz.



Növelő tagok: $60^{+0,5}_{-0,3}$; $15^{+0,1}_{-0,2}$; $80^{+0,4}_{-0,2}$,

Csökkentő tagok: $40^{+0,2}_{-0,2}$; $35^{+0,2}_{-0,2}$.

Az zárótag maximális mérete:

$$L_{\Delta \max} = 60 + 0,5 + 15 + 0,1 + 80 + 0,4 - (40 - 0,2 + 35) = 81,2 \text{ mm.}$$

$$L_{\Delta \min} = 60 - 0,3 + 15 - 0,2 + 80 - (40 + 35 + 0,2) = 79,3 \text{ mm}$$

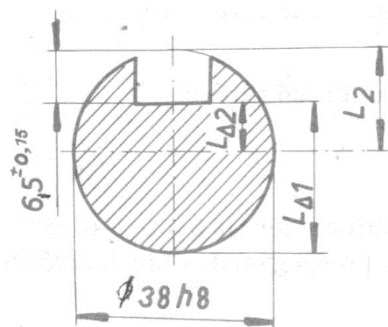
11.30. ábra Szerkesztési méretlánc [4] Az zárótag tűrésezett mérete: $L_{\Delta} = 8^{+0,2}_{-0,3}$.

$$\text{Az zárótag tűrése: } \mathcal{G}_{\Delta} = L_{\Delta \max} - L_{\Delta \min} = 81,2 - 79,3 = 1,9 \text{ mm.}$$

Ellenőrzés: $1,9 = 0,8 + 0,3 + 0,4 + 0,2 + 0,2 = 1,9 \text{ mm}$, tehát a számítás jó.

11.31. Példa

Az 11.31. ábrán egy horonnyal ellátott tengely szelvénykeresztmetszete látható. Az ellenőrzést végző részleg kéri a megjelölt magassági méretek meghatározását. Mivel a gyártás során az $\varnothing 38h8$ -as méret elkészült, a $6,5 \pm 0,15$ -ös méretet pedig beállítjuk, ezért az említett két méret csak összetevő, a keresett két méret pedig csak eredő lehet.



Növelő tag: $\varnothing 38^{+0}_{-0,039}$ ($\varnothing 38h8$);

Csökkentő tag: $6,5 \pm 0,15$.

Az eredő névleges mérete:

$$L_{\Delta 1} = 38 - 6,5 = 31,5 \text{ mm.}$$

Az eredő maximális mérete:

$$L_{\Delta 1 \max} = 38 - (6,5 - 0,15) = 31,65 \text{ mm.}$$

11.31. ábra Horonyméret számításának méretlánc [4]

Az eredő minimális mérete:

$$L_{\Delta 1 \min} = 38 - 0,039 - (6,5 + 0,15) = 31,311 \text{ mm}$$

Az eredő tűrésezett mérete: $L_{\Delta 1} = 31,5^{+0,15}_{-0,189}$.

$$\text{Az eredő tűrése: } \mathcal{G}_{\Delta 1} = L_{\Delta \max} - L_{\Delta \min} = 31,65 - 31,311 = 0,339 \text{ mm.}$$

Ellenőrzés: $0,339 = 0,3 + 0,039 = 0,339 \text{ mm}$, tehát a számítás jó.

A horonyfenék és a tengely forgástengelye közötti távolság számítása:

$$\text{Növelő tag: } L_2 = \frac{\varnothing 38h8}{2} = 19^{+0}_{-0,0195};$$

Csökkentő tag: $6,5 \pm 0,15$.

Az eredő maximális mérete:

$$L_{\Delta 2 \max} = 19 - (6,5 - 0,15) = 12,65 \text{ mm.}$$

Az eredő minimális mérete:

$$L_{\Delta \min} = 19 - 0,0195 - (6,5 + 0,15) = 12,3305 \text{ mm}$$

Az eredő tűrésezett mérete: $L_{\Delta 2} = 12,5^{+0,15}_{-0,1695}$.

Az eredő tűrése: $\mathcal{G}_{\Delta 2} = L_{\Delta 2 \max} - L_{\Delta 2 \min} = 0,195 \text{ mm}$.

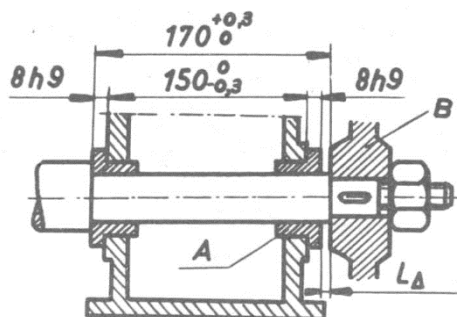
Ellenőrzés: $0,3195 = 0,3 + 0,0195 = 0,3195 \text{ mm}$.

A számítások megfelelnek, tehát az üzemi ellenőrzésnek megadható méretek:

$$L_{\Delta 1} = 31,5^{+0,15}_{-0,189}; L_{\Delta 2} = 12,5^{+0,15}_{-0,1695}.$$

11.32. Példa

Az 11.32 egy szerelés látható. Meg kell határozni, a feltüntetett szerelési méretláncban mennyi lehet az A persely és a B agy közötti méret. Szerelés után a keresett méret eredőként adódik.



11.32. ábra Szerelési méretlánc [4]

Növelő tag: $170^{+0,3}_0$;

Csökkentő tagok: $8h9$; $8h9$; $150^{0}_{-0,3}$.

Az eredő névleges mérete: $L_{\Delta} = 170 - (8 + 8 + 150) = 4 \text{ mm}$.

A hézag (eredő) maximális mérete: $L_{\Delta \max} = 4 + 0,672 = 4,672 \text{ mm}$.

A hézag (eredő) minimális mérete: $L_{\Delta \min} = 170 - (8 + 8 + 150) = 4 \text{ mm}$.

Az hézag (eredő) tűrésezett mérete: $L_{\Delta} = 4^{+0,672}_0$.

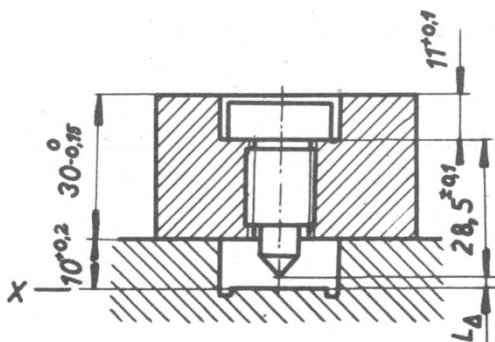
Az eredő tűrése: $\mathcal{G}_{\Delta} = L_{\Delta \max} - L_{\Delta \min} = 0,672 \text{ mm}$.

Ellenőrzés: $0,672 = 0,3 + 0,3 + 0,36 + 0,36 = 0,672 \text{ mm}$.

Tehát a határeseteket figyelembe véve a persely és az agy között $4^{+0,672}_0 \text{ mm}$ nagyságú játék lehetséges.

11.33. Példa

Az 11.33. ábrán egy szerelési méretlánc látható. Meg kell állapítani, hogy a megadott gyártási tűrésekkel a csavar beszerelhető-e anélkül, hogy a vége felütközne az x-síkon.



Növelő tagok: $10^{+0,2}_0$; $30^{0}_{-0,15}$

Csökkentő tagok: $11^{+0,1}_0$; $28,5 \pm 0,1$

Az eredő maximális mérete:

$$L_{\Delta \max} = 10 + 0,2 + 30 - (11 + 28,5 - 0 - 1) = 0,8 \text{ mm}$$

Az eredő minimális mérete:

$$L_{\Delta \min} = 10 + 30 - 0,15 - (11 + 0,1 + 28,5 + 0,1) = 0,15 \text{ mm}$$

11.33. ábra Szerelési méretlánc [4]

Az eredő tűrésezett mérete: $L_{\Delta} = 0,5^{+0,3}_{0,335}$.

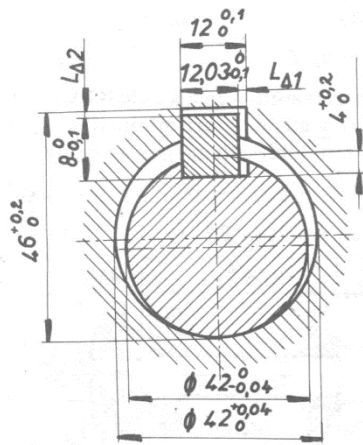
Az eredő tűrése: $\mathcal{G}_{\Delta} = L_{\Delta\max} - L_{\Delta\min} = 0,8 - 0,15 = 0,65\text{mm}$.

Ellenőrzés: $0,65 = 0,2 + 0,15 + 0,1 + 0,2 = 0,65\text{mm}$.

Ha az alkatrészek tűréssel megadott méreteit tűrésükön belül készítik el, a csavar vége nem fog felütközni az x síkon, mert minimális esetben $0,15\text{mm}$, maximális esetben $0,8\text{mm}$ játék lehetséges az x -sík és a csavar vége között.

11.34. Példa

Az 11.34. ábra egy reteszkötés tengelyre merőleges metszete látható. A megadott méretek és tűrések mellett milyen játékok vagy fedések léphetnek fel a retesz és a horony között? Határozzuk meg a $L_{\Delta 1}$ és $L_{\Delta 2}$ nagyságát.



Növelő tagok: $46^{+0,2}_0$; $4^{+0,2}_0$,

Csökkentő tagok: $8^{+0,1}_0$; $42^{+0,04}_0$

Az eredő azaz a játék névleges mérete:

$$L_{\Delta 2} = 46 + 4 - (8 + 42) = 0\text{mm}.$$

Az eredő maximális mérete:

$$L_{\Delta 2\max} = 46 + 0,2 + 4 + 0,2 - (8 - 0,1 + 42 - 0,04) = 0,54\text{mm}$$

Az eredő minimális mérete:

$$L_{\Delta 2\min} = 46 + 4 - (8 + 42) = 0\text{mm}$$

11.34. ábra Reteszkötés méretláncai [4]

A játék tűrésezett mérete: $0^{+0,54}_0$

Ellenőrzés: $0,54 = 0,2 + 0,2 + 0,1 + 0,04 = 0,54\text{mm}$

Látható, hogy a szélső eseteket vizsgálva minimálisan 0mm , maximálisan $0,54\text{mm}$ játék lehet a retesz és a horony között függőleges irányban.

A vízszintes irányú méretlánc vizsgálata az 10.34. ábra alapján:

Növelő tag: $12^{+0,1}_0$

Csökkentő tag: $12,03^{+0,1}_0$

Az eredő névleges mérete:

$$L_{\Delta 1} = 12 - 12,03 = -0,03\text{mm}, \text{ a negatív előjel arra utal, hogy fedésben van a két alkatrész.}$$

Az eredő maximális mérete:

$$L_{\Delta 1\max} = 12 + 0,1 - (12,03 - 0,1) = 0,17\text{mm}$$

Az eredő minimális mérete:

$$L_{\Delta 1\min} = 12 - 12,03 = -0,03\text{ mm, megegyezik a névleges mérettel.}$$

A játék tűrésezett mérete: $-0,03^{+0,2}_0$.

Az eredő tűrése: 0,2 mm

Ellenőrzés: $0,2 = 0,1 + 0,1 = 0,2$ mm

A szélső eseteket vizsgálva, 0,03mm fedés, illetve 0,17mm játék lehetséges.

Ha a reteszt és a hornyot mint illeszkedő párt vizsgáljuk és az NJ és a KJ játékokat határozzuk meg, a következő eredményhez jutunk:

$$NJ = FH_{ly} - AH_{cs},$$

$$KJ = AH_{ly} - FH_{cs},$$

$$FH_{ly} = 12 + 0,1 = 12,1 \text{ mm}; AH_{ly} = 12,0 \text{ mm}$$

$$FH_{cs} = 12,03 \text{ mm}; AH_{cs} = 12,03 - 0,1 = 11,93 \text{ mm}.$$

Tehát:

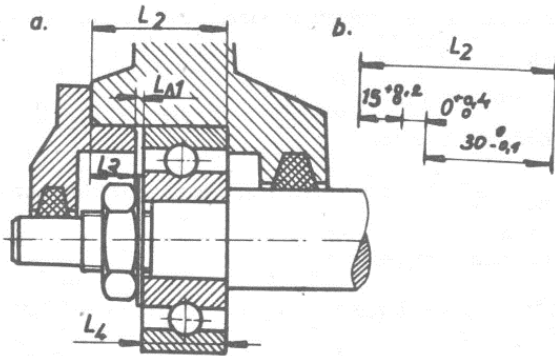
$$NJ = 12,1 - 11,93 = 0,17 \text{ mm},$$

$$KJ = 12 - 12,03 = -0,03 \text{ mm}, \text{ a negatív előjel miatt fedés van (NF).}$$

A kétféle számítás azonos eredményt hozott.

11.35. Példa

A 11.35. ábrán egy golyóscsapágy beépítés látható. Mekkora lesz az L_2 mérete ha feltételezzük, hogy a csapágy és a fedél közötti nagyjáték 0,4 mm, a kisjáték pedig 0 mm.



A szerelési méretláncban a játék eredőként adódik, az L_2 összetevő a méretláncok alapjaival számolható.

Növelő tag: L_2 ; Eredő: $0^{+0,4}_0$

Csökkentő tag: $15^{+0,2}_0$; $30^{0}_{-0,1}$

11.35. ábra Csapágybeépítés és méretlánc [4]

A válmélység maximális mérete: $L_{\Delta 1 \max} = L_{2 \max} - (L_3 + L_4)_{\min}$

$$0 + 0,4 = L_{2 \max} - (15 + 30 - 0,1)$$

$$L_{2 \max} = 15 + 30 - 0,1 + 0,4 = 45,3 \text{ mm}.$$

A válmélység minimális mérete: $L_{\Delta 1 \min} = L_{2 \min} - (L_3 + L_4)_{\max}$

$$0 = L_{2 \min} - (15 + 0,2 + 30)$$

$$L_{2 \min} = 15 + 30 + 0,2 = 45,2 \text{ mm}.$$

A válmélység tűrésezett mérete: $45^{+0,3}_{+0,2}$

Az eredő tűrése: $\mathcal{G}_{\Delta 1} = 0,4 \text{ mm}$

Ellenőrzés: $0,1 + 0,2 + 0,1 = 0,4 \text{ mm}.$

12. TŰRÉS ILLESZTÉS SZÁMÍTÁSOK

12.1. Példa

Határozza meg, hogy mekkora a tűrésnagysága az Ø40H7 furatnak.

A szükséges méretcsoporthoz tartozó értékeket táblázatból (melléklet 13.10. táblázat) határozzuk meg. Az Ø40mm mérethez tartozó átmérőtartomány $D_1=30\text{mm}$, $D_2=50\text{mm}$.

Ezekből számíthatjuk a mértani középértéket: $D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{30 \cdot 50} = 38,73\text{mm}$

Tűrésegység: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73 = 1,56\mu\text{m} = 1,6\mu\text{m}$

Az IT-hez tartozó minőségi szorzó értékét táblázatból (melléklet 13.1. táblázat) határozzuk meg. IT7-hez tartozó szorzószám $q=16$.

A tűrésnagyság: $T = q \cdot i = 16 \cdot 1,6 = 25,6\mu\text{m} = 0,0256\text{mm}$

12.2. Példa

Milyen szabványos tűrésjellel lehet megadni az Ø 100₀^{+0,022} méretű furatot?

A méret alsó határeltérése: $AE_L=0\text{mm}$ (megfelel a H alapeltérésnek), a felső határeltérése: $FE_L=0,022\text{mm}=22\mu\text{m}$. A furatátmérőhöz tartozó mérettartomány: $D_1=80\text{mm}$, $D_2=120\text{mm}$.

A mértani középérték: $D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{80 \cdot 120} = 97,97\text{mm} \cong 98\text{mm}$,

Tűrésegység: $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{98} + 0,001 \cdot 98 = 2,2\mu\text{m}$,

A tűrésnagyság: $T = q \cdot i \rightarrow q = \frac{T}{i} = \frac{22}{2,2} = 10$.

$q=10$ -nek megfelel IT6 (melléklet 13.1. táblázat)

Ezek alapján a szabványos tűrésjellel megadott méret: Ø100H6.

12.3. Példa

A 4450_{-0,8} méretnek milyen minőségű IT fokozat felel meg?

A munkadarab felső határeltérése: $FE=0\text{mm}$, az alsó határeltérése: $AE= - 0,8\text{mm}$.

A tűrésnagyság: $T=FE - AE = 0 - (-0,8) = 0,8\text{mm} = 800\mu\text{m}$.

Az 500-10000 mérettartományban a tűrésegység: $I = 0,004 \cdot D_k + 2,1$

A 4450mm-es méret a 4000-5000 méretcsoport közé esik (melléklet 13.2. táblázat)

A mértani középérték: $D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{4000 \cdot 5000} = 4472\text{mm}$,

tehát a tűrésegység: $I = 0,004 \cdot 4472 + 2,1 = 19,99\mu\text{m} \cong 20\mu\text{m}$

A tűrésnagyság: $T = q \cdot I \rightarrow q = \frac{T}{I} = \frac{800}{20} = 40$. A melléklet 13.1. táblázatából meghatározható, hogy az minőség választott értéke: IT9.

12.4. Példa

Határozza meg az $\varnothing 60g8$ csaptűrész jellemző értékeit!

Ha megkeressük az ISO tűrés technikai táblázatban (melléklet 13.9. táblázat) a feladatban szereplő tűrést, azt tapasztalhatjuk, hogy a „g” esetében csak 4-6 IT fokozat van megadva, mivel gazdaságosan ezeket célszerű használni. De minden tűrészmező elhelyezkedéséhez minden minőségi fokozat kiszámolható.

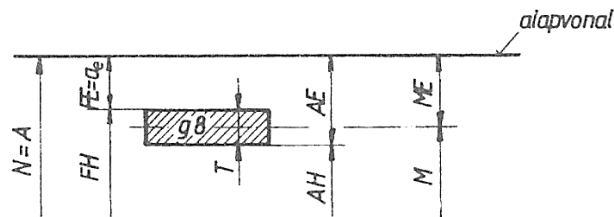
$$\text{Átmérőcsoport: } 50\text{-}80\text{mm (táblázatból)} \quad d_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{50 \cdot 80} = 63,245\text{mm}$$

$$\text{Tűrősegység: } i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{63,245} + 0,001 \cdot 63,245 = 1,856\mu\text{m}$$

IT8-as minőségi fokozatban a minőségi tényező $q=25$ (melléklet 13.1. táblázatból)

$$\text{A tűrészmező szélessége: } T = i \cdot q = 1,856 \cdot 25 = 46,4\mu\text{m} \approx 46\mu\text{m}$$

Az alapeltérés (melléklet 13.3. táblázatból) $a_e = -10\mu\text{m}$



12.1. ábra [6]

A tűrész jellemző értékei a következők:

$$\text{Névleges méret: } N=A=60\text{mm}$$

$$\text{Felső határeltérés: } FE_C = a_e = -10\mu\text{m}$$

$$\text{Alsó határeltérés: } AE_C = FE_C + T_C = -(10+46) = -56\mu\text{m}$$

$$\text{Felső határméret: } FH_C = N - (FE_C) = 60 - 0,01 = 59,99\text{mm}$$

$$\text{Alsó határméret: } AH_C = N - (AE_C) = 60 - 0,056 = 59,944\text{mm}$$

$$\text{Közepes eltérés: } ME_C = FE_C + \frac{T}{2} = -(10 + \frac{46}{2}) = -33\mu\text{m}$$

$$\text{Közepes méret: } M_C = N - ME_C = 60 - 0,033 = 59,967\text{mm}$$

$$\text{A tűrészezett méret: } \varnothing 60_{-0,056}^{+0,01}\text{mm}$$

12.5. Példa

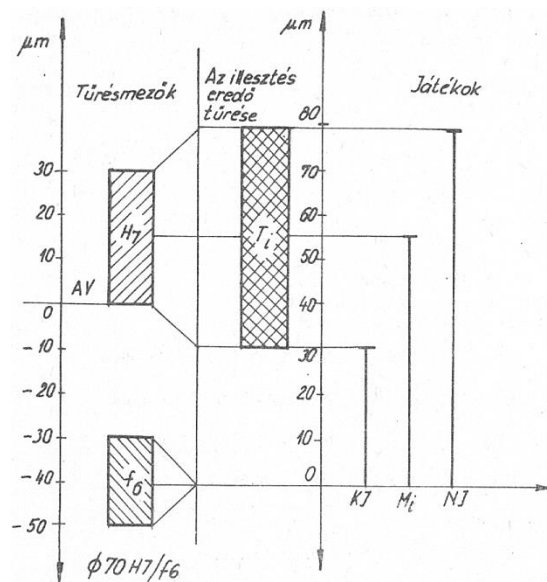
Számítsa ki a $\varnothing 60H7/f6$ illesztés jellemző értékeit!

A feladat megoldásakor meg kell vizsgálni, hogy a szabványos ISO tűrés technikai táblázatban az adott tűrések szerepelnek-e (melléklet 13.9.-és 13.10. táblázat). Ha igen, akkor nem kell tűrősegységet számítani a külön meghatározni a furat és a csap tűrészmezőjének szélességét.

A feladat megoldásához minden esetben fel kell rajzolnunk (12.2. ábra) az illesztésben megadott furat és csap tűrészmezőjének alapvonalhoz viszonyított elhelyezkedését. Ennek az ábrának a segítségével fogjuk csak tudni felírni a megoldáshoz szükséges képleteket. És ebből az ábrából derül ki, hogy az illesztés milyen jellegű lesz.

$$\text{A furat tűrészezett mérete: } \varnothing 60_0^{+0,030}$$

$$\text{A csap tűrészezett mérete: } \varnothing 60_{-0,049}^{-0,030}$$



12.2. ábra [9]

A tűrésmezők elhelyezkedése laza illesztést ad.

A csap legnagyobb mérete: $FH_C = aE_C - FE_C = 60 - 0,030 = 59,970 \text{ mm}$

A csap legkisebb mérete: $AH_C = aE_C - AE_C = 60 - 0,049 = 59,951 \text{ mm}$

A furat legnagyobb mérete: $FH_L = aE_L + FE_L = 60 + 0,030 = 60,030 \text{ mm}$

A furat legkisebb mérete: $AH_L = N + E_L = aE_L = 60 + 0 = 60,00 \text{ mm}$

Az eredő tűrés: $T_i = T_C + T_L = 19 + 30 = 49 \text{ } \mu\text{m} = NJ - KJ$

$NJ = FE_L - AH_C = 60,030 - 59,951 = 0,079 \text{ mm}$

$KJ = AH_L - FH_C = 60,00 - 59,970 = 0,030 \text{ mm}$

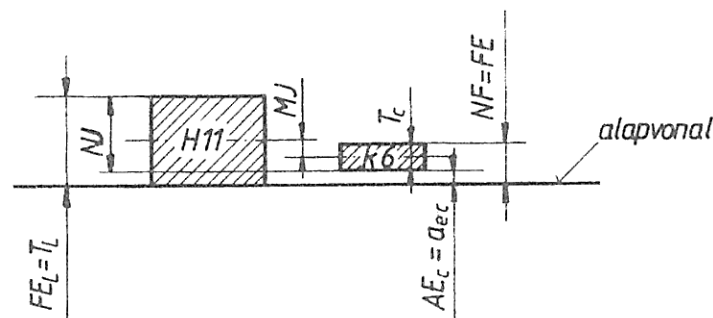
$M_i = MJ$

$M_i = \frac{(FE_L + AE_L) - (FE_C - AE_C)}{2} = \frac{(30 + 0) - (-30 - (-49))}{2} = 54,5 \text{ } \mu\text{m}$

12.6. Példa

Számítsa ki az $\varnothing 24 H11/k6$ illesztés jellemző értékeit!

A feladat megoldásához minden esetben fel kell rajzolnunk az illesztésben megadott furat és csap tűrésmezőjének alapvonalhoz viszonyított elhelyezkedését (12.6. ábra). Ennek az ábrának a segítségével fogjuk csak tudni felírni a megoldáshoz szükséges képleteket. És ebből az ábrából derül ki, hogy az illesztés milyen jellegű lesz.



12.6. ábra [6]

A furat tűrésezett mérete: $\varnothing 242_0^{+0,290}$ (melléklet 13.9 és 13.10.táblázatból)

A csap tűrésezett mérete: $\varnothing 242_{+0,004}^{+0,033}$

Jellemző értékek:

$$NF = FE_C = a_{ec} + T_C = 4 + 29 = 33 \mu m$$

$$NJ = FE_L - AE_C = 290 - 4 = 286 \mu m$$

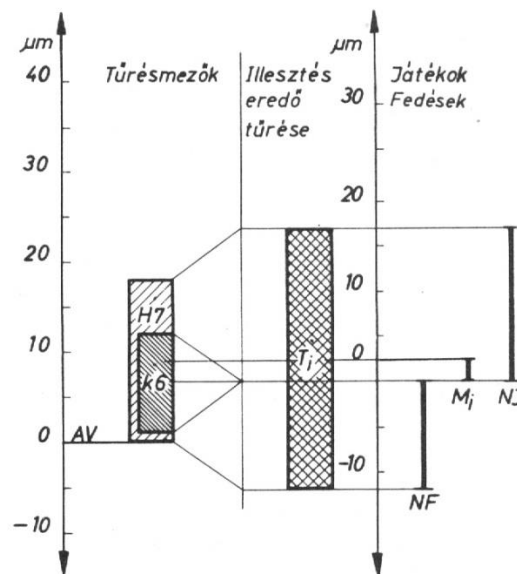
Mivel átmeneti illesztéssel állunk szemben, az fogja eldönteni, hogy milyen lesz az illesztés jellege. A két tűrésmező középértéke között fedés vagy játék adódik. Ebben az esetben laza jellegű átmeneti illesztést kaptunk.

$$MJ = \left(FE_L - \frac{T_L}{2} \right) - \left(AE_C - \frac{T_C}{2} \right) = \left(290 - \frac{290}{2} \right) - \left(4 + \frac{29}{2} \right) = 126,5 \mu m$$

$$\text{Eredő tűrés: } Ti = T_L + T_C = 289 + 29 = 319 \mu m$$

12.7.Példa

Számítsa ki az $\varnothing 15H7/k6$ illesztés jellemző értékeit! A lyuk és a csap tűrésmezőjének határértékeit az ISO táblázat (melléklet 13.9.- és 13.10.táblázat) segítségével határozza meg.



12.7.ábra [9]

$$\begin{aligned} FE_L &= 18 \mu m & FE_C &= 12 \mu m \\ AE_L &= 0 \mu m & AE_C &= 1 \mu m \end{aligned}$$

$$T_L = FE_L - AE_L = 18 - 0 = 18 \mu m$$

$$T_C = FE_C - AE_C = 12 - 1 = 11 \mu m$$

$$NJ = FH_L - AH_C = 15,018 - 15,001 = 0,017 \text{ mm} = 17 \mu m$$

$$NF = FH_C - AH_L = 15,012 - 15 = 0,012 \text{ mm} = 12 \mu m$$

Ebben az esetben laza jellegű átmeneti illesztést kaptunk.

$$Mi = ME_L - ME_C = \frac{(FE_L - AE_L) - (FE_C - AE_C)}{2} = \frac{(18 - 0) - (12 - 1)}{2} = 3,5 \mu m$$

$$Ti = T_L + T_C = 18 + 11 = 29 \mu m$$

12.8. Példa

Számítsa ki a következő illesztés jellemző értékét! Ø250J7/k6. A határértékeket a táblázatból keresse ki! Készítsen rajzot a tűrésmezők elhelyezkedéséről!

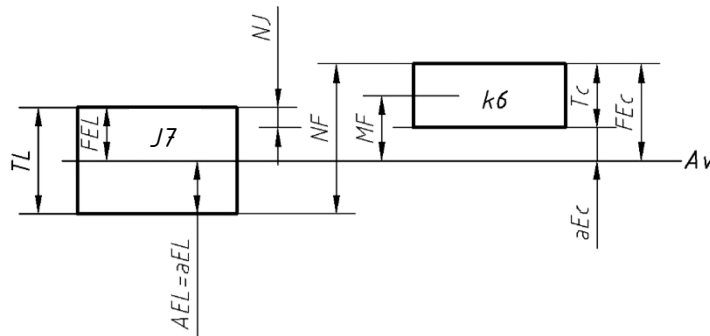
Furat: Ø250 $\pm$ 0,023; csap: Ø250 $^{+0,033}_{+0,004}$ (táblázatból)

A rajz alapján az illesztés jellege szilárd jellegű átmeneti. Számítandók: NF, NJ, MF.

Furat adatai:

$$T_L = FE_L - (-AE_L) = 23 - (-23) = 46 \mu\text{m}$$

$$FE_L = AE_L = 23 \mu\text{m}$$



12.8. ábra

Csap adatai:

$$FE_C = 33 \mu\text{m}$$

$$AE_C = a_{eC} = 4 \mu\text{m}$$

$$T_C = FE_C - AE_C = 33 - 4 = 29 \mu\text{m}$$

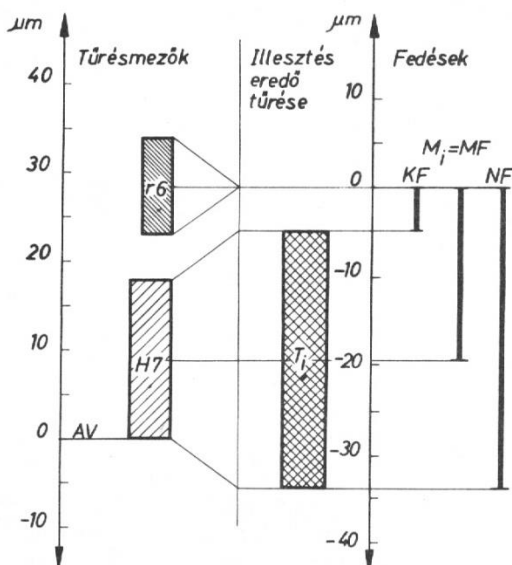
$$NF = FE_C - (-AE_L) = 33 - (-23) = 56 \mu\text{m}$$

$$NJ = FE_L - AE_C = 23 - 4 = 19 \mu\text{m}$$

$$MF = AE_C + \left(\frac{T_C}{2}\right) = 4 + \left(\frac{29}{2}\right) = 18,5 \mu\text{m}$$

12.9. Példa

Számítsa ki az Ø15H7/r6 illesztés jellemző értékeit! A lyuk és a csap tűrésmezőjének határértékeit az melléklet 13.9.-és 13.10. táblázatok segítségével határozza meg.



$$FE_L = 18 \mu\text{m} \quad FE_C = 34 \mu\text{m}$$

$$AE_L = 0 \mu\text{m} \quad AE_C = 23 \mu\text{m}$$

A rajz alapján az illesztés jellege szilárd jellegű. Számítandók: NF, KF, MJ.

$$T_L = FE_L - AE_L = 18 - 0 = 18 \mu\text{m}$$

$$T_C = FE_C - AE_C = 34 - 23 = 11 \mu\text{m}$$

$$NF = AE_L - FE_C = 15 - 15,034 = -0,034 \text{ mm} = 34 \mu\text{m}$$

$$KF = FE_L - AE_C = 15,018 - 15,023 = -0,005 \text{ mm} = 5 \mu\text{m}$$

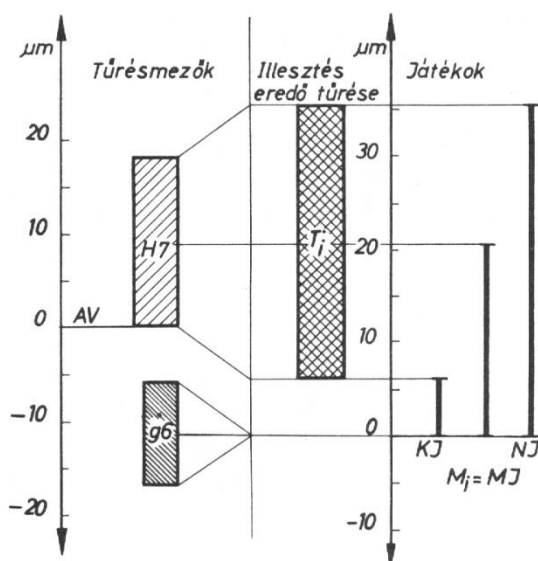
$$MF = \left(\frac{NF + KF}{2}\right) = \left(\frac{34 + 5}{2}\right) = 19,5 \mu\text{m}$$

$$T_i = T_L + T_C = 18 + 11 = 29 \mu\text{m}$$

12.9.ábra [9]

12.10.Példa

Számítsa ki az Ø15H7/g6 illesztés jellemző értékeit! A lyuk és a csap tűrésmezőjének határértékeit az ISO táblázat segítségével határozza meg.



$$FE_L = 18 \mu\text{m}$$

$$AE_L = 0 \mu\text{m}$$

$$FE_C = -6 \mu\text{m}$$

$$AE_C = -17 \mu\text{m}$$

A rajz alapján az illesztés jellege laza. Számítandók: NJ, KJ, MJ.

$$T_L = FE_L - AE_L = 18 - 0 = 18 \mu\text{m}$$

$$T_C = FE_C - AE_C = -6 - (-17) = 11 \mu\text{m}$$

$$NJ = FH_L - AH_C = 15,018 - 14,983$$

$$NJ = 0,035 \text{ mm} = 35 \mu\text{m}$$

$$KJ = AH_L - FH_C = 15 - 14,994 = 0,006 \text{ mm} = 6 \mu\text{m}$$

$$M_i \left(\frac{NF + KF}{2} \right) = \left(\frac{35 + 6}{2} \right) = 20,5 \mu\text{m}$$

$$T_i = T_L + T_C = 18 + 11 = 29 \mu\text{m}$$

12.10.ábra [9]

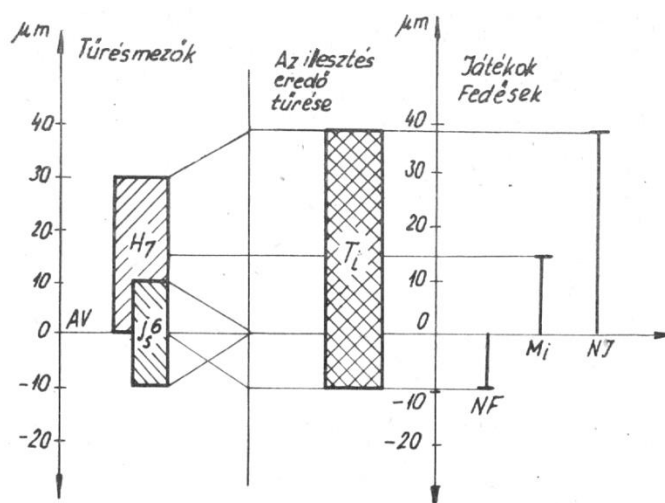
12.11.Példa

Számítsa ki a Ø60H7/js6 illesztés jellemző értékeit! A furat és a csap adatait az ISO tűrések képzéséhez tartozó táblázatból (melléklet 13.3.táblázat) határozza meg.

A furatátmérőhöz tartozó mérettartomány: $D_1=50\text{mm}$, $D_2=80\text{mm}$.

$$D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{50 \cdot 80} = 63,25 \text{ mm}$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{63,25} + 0,001 \cdot 63,25 = 1,86 \mu\text{m}$$



12.11.ábra [9]

A furat adatai:

IT7 → $q=16$ (melléklet 13.1.táblázatból)

$$T_L = i \cdot q = 1,86 \cdot 16 = 29,7 \mu\text{m} \approx 30 \mu\text{m}$$

A lyuk alapeltérése (H) megegyezik a határeltéréssel: $EL=AE_L=0 \mu\text{m}$

$$FE_L = EL + T_L = 0 + 30 \mu\text{m}$$

A csap adatai:

$js_6 = IT_6 \rightarrow q = 10$ (melléklet 13.1. táblázatból)

$T_c = i \cdot q = 10 \cdot 1,86 = 18,6 \mu m \approx 19 \mu m$

A js alapeltérés szimmetrikus, mindkét határeltérés nagysága a tűrésnagyság felével egyenlő.

$E_c = A E_c = -9,5 \mu m$;

$F E_c = +9,5 \mu m \quad \varnothing 60 \pm 0,0095$

$A H_c = N - A E_c = 60 - 0,0095 = 59,9905 mm$

$F H_c = N + F E_c = 60 + 0,0095 = 60,0095 mm$

Az illesztés eredő tűrése $T_i = T_L + T_c = 30 + 19 = 49 \mu m$

Az ábrából jól látható, hogy az illesztés jellege laza jellegű átmeneti illesztés. Számolandó: NJ, NF, MJ.

$NJ = F E_L - A H_c = 60,030 - 59,9905 = 0,0395 mm$

$NF = F E_c - A H_L = 60,0095 - 60 = 0,0095 mm$

$M_i = \frac{(F E_L - A E_L) - (F E_c + A E_c)}{2} = \frac{(30 - 0) - (9,5 + (-9,5))}{2} = 15 \mu m$

12.12. Példa

Adott az $\varnothing 140 h_6$ tűrésű csap. Válasszon hozzá furatot, hogy az illesztés szilárd legyen.

Feltételek: $NF < 170 \mu m$, $KF > 50 \mu m$

A csaptűrés számítása:

$D_1 = 120 mm$; $D_2 = 180 mm$; (13.3 táblázatból) $D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{120 \cdot 180} = 146,96 mm$

$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{146,96} + 0,001 \cdot 146,96 = 2,52 \mu m$

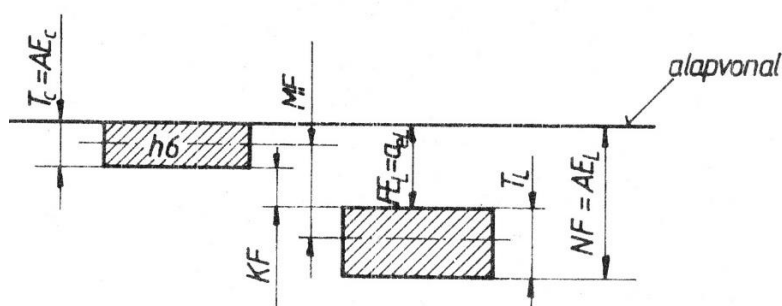
$h_6 = IT_6 \rightarrow q = 10$ (táblázatból)

$T_c = i \cdot q_c = 2,52 \cdot 10 = 25,2 \approx 25 \mu m$

$a_{ec} = 0 \mu m$

A csap tűrésezett méret: $\varnothing 140_{-0,025}^0$

Vázlatkészítés: Ahhoz, hogy a z illesztés szilárd legyen, a lyuk tűrésmezőjének a 12.12. ábra szerint a csap tűrésmezője alatt kell elhelyezkednie.



12.12. ábra [6]

A furat alapeltérésének számítása:

A vázlat szerint:

$KF = F E_L - T_c$

$KF > 50 \mu m$, tehát

$F E_L - T_c > 50 \mu m$

$F E_L - 25,2 \mu m > 50 \mu m$

$$FE_L = ae_L > 75 \mu m$$

A vizsgált átmérőcsoportban a 75 μm -hez eső legközelebbi szabványos alapeltérés $ae_L = 92 \mu m$ (melléklet 13.3.táblázat), tehát a keresett lyuktűrés „S” jelű.

A tűrésmező szélességének számítása:

$$NF = FE_L + T_L$$

A feltétel alapján: $NF < 170 \mu m$,

$$FE_L + T_L < 170 \mu m$$

$$T_L = i \cdot q_L < 170 \mu m - FE_L \rightarrow q_L$$

$$q_L < \frac{170 \mu m - FE_L}{i} = \frac{170 - 92}{2,52} = 30,95 \text{ Ehhez legközelebb eső minőségi tényező } q=25 \text{ (melléklet 13.1.táblázat), amely IT8-as minőségi fokozatnak felel meg.}$$

A keresett illesztés: $\phi 140S8/h6$

Ellenőrzés:

$$KF = FE_L - TC = 92 - 25 = 67 \mu m, (KF > 50 \mu m) \text{ A feltételnek megfelel.}$$

$$TL = i \cdot q_L = 2,52 \cdot 25 = 63 \mu m$$

$$NF = FE_L + T_L = 92 + 63 = 155 \mu m (NF < 170 \mu m) \text{ A feltételnek megfelel.}$$

$$MF = \frac{NF + KF}{2} = \frac{155 + 67}{2} = 111 \mu m$$

$$Ti = T_L + TC = 63 + 25 = 88 \mu m$$

12.13. Példa

Adott az $\phi 20$ H7-es furat. Válasszon hozzá csapot amelynek $MJ = 24 \mu m$. A csap határeltéréseit azzal a legdurvább IT minőséggel határozza meg, amelynél az illesztés még laza lesz!

A furat tűrésmezőjének középvértékéhez képest ábrázoljuk a csap tűrésmezőjének középvértékét a közepes játék alapján.

$$MJ = M_L - M_C = ME_L - ME_C$$

Az ME_L , illetve ME_C a lyuk, illetve csap közepes eltérése, amely a határeltérésekből határozható meg.

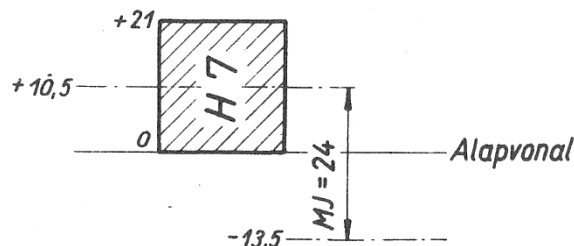
$$ME_L = \frac{1}{2} (FE_L + AE_L) = \frac{1}{2} (21 + 0) = 10,5 \mu m$$

A számértékeket behelyettesítve

$$MJ = M_L - M_C$$

$$24 = 10,5 - ME_C \rightarrow ME_C = 10,5 - 24 = -13,5 \mu m$$

Tehát, a csap tűrésmezőjének középvonala az alapvonal alatt $13,5 \mu m$ távolságra helyezkedik el. A csap tűrésmezőjének meghatározásához meg kell rajzolni a furat tűrésének alapvonalhoz viszonyított elhelyezkedését az eddigi meghatározott adatok alapján.

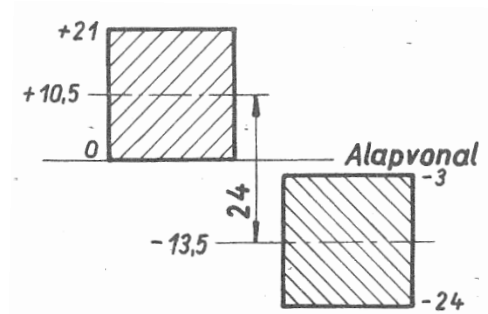


12.13.a ábra [1]

Csak akkor lesz laza illesztésű a csap, ha a csap tűrésmezője alulról érinti a lyuk tűrésmezőjét.

$$\frac{T_c}{2} = ME_c = \frac{T_c}{2} = 13,5 \mu m \rightarrow T_c = 13,5 \cdot 2 = 27 \mu m$$

Most már felvázolható a két tűrésmező helyzete.



12.13.b ábra [1]

$$T_c = i \cdot q$$

$$D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} \sqrt{18 \cdot 30} = 23,2 mm$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{23,2} + 0,001 \cdot 23,2 = 1,3 \mu m$$

$$T_c = i \cdot q_c$$

$$27 = 1,3 \cdot q_c \rightarrow q_c = \frac{27}{1,3} = 20,8 \rightarrow q_c = 16 \text{ a legközelebb eső érték az 13.1. táblázatból melyhez az}$$

IT7-es minőség tartozik. A csaptűrés minősége megegyezik a lyuk tűrésének minőségével

$$T_c = i \cdot q = 1,3 \cdot 16 = 20,8 \approx 21 \mu m$$

A csap határeltérései:

$$FE_c = ME_c + \frac{T_c}{2} = -13,5 + \frac{21}{2} = -3 \mu m$$

$$AE_c = ME_c - \frac{T_c}{2} = -13,5 - \frac{21}{2} = -24 \mu m$$

A csap keresett tűrésezett mérete: $\varnothing 20 \begin{smallmatrix} -0,003 \\ -0,024 \end{smallmatrix}$

Az laza illesztéshez tartozó nagy játék: A furat felső és a csap alsó határméretének különbsége.

$$NJ = FH_L - AH_c = 20,021 - 19,976 = 0,045 mm = 45 \mu m$$

Az laza illesztéshez tartozó kis játék: A furat alsó és a csap felső határméretének különbsége. Ami megegyezik a felső eltérés csappal. Ami megegyezik az alapeltérés csappal.

$$KJ = AH_L - FH_c = 20 - 19,997 = 0,003 \mu m = 3 \mu m = FE_c = AE_c$$

$$\text{Az illesztés eredő tűrése: } T_i = T_L + T_c = 21 + 21 = 42 \mu m$$

A tűrés minősége és a felület érdessége között a következő tapasztalati törvényszerűség áll fenn:

$$Ra \approx k \cdot T^{0,8} = 0,025 \cdot 21^{0,8} = 0,29 \mu m$$

Ra: átlagos felületi érdesség,

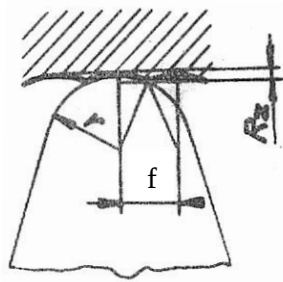
T: a lyuk ill. a csap tűrésének nagysága,

k: arányossági tényező (finom fokozat esetén 0,025)

Nem szabványos méret, ezért a hozzá legközelebb eső szabványos értéket választjuk. $Ra = 0,16 \mu m$ (táblázatból) Mivel a lyuk és a csap IT fokozata azonos, így a Ra is megegyezik.

12.14. Példa

Az előző feladatban a lyuk és a csap előírt átlagos felületi érdessége $Ra=0,16 \mu\text{m}$. Ezt simító esztergálással kívánjuk biztosítani. Mekkora (f) előtolást kell választani, ha az esztergákés csúcssugara 1mm ?



11.14. ábra[6]

$$R_z = \frac{f^2}{8r} \approx 4,5 R_a \rightarrow f$$

$$f = \sqrt{4,5 \cdot R_a \cdot 8r} = \sqrt{4,5 \cdot 0,16 \cdot 8 \cdot 1000} = 75,89 \approx 76 \mu\text{m}$$

$$f = 0,076 \text{ mm/ford}$$

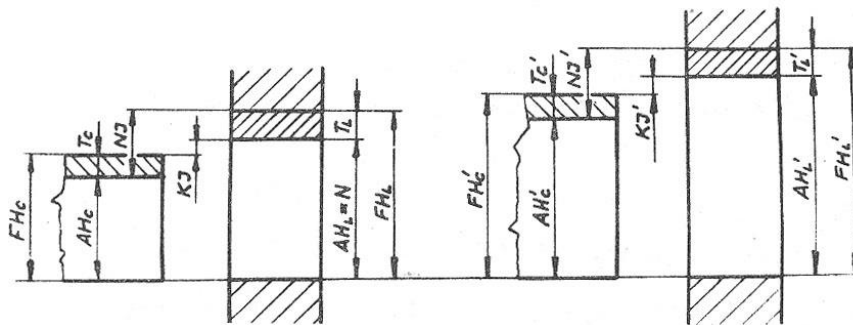
12.15. Példa

Határozza meg az $\varnothing 40$ névleges méretű furat (persely) és csap tűréseit 20°C -on, úgy, hogy 80°C -on üzemi hőmérsékleten $NJ=50 \mu\text{m}$ és $KJ=20 \mu\text{m}$ legyen. A persely anyaga bronz ($\alpha_L=17,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$), a csap anyaga acél ($\alpha_c=11,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$). A persely alsó határmérete 20°C -on a névleges mérettel megegyező és a tűrése IT6-os.

Üzemi hőmérsékleten a persely és a csap méretei:

$$A_{HL}' = A_{HL} \cdot [1 + \alpha_L(t_u - t_m)] = 40 \cdot [1 + 17,5 \cdot 10^{-6} \cdot (80 - 20)] = 40,042 \text{ mm}$$

$$F_{Hc}' = A_{HL}' - KJ' = 40,042 - 0,020 = 40,022 \text{ mm}$$



12.15. ábra [6]

A csap felső határmérete 20°C -on.

$$F_{Hc} = F_{Hc}' \cdot [1 + \alpha_c(t_m - t_u)] = 40,022 \cdot [1 + 11,5 \cdot 10^{-6} \cdot (20 - 80)] = 39,9944 \text{ mm}$$

Az üzemi hőmérsékleten a tűrésmezők összege

$$T_L' + T_c' = NJ' - KJ' = 50 - 20 = 30 \mu\text{m}$$

Feltételezve a két tűrésmező változása a névleges mérethez képest elhanyagolható, a két tűrésmező összege 20°C -on:

$$T_L + T_c = T_L' + T_c' \approx 30 \mu\text{m}$$

A persely tűrése a feltételek figyelembevételével $A_{HL}=N$ vagyis $AE_L=0 \mu\text{m}$ (IT6) a határelérések ismeretében.

$$T_L = FE_L - AE_L = 16 - 0 = 16 \mu\text{m}$$

A csapra jutó tűrés:

$$T_C = 30 - T_L = 30 - 16 = 14 \mu\text{m}$$

A csap alsó határmérete 20°C-on:

$$A_{Hc} = F_{Hc} - T_C = 39,9944 - 0,014 = 39,9804\text{mm}$$

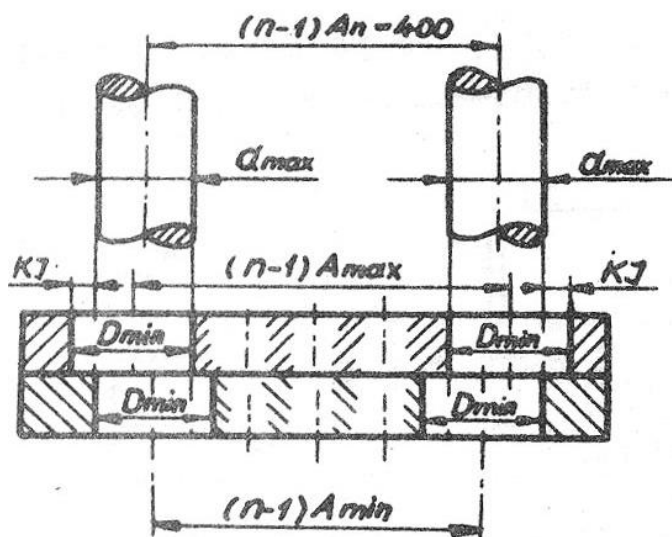
Persely méretei: $\varnothing 40H6 = \varnothing 40_{0}^{+0,016}$

Csap méretei: $\varnothing 40_{-0,0196}^{-0,0056}$

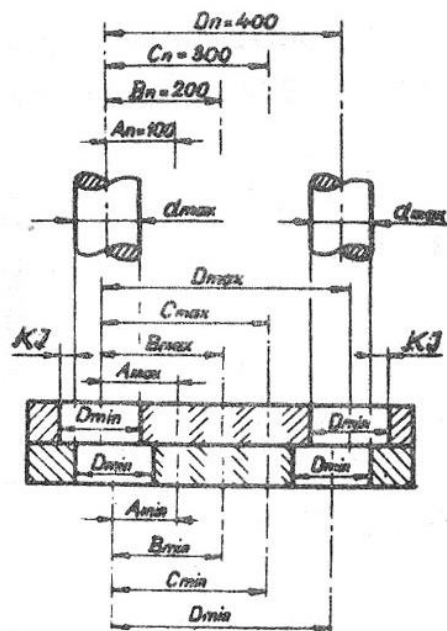
12.16. Példa

Két lemezben egysorban egyenlő távolságban / A_n 100 mm/ 5 db $D = 16 \pm 0,5$ mm méretű furat helyezkedik el. A lemezeket $d = 15 \pm 0,3$ mm méretű csavarokkal /csapokkal/ fogjuk össze. Határozzuk meg a furatközepek távolságának határeltéréseit ha

- a méreteket láncszerűen méretezzük (12.16.a ábra)
- a méreteket lépcsősen méretezzük (12.16.b ábra)



a)



b)

12.16. ábra [6]

a) $KJ = D_{\min} - d_{\max} = 15,5 - 15,3 = 0,2\text{mm}$

$$A_{\max} = A_n + \frac{KJ}{n-1} = 100 + \frac{0,2}{5-1} = 100,05\text{mm}$$

$$A_{\min} = A_n - \frac{KJ}{n-1} = 100 - \frac{0,2}{5-1} = 99,95\text{mm}$$

vagyis $A = 100 \pm 0,05\text{mm}$

b) $A = A_n \pm KJ = 100 \pm 0,2\text{mm}$

$B = B_n \pm KJ = 200 \pm 0,2\text{mm}$

$C = C_n \pm KJ = 300 \pm 0,2\text{mm}$

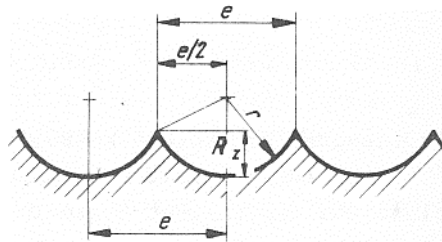
$D = D_n \pm KJ = 400 \pm 0,2\text{mm}$

Ez utóbbi bázisra felépített mérőhálózat kedvezőbb. Látható módon a törések nagyobbak lehetnek, ami gazdaságosabb gyártást eredményez.

12.17.Példa

Simitó esztergálással, bronz anyagon (rideg anyagok felületi érdessége a legkevésbé függ az anyagminőségtől) $r = 1 \text{ mm}$ lekerekítési sugaru szerszámmal $Ra = 1,6 \text{ }\mu\text{m}$ átlagos érdességű felületet milyen előtolással munkálhatunk meg?

Az érdesség sok tényező együttes hatásaként keletkezik, értékét jó közelítéssel számíthatjuk is. Ha a forgácsoláshoz beállított előtolás a szerszám csúcssugarához viszonyítva kicsi, a forgácsolt felületen csak a csúcssugar nyomai láthatók. Mivel az anyagminőség, kés élalak, sebesség stb. hatásait most elhanyagoljuk, az érdesség egyik jellemző mérőszáma, az egyenetlenség-magasság, most a profil magassága:



12.17.ábra A szerszám csúcssugarának hatása a forgácsolt felületre [13]

$$Rz = r - \sqrt{r^2 - \frac{e^2}{4}}.$$

Az átrendezés után:

$$(Rz - r)^2 = r^2 - \frac{e^2}{4};$$

$$Rz^2 - 2Rz \cdot r + r^2 = r^2 - \frac{e^2}{4}.$$

Az Rz kisebb az egységnél, r és e értékéhez viszonyítva igen kicsi, négyzete tehát elhanyagolható. Ezzel az egyenletből:

$$Rz = \frac{e^2}{8r}.$$

A közelítés azt jelenti, hogy a körívet parabolaívvel helyettesítettük. Ebből a megfontolásból az átlagos érdesség kiszámítható. A számítás eredménye olyan egyszerű összefüggés, amellyel adott csúcssugarú szerszámmal kiszámíthatjuk az előírt felületi érdességet biztosító előtolást.

$$Ra = 0,032 \cdot \frac{e^2}{2}$$

A kép alapján a feladatmegoldása:

$$e = \sqrt{\frac{r \cdot Ra}{0,032}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 0,0016}{0,032}} 0,224 \text{ mm/ford}.$$

12.18.Példa

Méretezzen az Ø54H7 furathoz használható furatmérő idomszert.

Az melléklet 13.10.táblázatából a tűrés értéke: $\text{Ø}54^{+0,030}_0$.

Továbbiakban az idomszer méretezéséhez tartozó adatokat a melléklet 13.11.táblázatából az adott IT7-es tűrésosztálynak megfelelően kell kiválasztani. Az Ø54 az 50-80mm-es átmérőosztályhoz tartozik. $T=30 \text{ }\mu\text{m}$ ami a tűrésmező névleges mérethez viszonyított helyzetét a nagy H betű határozza meg.

$z=4 \text{ }\mu\text{m}$ – a számításba vett kopás

$y=3 \text{ }\mu\text{m}$ – a megengedett túlkopás

$H=5\text{ }\mu\text{m}$ – az idomszer gyártási tűrése.

A 10.1.ábra alapján az idomszer számítása:

$$\text{Megy oldal új mérete: } M = AH + z \pm \frac{H}{2} = 54,000 + 0,004 \pm \frac{0,005}{2} = 54,004 \pm 0,0025\text{ mm}$$

$$\text{Megy oldal megengedett kopott mérete: } M_K = AH - y = 54,000 - 0,003 = 53,997\text{ mm}$$

$$\text{Nem megy oldal mérete: } NM = FH \pm \frac{H}{2} = 54,030 \pm \frac{0,005}{2}\text{ mm} = 54,03 \pm 0,0025$$

12.19.Példa

Méretezzen az Ø195j6 csaphoz használható csapmérő idomszert.

Az melléklet 13.9.táblázatából a tűrés értéke: $\text{Ø}195^{+0,0145}_{-0,0145}$.

Továbbiakban az idomszer méretezéséhez tartozó adatokat a melléklet 13.11. táblázatából az adott IT6-os tűrésosztálynak megfelelően kell kiválasztani. Az Ø195 az 180-250mm-es átmérőosztályhoz tartozik. $T=29\text{ }\mu\text{m}$ ami a tűrésmező névleges mérethez viszonyított helyzetét a nagy J betű határozza meg.

$z_1=7\text{ }\mu\text{m}$ – a számításba vett kopás

$y_1=5\text{ }\mu\text{m}$ – a megengedett túlkopás

$H_1=10\text{ }\mu\text{m}$ – az idomszer gyártási tűrése

$\alpha_1=2\text{ }\mu\text{m}$ – biztonsági tényező

A 10.2.ábra alapján az idomszer számítása:

$$\text{Megy oldal új mérete: } M = FH - z_1 \pm \frac{H_1}{2} = 195,0145 - 0,007 \pm \frac{10}{2} = 195,0075 \pm 0,005\text{ mm}$$

Megy oldal megengedett kopott mérete:

$$MK = FH + y_1 - \alpha_1 = 195,0145 + 0,005 - 0,002 = 195,0175\text{ mm}$$

$$\text{Nem megy oldal mérete: } NM = AH + \alpha_1 \pm \frac{H_1}{2} = 194,9855 + 0,002 \pm \frac{0,01}{2} = 194,9875 \pm 0,005\text{ mm}$$

12.19.Példa

Adott egy furat Ø200H8, válasszon hozzá csapot, hogy az illesztés laza legyen. Feltételek: $NJ < 360\text{ }\mu\text{m}$
 $KJ > 220\text{ }\mu\text{m}$

Furat adatai:

$D_1=180\text{ mm}$; $D_2=250\text{ mm}$; (átmérőtartomány a melléklet 13.2.táblázatából)

$$D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{180 \cdot 250} = 212,13\text{ mm}$$

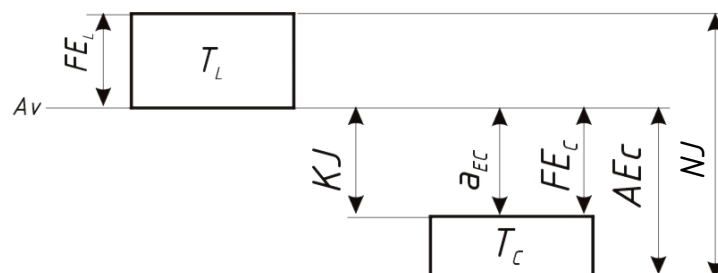
$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot D_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{212,13} + 0,001 \cdot 212,13 = 2,895\text{ }\mu\text{m}$$

$H_8 = IT_8 \rightarrow q=25$ (melléklet 13.1.táblázatából)

$$T_L = i \cdot q_L = 2,895 \cdot 25 = 72,3\text{ }\mu\text{m} \approx 72\text{ }\mu\text{m}$$

$$AE_L = 0\text{ }\mu\text{m}$$

$$\text{Ø}200^{+0,072}_0$$



Csap adatai:

$$KJ = AE_C > 220 \mu m$$

$$AE_C = -240 \mu m = KJ \text{ (melléklet 13.3.táblázatból)}$$

$$AE_C \rightarrow c$$

$$NJ = KJ + T_L + T_C < 360 \mu m$$

$$240 + 72 + T_C < 360 \mu m \rightarrow T_C = 240 + 72 - 360 = -48 \mu m$$

$$T_C = i \cdot q_C = 48 \mu m \rightarrow q_C = \frac{T_C}{i} = \frac{48}{2,895} = 16,08 \rightarrow q = 16 \text{ (melléklet 13.1.táblázatból)} \rightarrow \mathbf{IT7}$$

$$T_C = i \cdot q_C = 2,895 \cdot 16 = 46,32 \approx 46 \mu m$$

Megoldás: Ø200H8/c7

Ellenőrzés: $NJ = T_L + KJ + T_C = 72 + 240 + 46 = 358 < 360 \mu m$

12.19.Példa

Írjon elő szilárd illesztést Ø120mm furatra és csapra, hogy $MF=30,5 \mu m$ legyen. A furat IT7-es minőségű. A csap határeltéréseit határozza meg a legdurvább IT minőséget a csapra aminél az illesztés még szilárd lesz.

$$D_k = \sqrt{D_1 \cdot D_2} = \sqrt{80 \cdot 120} = 97,98 mm$$

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D_k} + 0,001 \cdot d_k = 0,45 \cdot \sqrt[3]{97,98} + 0,001 \cdot 97,98 = 2,172 \mu m$$

$$IT7 \rightarrow q_L = 16 \text{ (melléklet 13.1.táblázatából)}$$

$$T_L = i \cdot q_L = 2,172 \cdot 16 = 34,76 \approx 35 \mu m$$

Táblázatból:

$$AE_L = 0; FE_L = 35 \mu m \rightarrow H \text{ (melléklet 13.3. táblázatából)}$$

A furat H7-es



Csap adatai:

$$MF = NF - \left(\frac{T_L}{2} + \frac{T_C}{2} \right) = 30,5 \mu m$$

$$MF + \frac{T_L}{2} = FE_C - \frac{T_C}{2}$$

$$30,5 + \frac{35}{2} = 48 = FE_C - \frac{T_C}{2} \text{ (} T_C \text{ tűrésközepe)}$$

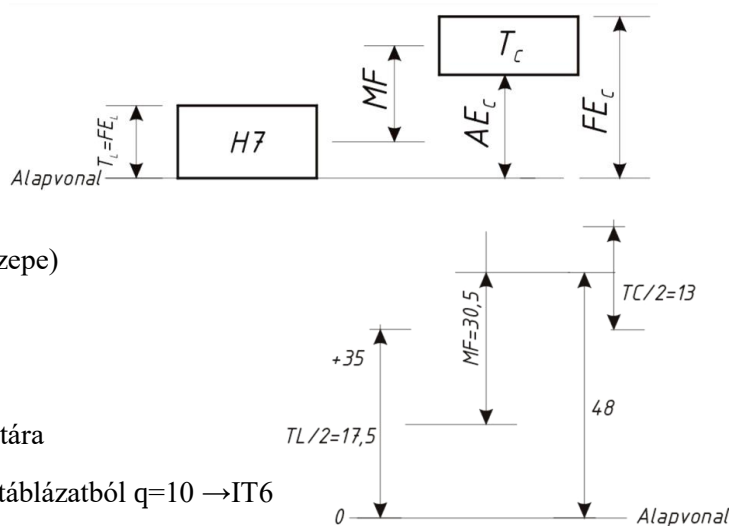
$$48 - FE_L = 48 - 35 = 13 \mu m = \frac{T_C}{2} \rightarrow T_C = 26 \mu m$$

$AE_C = FE_L = 35 \mu m$ Még a szilárd illesztés határa

$$T_C = 26 \mu m = i \cdot q_C \rightarrow \frac{T_C}{i} = \frac{26}{2,172} = 11,96 \rightarrow \text{táblázatból } q = 10 \rightarrow IT6$$

Táblázatból (melléklet 13.3.táblázat): $AE_C = 35 \mu m$ legközelebbi érték $37 \mu m$ ami „p”

Megoldás: Ø120H7/p6



13. TŰRÉSTECHNIKAI TÁBLÁZATOK

13.1.táblázat Tűrésugységek száma a különböző tűrésminőségek esetében

Tűrésminőség IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tűrésugység Szorzója (q) vagy (n)			1,7	2,2	3,7	4,9	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500	4000	6400

13.2. táblázat Tűrés-alapsorozatok

Minőségjel		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Méret																				
felett	-ig																			
	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
50	90	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
180	230	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
230	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300
500	630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000
800	1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600	9000
1000	1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	600	1050	1650	2600	4200	6600	10500
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	800	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21000
3150	4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410	600	1050	1650	2600	4100	6600	10500	16500	26000
4000	5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500	800	1300	2000	3200	5000	8000	13000	20000	32000
5000	6300	25	35	49	67	9	125	170	250	400	620	980	1530	2500	4000	6200	9800	15500	25000	40000
6300	8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760	1200	1950	3100	4900	7600	12000	19500	31000	49000
8000	10000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940	1500	2400	3600	6100	9400	15000	24000	38000	61000

13.3. táblázat ISO tűrések képzése 1...500 mm közötti névleges átmérőkre

Külső méret (csap)					Alapeltérések µm-ben (1 µm = 1/1000 mm)										Belső méret (lyuk)													
Szabványos		Határeltérés			Átmérőcsoport mm-ben										Szabványos		Határeltérés											
betűjel	minőség számjele	a táblázatban	képzendő	módszer	előjel	> 1 – 3	> 3 – 6	> 6 – 10	> 10 – 14	> 14 – 18	> 18 – 24	> 24 – 30	> 30 – 40	> 40 – 50	betűjel	minőség számjele	táblázatban	képzendő	módszer	előjel								
a	1 – 16	FE	AE	1	-	270	270	280	290		300		310	320	A	1 – 16	AE	FE	4	+								
b					-	140	140	150	150		160		170	180	B					+								
c					-	60	70	80	95		110		120	130	C					+								
d					-	20	30	40	50		65		80		D					+								
e					-	14	20	25	32		40		50		E					+								
f					-	7	10	13	16		20		25		F					+								
g					-	3	4	5	6		7		9		G					+								
h					-	0	0	0	0		0		0		H					+								
j	1 – 4	-	FE	2																								
j	8 – 16																											
j	5 és 6	AE	FE	3	-	1	1	2	3		4		5															
j	7				-	2	3	5	6		8		10															
k	1 – 7				+	-	-	1	1		2		2															
	8 – 16				+	0	0	0	0		0		0															
m	1 – 16				+	2	4	6	7		8		9															
n		+	6	8	10	12		15		17																		
														J	2 – 8	–	FE, AE	6										
													K	1 – 8														
													M	2 – 16														
													N	2 – 8	–	FE, AE	5											
													J	9 – 16														
p r s t u v x y z	1 - 16	AE	FE	3	+	0	0	0	0		0		0		8 – 16	FE	AE	7	–									
					+	9	12	15	18		22		26						P	–								
					+	12	15	19	23		28		34						R	–								
					+	15	19	23	28		35		43						S	–								
					+	-	-	-	-		-	41	48	54					8 – 16					–				
					+	18	23	28	33		41	48	60	70										–				
					+	-	-	-	-	39	47	55	68	81										–				
					+	22	28	34	40	45	54	64	80	97										–				
					+	-	-	-	-	-	63	75	94	114					2 – 7					–				
					+	28	35	42	50	60	73	88	112	136										–				
																							Z	2 – 7	–	FE, AE	6	
																						P_z						

ISO tűrések képzése 1...500 mm közötti névleges átmérőkre

13.3. táblázat folytatása

Külső méret (csap)					Alapeltérések μm-ben (1 μm = 1/1000 mm)											Belső méret (lyuk)																							
Szabványos		Határeltérés			Átmérőcsoport mm-ben											Szabványos		Határeltérés																					
betűjel	minőség számjele	a táblázatban	képzendő	módszer	előjel	50 – 65		80 – 100		120 – 140			140 – 160			160 – 180			180 – 200			200 – 225			225 – 250			250 – 280			280 – 315			betűjel	minőség számjele	táblázatban	képzendő	módszer	előjel
a	1 – 16	FE	AE	1	-	340	360	380	410	460	520	580	660	740	820	920	1050	A B C D E F G H	1 – 16	AE	FE	4	+																
b					-	190	200	220	240	260	280	310	340	380	420	480	540						+																
c					-	140	150	170	180	200	210	230	240	260	280	300	330						+																
d					-	100		120		145			170			190							+																
e					-	60		72		85			100			110							+																
f					-	30		36		43			50			56							+																
g					-	10		12		14			15			17							+																
h					-	0		0		0			0			0							+																
j	1 – 4	-	FE	2															s																				
j	8 – 16	-	AE	2																																			
j	5 és 6	AE	FE	3	-	7	9	11			13			16																									
j	7				-	12	15	18			21			26																									
k	1 – 7				+	2	3	3			4			4																									
k	8 – 16				+	0	0	0			0			0																									
m	1 – 16				+	11	13	15			17			20			J K M N J	2 – 8 1 – 8 2 – 16 2 – 8 9 – 16	–	FE, AE	6	5																	
n		+	20	23	27			31			34																												
p	1 - 16	AE	FE	3	+	0	0	0			0			0			N P R S T U V X Y Z P _z	9 – 16 8 – 16 2 – 7	FE	AE	7	–																	
r					+	32	37	43			50			56								–																	
s					+	41	43	51			54			63								65			–														
t					+	53	59	71			79			92								100			–														
u					+	66	75	91			104			122								134			–														
v					+	87	102	124			144			170								190			–														
x					+	102	120	146			172			202								228			–														
y					+	122	146	178			210			248								280			–														
y					+	144	174	214			254			300								340			–														
z					+	172	210	258			310			365								415			–														
																												–	FE, AE	6									

ISO tűrések képzése 1...500 mm közötti névleges átmérőkre

13.3. táblázat folytatása

Külső méret (csap)					Alapeltérések μm-ben (1 μm = 1/1000 mm)					Belső méret (lyuk)										
Szabványos		Határeltérés			Átmérőcsoport mm-ben					Szabványos		Határeltérés								
betűjel	minőség számjele	a táblázatban	képzendő	módszer	előjel	315 – 355 315 – 355	355 – 400 355 – 400	400 – 450 400 – 450	450 – 500 450 – 500	betűjel	minőség számjele	táblázatban	képzendő	módszer	előjel					
a	1 – 16	FE	AE	1	-	1200	1350	1500	1650	A	1 – 16	AE	FE	4	+					
b					-	600	630	760	840	B					+					
c					-	360	400	440	480	C					+					
d					-	210	230			D					+					
e					-	125	135			E					+					
f					-	62	68			F					+					
g					-	18	20			G					+					
h					-	0	0			H					+					
j	1 – 4	-	FE	2					s											
j	8 – 16														AE					
j	5 és 6														AE	FE	3	-	18	20
j	7																	-	28	32
k	1 – 7																	+	4	5
k	8 – 16	+	0	0																
m	1 – 16				+	21	23													
n					+	34	40													
										J	2 – 8	-	FE, AE	6						
										K	1 – 8									
										M	2 – 16									
										N	2 – 8									
										J	9 – 16	-	FE, AE	5						
p	1 - 16	AE	FE	3	+	0		0		N	9 – 16	FE	AE	7	-					
r						62		68		P	8 – 16				-					
s						108	114	126	132	R					-					
t						190	208	232	252	S					-					
u						268	294	330	360	T					-					
v						390	435	490	540	U					-					
x						475	530	595	660	V					-					
y						590	660	740	820	X					-					
z						730	820	920	1000	Y					-					
						900	1000	1100	1250	Z					-					
										P _z					2 – 7	-	FE, AE	6		

Rövidítések: FE = felső határeltérés, AE = alsó határeltérés, T = Tűrés nagysága, AV = alapvonal

13.4.táblázat Ajánlott illesztésválaszték az 1-től 500 mm-ig terjedő mérettartományban

Alaplyukrendszerben

A csap alapeltérésének betűjele

Az alaplyuk tűrés jele	A csap alapeltérésének betűjele																						
	a	b	c	d	e		f		g	h		j	k	m	n	p	r	s		t	u	x	z
	Illesztések																						
H5									$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$		$\frac{H5}{j4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$								
H6							$\frac{H6}{f6}$		$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$		$\frac{H6}{j5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$					
H7			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$		$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$		$\frac{H7}{j6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$	$\frac{H7}{t7}$	$\frac{H7}{u7}$		
H8			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$		$\frac{H8}{f7}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{j7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$			$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$		$\frac{H8}{f9}$			$\frac{H8}{h9}$													
H9				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f8}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h8}$	$\frac{H9}{h9}$												
H10				$\frac{H10}{d10}$						$\frac{H10}{h9}$	$\frac{H10}{h10}$												
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$						$\frac{H11}{h11}$													
H12		$\frac{H12}{b12}$								$\frac{H12}{h12}$													

Ajánlott illesztésválaszték az 1-től 500mm-ig terjedő mérettartományban

Alapacsaprendszerben

13.4. táblázat folytatása

Az alapsap- tűrésjele	A lyuk alapeltérések a betűjele																		
	A	B	C	D	E	F		G	H		J	K	M	N	P	R	S	T	U
	Illesztések																		
h4								$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{J5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$						
h5						$\frac{F7}{h5}$		$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{J6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$					
h6				$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F7}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{J7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$		
h7				$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$			$\frac{H8}{h7}$	$\frac{J8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$					$\frac{U8}{h7}$	
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{D9}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{F9}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H9}{h8}$								
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{D10}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$		$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H8}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H10}{h9}$							
h10				$\frac{D10}{h10}$						$\frac{H10}{h10}$									
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$						$\frac{H11}{h11}$									
h12		$\frac{B12}{h12}$								$\frac{H12}{h12}$									

13.5. táblázat A tűrésezetlen hosszméretek határeltérései

Változat	Csapméret		Lyukméret		Egyéb méret, amely nem tekinthető sem csap-, sem lyukméretnek
	körszelvényű (átmérők)	egyéb	(átmérők) körszelvényű	egyéb	
	Határeltérések az egyes változatokra				
1	-IT		+IT		± t/2
2	-t		+t		± t/2
3					
4	-IT	± t/2	+IT	± t/2	± t/2

13.6. táblázat A pontossági osztály szerinti tűrések számértékei

A pontossági osztály		Névleges méret (mm)																
		0,5 felett 3-ig	3 felett 6-ig	6 felett 30-ig	30 felett 120-ig	120 felett 315-ig	315 felett 1000-ig	1000 felett 2000-ig	2000 felett 3150-ig	3150 felett 5000-ig	5000 felett 8000-ig	8000 felett 10 000-ig	10 000 felett 12 500-ig	12 500 felett 16 000-ig	16 000 felett 20 000-ig	20 000 felett 25 000-ig	25 000 felett 31 500-ig	31 500 felett 40 000-ig
megnevezése	jele	Határeltérések (mm)																
Finom	$t_f/2$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 8	± 10	± 12
Közepes	$t_k/2$	$\pm 0,10$	$\pm 0,10$	$\pm 0,2$	$\pm 0,30$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	± 5	± 8	± 10	± 12	± 15	± 20	± 25	± 30
Durva	$t_d/2$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,5$	$\pm 0,80$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$	$\pm 8,0$	± 12	± 20	± 25	± 30	± 40	± 50	± 60	± 80
Nagyon durva	$t_n/2$	$\pm 0,15$	$\pm 0,50$	$\pm 1,0$	$\pm 1,50$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	$\pm 8,0$	$\pm 12,0$	± 20	± 30	± 40	± 50	± 60	± 80	± 100	± 120

A táblázat határeltérései az alkatrészek olyan méreteire vonatkoznak, amelyekre a 13.5. táblázat $\pm t/2$ határeltéréseket ír elő.

A mérettartományba az alsó határnál nagyobb és a felső határt is magában foglaló méretek tartoznak.

13.7.táblázat Az egyoldalas tűrések számértékei

A pontossági osztály		Névleges méret (mm)																
		0,5 felett 3-ig	3 felett 6-ig	6 felett 30-ig	30 felett 120-ig	120 felett 315-ig	315 felett 1000-ig	1000 felett 2000-ig	2000 felett 3150-ig	3150 felett 5000-ig	5000 felett 8000-ig	8000 felett 10000-ig	10000 felett 12500-ig	12500 felett 16000-ig	16000 felett 20000-ig	20000 felett 25000-ig	25000 felett 31500-ig	31500 felett 40000 g
megneve- zése	jele	Határeltérések (mm)																
Finom	+ t ₁	+0,1 0	+0,1 0	+0,2 0	+0,3 0	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4 0	+6 0	+8 0	+10 0	+12 0	+16 0	+20 0	+24 0
	- t ₁	0 -0,1	0 -0,1	0 -0,2	0 -0,3	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4	0 -6	0 -8	0 -10	0 -12	0 -16	0 -20	0 -24
Közepes	+t ₂	+0,2 0	+0,2 0	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4,0 0	+6,0 0	+10 0	+16 0	+20 0	+24 0	+30 0	+40 0	+50 0	+60 0
	- t ₂	0 -0,2	0 -0,2	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4,0	0 -6,0	0 -10	0 -16	0 -20	0 -24	0 -30	0 -40	0 -50	0 -60
Durva	+t ₃	+0,3 0	+0,4 0	+1,0 0	+1,6 0	+2,4 0	+4,0 0	+6,0 0	+10,0 0	+16,0 0	+24 0	+40 0	+50 0	+60 0	+80 0	+100 0	+120 0	+160 0
	-t ₃	0 -0,3	0 -0,4	0 -1,0	0 -1,6	0 -2,4	0 -4,0	0 -6,0	0 -10,0	0 -16,0	0 -24	0 -40	0 -50	0 -60	0 -80	0 -100	0 -120	0 -160
Nagyon durva	+t ₄	+0,3 0	+1,0 0	+2,0 0	+3,0 0	+4,0 0	+6,0 0	+10,0 0	+16,0 0	+24,0 0	+40 0	+60 0	+80 0	+100 0	+120 0	+160 0	+200 0	+240 0
	-t ₄	0 -0,3	0 -1,0	0 -2,0	0 -3,0	0 -4,0	0 -6,0	0 -10,0	0 -16,0	0 -24,0	0 -40	0 -60	0 -80	0 -100	0 -120	0 -160	0 -200	0 -240

A táblázat határeltérései 13.5. táblázat 2. változatának csap- és lyukméreteire vonatkoznak.

A mérettartományba az alsó határnál nagyobb és a felső határt is magában foglaló méretek tartoznak.

13.8.táblázat A tűrésezetlen szögméretek határeltérései

Tűrésezetlen hossz méret		A rövidebb szögszár névleges mérettartománya									
minőségek szerint	pontossági osztályok szerint	10-ig		10 felett 40-ig		40 felett 160-ig		160 felett 630-ig		630 felett 2500-ig	
		szögmértékek határeltérései									
		szögmértékegységben	mm-ben, 100mm hosszra vonatkoztatva	szögmértékegységben	mm-ben, 100mm hosszra vonatkoztatva	szögmértékegységben	mm-ben, 100mm hosszra vonatkoztatva	szögmértékegységben	mm-ben, 100mm hosszra vonatkoztatva	szögmértékegységben	mm-ben, 100mm hosszra vonatkoztatva
12-től 16-ig	finom közepes durva	± 1°	± 1,8	± 30'	± 0,9	± 20'	± 0,6	± 10'	± 0,3	± 5'	± 0,15
17	nagyon durva	± 2°	±3,6	±1°	± 1,8	± 40'	± 1,2	± 20'	± 0,6	± 10'	± 0,30

13.9.táblázat Csaptűrések 1-től 500mm-ig terjedő méretekre

Betűjel		a	b		c		d				e			f				g		
Minőségjel		11	11	12	8	11	8	9	10	11	7	8	9	6	7	8	9	4	5	6
Méret		Határeltérések, µm																		
felett	-ig																			
1-től	3	- 270 - 330	- 140 - 200	- 140 - 240	- 60 - 74	- 60 -120	- 20 - 34	- 20 - 45	- 20 - 60	- 20 - 80	- 14 - 24	- 14 - 28	- 14 - 39	- 6 - 12	- 6 - 16	- 6 - 20	- 6 - 31	- 2 - 5	- 2 - 6	- 2 - 8
3	6	- 270 - 345	- 140 - 215	- 140 - 260	- 70 - 88	- 70 -145	- 30 - 48	- 30 - 60	- 30 - 78	- 30 -105	- 20 - 32	- 20 - 38	- 20 - 50	- 10 - 18	- 10 - 22	- 10 - 28	- 10 - 40	- 4 - 8	- 4 - 9	- 4 -12
6	10	- 280 - 370	- 150 - 240	- 150 -300	- 80 -102	- 80 -170	- 40 - 62	- 40 - 76	- 40 - 98	- 40 -130	- 25 - 40	- 25 - 47	- 25 - 61	- 13 - 22	- 13 - 28	- 13 - 35	- 13 - 49	- 5 - 9	- 5 -11	- 5 -14
10	14	- 290	- 150	- 150	- 95	- 95	- 50	- 50	- 50	- 50	- 32	- 32	- 32	- 16	- 16	- 16	- 16	- 6	- 6	- 6
14	18	- 400	- 260	- 330	-122	-205	- 77	- 93	-120	-160	- 50	- 59	- 75	- 27	- 34	- 43	- 59	-11	-14	-17
18	24	- 300	- 160	- 160	-110	-110	- 65	- 65	- 65	- 65	- 40	- 40	- 40	- 20	- 20	- 20	- 20	- 7	- 7	- 7
24	30	- 430	- 290	- 370	-143	-240	- 98	-117	-149	-195	- 61	- 73	- 92	- 33	- 41	- 53	- 72	-13	-16	- 20
30	40	- 310 - 470	- 170 - 330	- 170 - 420	-120 -159	-120 -280	- 80 -119	- 80 -142	- 80 -180	- 80 -240	- 50 - 75	- 50 - 89	- 50 -112	- 25 - 41	- 25 - 50	- 25 - 64	- 25 - 87	- 9 -16	- 9 - 20	- 9 - 25
40	50	- 320 - 480	- 180 - 340	- 180 - 430	-130 -169	-130 -290														
50	65	- 340 - 530	- 190 - 380	- 190 - 490	-140 -186	-140 -330	-100 -146	-100 -174	-100 -220	-100 -290	- 60 - 90	- 60 -106	- 60 -134	- 30 - 49	- 30 - 60	- 30 - 76	- 30 -104	-10 -18	-10 - 23	-10 - 29
65	80	- 360 - 550*	- 200 - 390	- 200 - 500	-150 -196	-150 -340														
80	100	- 380 - 600	- 220 - 440	- 220 - 570	-170 -224	-170 -390	-120 -174	-120 -207	-120 -260	-120 -340	- 72 -107	- 72 -126	- 72 -159	- 36 - 58	- 36 - 71	- 36 - 90	- 36 -123	-12 - 22	-12 - 27	-12 - 34
100	120	- 410 - 630	- 240 - 460	- 240 - 590	-180 -234	-180 -400														
120	140	- 460 - 710	- 260 - 510	- 260 - 660	-200 -263	-200 -450	-145 -208	-145 -245	-145 -305	-145 -395	- 85 -125	- 85 -148	- 85 -185	- 43 - 68	- 43 - 83	- 43 -106	- 43 -143	-14 - 26	-14 - 32	-14 - 39
140	160	- 520 - 770	- 280 - 530	- 280 - 680	-210 -273	-210 -460														
160	180	- 580 - 830	- 310 - 560	- 310 - 710	-230 -293	-230 -480														

Betűjel		a	b		c		d				e			f				g		
Minőségjel		11	11	12	8	11	8	9	10	11	7	8	9	6	7	8	9	4	5	6
Méret		Határeltérések, um																		
felett	-ig																			
180	200	- 660 - 950	- 340 - 630	- 340 - 800	-240 -312	-240 -530	-170 -242	-170 -285	- 70 -355	-170 -460	-100 -146	-100 -172	-100 -215	- 50 - 79	- 50 - 96	- 50 -122	- 50 -165	-15 -29	-15 -35	-15 -44
200	225	- 740 -1030	- 380 - 670	- 380 - 840	-260 -332	-260 -550														
225	250	- 802 -1110	- 420 - 710	- 420 - 880	-280 -352	-280 -570														
250	280	- 920 -1240	- 480 - 800	- 480 -1000	-300 381	-300 -620	-190 -271	-190 -320	-190 -400	-190 -510	-110 -162	-110 -191	-110 -240	- 56 - 88	- 56 -108	- 56 -137	- 56 -186	-17 - 33	-17 - 40	- 17 - 49
280	315	-1050 -1370	- 540 - 860	- 540 -1060	-330 -411	-330 -650														
315	355	-1200 -1560	- 600 - 960	- 600 -1170	-360 -449	-360 -720	-210 -299	-210 -350	-210 -440	-210 -570	-125 -182	-125 -214	-125 -265	- 62 - 98	- 62 -119	- 62 -151	- 62 -202	-18 - 36	-18 - 43	-18 -54
355	400	-1350 -1710	- 680 -1040	- 680 -1250	-400 -489	-400 -760														
400	450	-1500 -1900	- 760 -1160	- 760 -1390	-440 -537	-440 -840	-230 -327	-230 -385	-230 -480	-230 -630	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-68 -223	-20 -40	-20 -47	-20 -60
450	500	-1650 -2050	-840 -1240	-840 -1470	-480 -577	-480 -880														

13.9.táblázat folytatása

Betűjel		h																		
Minőségjel		01*	0*	1*	2*	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14*	15*	16*	17*
Méret		Határeltérések, µm																		
felett	-ig																			
1-től	3	0 -0,3	0 -0,5	0 -0,8	0 -1,2	0 -2,0	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	0 -140	0 -250	0 -400	0 -600	0 -1000
3	6	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,5	0 -2,5	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	0 -180	0 -300	0 -480	0 -750	0 -1200
6	10	0 -0,4	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,5	0 -2,5	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	0 -220	0 -360	0 -580	0 -900	0 -1500
10	14	0 -0,5	0 -0,8	0 -1,2	0 -2,0	0 -3,0	0 -5	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	0 -270	0 -430	0 -700	0 -1100	0 -1800
14	18																			
18	24	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,5	0 -2,5	0 -4,0	0 -6	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	0 -330	0 -520	0 -840	0 -1300	0 -2100
24	30																			
30	40	0 -0,6	0 -1,0	0 -1,5	0 -2,5	0 -4,0	0 -7	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	0 -390	0 -620	0 -1000	0 -1600	0 -2500
40	50																			
50	65	0 -0,8	0 -1,2	0 -2,0	0 -3,0	0 -5,0	0 -8	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	0 -460	0 -740	0 -1200	0 -1900	0 -3000
65	80																			
80	100	0 -1,0	0 -1,5	0 -2,5	0 -4,0	0 -6,0	0 -10	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	0 -540	0 -870	0 -1400	0 -2200	0 -3500
100	120																			
120	140	0 -1,2	0 -2,0	0 -3,5	0 -5,0	0 -8,0	0 -12	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400	0 -630	0 -1000	0 -1600	0 -2500	0 -4000
140	160																			
160	180																			
180	200	0 -2,0	0 -3,0	0 -4,5	0 -7,0	0 -10,0	0 -14	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -460	0 -720	0 -1150	0 -1850	0 -2900	0 -4600
200	225																			
225	250																			
250	280	0 -2,5	0 -4,0	0 -6,0	0 -8,0	0 -12,0	0 -16	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520	0 -810	0 -1300	0 -2100	0 -3200	0 -5200
280	315																			
315	355	0 -3,0	0 -5,0	0 -7,0	0 -9,0	0 -13,0	0 -18	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -570	0 -890	0 -1400	0 -2300	0 -3600	0 -5700
355	400																			
400	450	0 -4,0	0 -6,0	0 -8,0	0 -10,0	0 -15,0	0 -20	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630	0 -970	0 -1550	0 -2500	0 -4000	0 -6300
450	500																			

*Nem illesztésre szánt tűrés

13.9.táblázat folytatása

Betűjel		j _s																		
Minőségjel		01*	0*	1*	2*	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14*	15*	16*	17*
Méret		Határeltérések, μm																		
felett	-ig																			
1-től	3	+0,15 -0,15	+0,25 -0,25	+0,40 -0,40	+0,60 -0,60	+1,00 -1,00	+ 1,5 - 1,5	+ 2,0 - 2,0	+ 3,0 - 3,0	+ 5 - 5	+ 7 - 7	+12 -12	+ 20 - 20	+ 30 - 30	+ 50 - 50	+ 70 - 70	+125 -125	+ 200 - 200	+ 300 - 300	+ 500 - 500
3	6	+0,20 -0,20	+0,30 0 30	+0,50 -0,59	+0,75 -0,75	+1,25 - 1,25	+ 2,0 - 2,0	+ 2,5 - 2,5	+ 4,0 - 4,0	+ 6 - 6	+ 9 - 9	+15 -15	+ 24 - 24	+ 37 - 37	+ 60 - 60	+ 90 - 90	+150 -150	+ 240 - 240	+ 375 - 375	+ 600 - 600
6	10	+0,20 -0 20	+0,30 -0,30	+0,50 -0 50	+0,75 -0 75	+1,25 -1 25	+ 2 0 - 2,0	+ 3,0 - 3,0	+ 4,5 - 4,5	+ 7 - 7	+ 11 -11	+18 -18	+ 29 - 29	+ 45 - 45	+ 75 - 75	+110 -110	+180 -180	+ 290 - 290	+ 450 - 450	+ 750 - 750
10	14	+0,25 -0,25	+0,40 -0,40	+0,60 -0,60	+100 -1,00	+ 1 50 -1,50	+ 2,5 - 2,5	+ 4,0 - 4,0	+ 5,5 - 5,5	+ 9 - 9	+13 -13	+21 -21	+ 35 - 35	+ 55 - 55	+ 90 - 90	+135 -135	+215 -215	+ 350 - 350	+ 550 - 550	+ 900 - 900
14	18																			
18	24	+0,30 0,30	+050 -0,50	+0,75 -0,75	+1,25 -1 25	+2,00 -200	+ 3,0 - 3 0	+ 4 5 - 4,5	+ 6,5 - 6 5	+10 10	+16 -16	+26 26	+ 42 - 42	+ 65 - 65	+105 -105	+165 -165	+260 -260	+ 420 - 420	+ 650 - 650	+1050 -1050
24	30																			
30	40	+0,30 -0 30	+0,50 -0,50	+075 -0,75	+1,25 -1,25	+2,00 -2,00	+ 3,5 - 3,5	+ 5,5 - 5,5	+ 8,0 - 8,0	+ 2 - 2	+19 -19	+31 -31	+ 50 - 50	+ 80 - 80	+125 -125	+195 -195 '	+310 -310	+ 500 - 500	+ 800 - 800	+1250 -1250
40	50																			
50	65	+0,40 -0,40	+0,60 -0,60	+1,00 -1,00	+1,50 -1 50	+2,50 -2 50	+ 40 - 4,0	+ 6,5 - 6 5	+ 9,5 - 9 5	+15 -15	+23 -23	+37 -37	+ 60 - 60	+ 95 - 95	+150 -150	+230 -230	+370 -370	+ 600 - 600	+ 950 - 950	+1500 -1500
65	80																			
80	100	+0,50 -0,50	+0,75 -0,75	+1,25 -1,25	+2,00 -200	+3,00- -3,00	50 - 5,0	+ 7,5 - 7,5	+11,0 - 0	+17 -17	+27 -27	+43 -43	+ 70 - 70	+110 -110	+175 -175	+270 -270	+435 -435	+ 700 - 700	+1100 -1100	+1750 -1750
100	120																			
120	140	+0,60 - 0,60	+1,00 -1,00	+1,75 - 1 75	+2,50 -2,50	+400 -400	+ 60 - 6,0	+ 9,0 - 9,0	+12,5 -125	+20 - 20	+31 -31	+50 - 50	+ 80 - 80	+125 -125	+200 -200	+315 -315	+500 -500	+ 800 - 800	+1250 -1250	+2000 -2000
140	160																			
160	180																			
180	200	+1,00 - 1,00	+1,50 -1,50	+2,25 -2,25	+350 - 3 50	+5,00 -5,00	+ 7,0 - 7,0	+10,0 -10,0	+14,5 -14,5	+23 - 23	+36 - 36	+57 - 57	+ 92 - 92	+145 -145	+230 -230	+360 -360	+575 - 575	+ 925 - 925	+1450 -1450	+2300 -2300
200	225																			
225	250																			
250	280	+1,25 -125	+2,00 -2,00	+3,00 -300	+4,00 -400	+6,00 -6,00	+ 8 0 - 8,0	+11,5 -11,5	+16,0 -16,0	+26 - 26	+40 - 40	+65 - 65	+105 - 05	+160 -160	+260 -260	+405 -405	+650 -650	+1050 -1050	+1600 -1600	+2600 -2600
280	315																			
315	355	+1,50 -150	+2,50 -2,50	+3,50 -3,50	+4,50 -4,50	+6,50 -6,50	+ 9,0 - 9,0	+12,5 -12,5	+18,0 -18,0	+28 -28	+44 -44	+70 -70	+115 -115	+180 -180	+285 -285	+445 -445	+700 -700	+1150 -1150	+1800 -1800	+2850 -2850
355	400																			
400	450	+2,00 -2,00	+3,00 -300	+4,00 -4,00	+5,00 -5,00	+7,50 -750	+10,0 -10,0	+13 5 - 13 5	+20,0 -20,0	+31 -31	+48 - 48	+77 - 77	+125 -125	+200 -200	+315 -315	+485 -485	+775 -775	+1250 -1250	+2000 -2000	+3150 -3150
450	500																			

*Nem illesztésre szánt tűrés

13.9.táblázat folytatása

Betűjel	k				m				n				p		r		s			t	u		x	z	
Minőségjel	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	5	6	5	6	5	6	7	6	7	8	8	8	
Méret	Határeltérések, µm																								
felett																									-ig
1-től	3	+ 3 0	+ 4 0	+ 6 0	+10 0	+ 5 + 2	+ 6 + 2	+ 8 + 2	-	+ 7 + 4	+ 8 + 4	+10 4	+ 14 + 4	+10 + 6	+ 12 + 6	+ 14 + 10	+ 16 + 10	+ 18 + 14	+ 20 + 14	+ 24 + 14	-	+ 28 + 18	+ 32 + 8	+ 34 + 20	40 + 26
3	6	+ 5 + 1	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+13 + 1	+ 8 + 4	+ 9 + 4	+12 + 4	+16 + 4	+12 + 8	+13 + 8	+16 + 8	+ 20 + 8	+17 +12	+ 20 +12	+ 20 +15	+ 23 +15	+ 24 +19	+ 27 +19	+ 31 +19	-	+ 35 +23	+ 4 +23	+ 46 28	+ 53 + 35
6	10	+ 5 + 1	+ 7 + 1	+10 + 1	+16 + 1	+10 + 6	+12 + 6	+15 + 6	+21 + 6	+14 +10	+16 10	+19 +10	+25 +10	+21 +15	+24 +15	+ 25 +19	+28 +19	+29 +23	+32 +23	+ 38 +23	-	+43 +28	+50 +28	+56 +34	+ 64 + 42
10	14	+ 6 + 1	+ 9 + 1	+12 + 1	+19 + 1	+12 + 7	+15 + 7	+18 + 7	+25 + 7	+17 + 2	+20 +12	+23 +12	+30 +12	+26 +18	+29 +18	+31 +23	+34 +23	+36 +28	+39 +28	46 +28	-	+51 +33	+60 +33	+ 67 +40	+ 77 + 50
14	18																							+ 72 + 45	+ 87 + 60
18	24	+ 8 + 2	+11 + 2	+15 + 2	+23 + 2	+14 + 8	+ 7 + 8	+ 2 + 8	+29 + 8	+21 +15	+24 +15	+28 +15	+36 +15	+31 +22	+35 +22	+37 +28	+41 +28	+44 +35	+48 +35	+56 +35	-	+62 +41	+74 +41	+ 87 + 54	+106 + 73
24	30																							+54 +41	+69 +48
30	40	+ 9 + 2	+13 + 2	+18 + 2	+27 + 2	+16 + 9	+20 + 9	+25 + 9	+34 + 9	+24 +17	+28 +17	+33 +17	+42 +17	+37 +26	+42 +26	+45 +34	+50 +34	+54 +43	+59 +43	+68 +43	+64 +48	85 +60	+99 +60	+119 + 80	+151 +112
40	50																					+ 70 +54	+95 +70	+109 +70	+36 +97
50	65	+10 + 2	+15 + 2	+21 + 2	+32 + 2	+19 + 1	+24 + 1	+30 +11	+41 +11	+28 +20	+33 +20	+39 +20	+50 +20	+45 +32	+51 +32	+54 +41	+60 +41	+66 +53	+ 72 +53	+83 +53	+ 85 +66	+117 + 87	+133 + 87	+168 +122	+218 +172
65	80															+56 +43	+62 +43	+72 +59	+78 +59	+89 +59	+94 +75	+132 +102	+148 +102	+92 +146	+256 +210
80	100	+13 + 3	+18 + 3	+ 5 + 3	+38 + 3	+23 +13	+28 +13	+35 +13	+48 +13	+33 +23	+38 +23	+45 +23	+58 +23	+52 +37	+59 +37	+66 +51	+73 +51	+86 +71	+ 93 +71	+106 +71	+113 + 91	+159 +124	+178 +124	+232 +178	+312 +258
100	120															+69 +54	+76 +54	+94 +79	+101 +79	+114 +79	+126 +104	+179 +144	+198 +144	+264 +210	+364 +310
120	140	+15 + 3	+21 + 3	+28 + 3	+43 + 3	+27 +15	+33 +15	+40 +15	+55 +15	+39 +27	+45 +27	+52 +27	+67 +27	+61 +43	+68 +43	+81 +63	+88 +63	+110 + 92	+117 + 92	+132 +92	+147 +122	+210 +170	+233 + 70	+311 +248	+428 +365
140	160															+83 +65	+90 +65	+118 +100	+125 +100	+140 +100	+159 +134	+230 +190	+253 +190	+343 +280	+478 +415
160	180															+86 +68	+93 +68	+126 +108	+133 +108	+148 +108	+171 +146	+250 +210	+273 +210	+373 +310	+528 +465

13.9.táblázat folytatása

Betűjel		k				m				n				p		r		s			t	u		x	z
Minőségjel		4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	5	6	5	6	5	6	7	6	7	8	8	8
Méret		Határeltérések, μm																							
felett	- ig																								
180	200	+18 + 4	+24 + 4	+33 + 4	+50 + 4	+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17	+45 +31	+51 +31	+60 + 31	+ 77 + 31	+70 + 50	+ 79 + 50	+ 97	+106	+142	+151	+168	+195	+282	+308	+422	+ 592
																+ 77	+ 77	+122	+122	+1221	+166	+236	+236	+350	+ 520
																+100 + 80	+ 09 + 80	+150 +130	+159 +130	+176 +130	+209 +180	+304 +258	+330 +258	+457 +385	+647 +575
200	225	+18 + 4	+24 + 4	+33 + 4	+50 + 4	+31 +17	+37 +17	+46 +17	+63 +17	+45 +31	+51 +31	+60 + 31	+ 77 + 31	+70 + 50	+ 79 + 50	+104	+113	+160	+169	+186	+225	+330	+356	+497	+ 712
																+ 84	+ 84	+140	+140	+140	+196	+284	+284	+425	+ 640
225	250															+20 + 4	+27 + 4	+36 + 4	+56 + 4	+36 +20	+43 +20	+52 +20	+72 +20	+50 +34	+57 +34
		+ 94	+ 94	+158	+158	+158	4218	+315	+315	+475	+ 710														
280	3 5	+22 + 4	+29 + 4	+40 + 4	+61 + 4	+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21	+55 +37	+62 +37	+73 +37	+ 94 + 37	+87 +62	+ 98 + 62										
																+ 98	+ 98	+170	+170	+ 70	+240	+350	+350	+525	+ '790
315	355															+22 + 4	+29 + 4	+40 + 4	+61 + 4	+39 +21	+46 +21	+57 +21	+78 +21	+55 +37	+62 +37
		+108	+108	+190	+190	+190	+268	+390	+390	+590	+ 900														
355	400	+25 + 5	+32 + 5	+45 + 5	+68 + 5	+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 + 40	+95 +68	+108 + 68										
																+114	+114	+208	+208	+208	+294	+435	+435	+660	+1000
400	480															+25 + 5	+32 + 5	+45 + 5	+68 + 5	+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+60 +40	+67 +40
		+126	+126	+232	+232	+232	+330	+490	+490	+740	+1100														
450	500	+25 + 5	+32 + 5	+45 + 5	+68 + 5	+43 +23	+50 +23	+63 +23	+86 +23	+60 +40	+67 +40	+80 +40	+103 + 40	+95 +68	+108 + 68										
																+132	+132	+252	+252	+252	+360	+540	+540	+820	+1250

13.10.táblázat Lyuktűrések 1-től 500mm-ig terjedő méretekre

Betűjel		A	B		C	D				E		F			G		
Minőségjel		11	11	12	11	8	9	10	11	8	9	7	8	9	5	6	7
Méret		Határeltérések, μm															
felett	-ig																
1-től	3	+ 330	+ 200	+ 240	+120	+ 34	+ 45	+ 60	+ 80	+ 28	+ 39	+ 16	+ 20	+ 31	+ 6	+ 8	+12
		+ 270	+ 140	+ 140	+ 60	+ 20	+ 20	+ 20	+ 20	+ 14	+ 14	+ 6	+ 6	+ 6	+ 2	+ 2	+ 2
3	6	+ 345	+ 215	+ 260	+145	+ 48	+ 60	+ 78	+105	+ 38	+ 50	+ 22	+ 28	+ 40	+ 9	+12	+16
		+ 270	+ 140	+ 140	+ 70	+ 30	+ 30	+ 30	+ 30	+ 20	+ 20	+ 10	+ 10	+ 10	+ 4	+ 4	+ 4
6	10	+ 370	+ 240	+ 300	+170	+ 62	+ 76	+98	+130	+47	+ 61	+28	+35	+49	+11	+14	+20
		+280	+ 150	+ 150	+ 80	+40	+40	+40	+40	+25	+25	+13	+13	+13	+ 5	+ 5	+ 5
10	14	+400	+260	+330	+205	+77	+93	+120	+160	+59	+75	+34	+43	+59	+14	+17	+24
		+290	+ 150	+ 150	+ 95	+50	+50	+50	+50	+32	+32	+16	+16	+16	+ 6	+ 6	+ 6
18	24	+430	+ 290	+370	+240	+98	+117	+149	+195	+ 73	+ 92	+41	+53	+72	+16	+20	+28
		+300	+160	+160	+110	+ 65	+ 65	+ 65	+ 65	+40	+40	+20	+20	+ 20	+ 7	+ 7	+ 7
30	40	+470	+330	+420	+280	+119	+142	+180	+240	+89	+112	+ 50	+ 64	+87	+20	+25	+34
		+310	+170	+170	+120												
40	50	480	+340	+430	+290	+ 80	+ 80	+ 80	+ 80	+50	+50	+25	+25	+25	+ 9	+ 9	+ 9
		+320	+ 180	+ 180	+130												
50	65	+530	+ 380	+490	+330	+146	+174	+220	+290	+106	+134	+ 60	+76	+104	+23	+29	+40
		+340	+ 190	+190	+140												
65	80	+550	+390	+500	+340	+100	+100	+100	+100	+60	+60	+ 30	+30	+30	+10	+10	+10
		+360	+200	+200	+150												
80	100	+630	+440	+570	+390	+174	+207	+260	+340	+126	+159	+71	+90	+123	+27	+34	+47
		+380	+220	+220	+170												
100	120	+630	+460	+590	+400	+120	+120	+120	+120	+72	+72	+36	+36	+36	+12	+12	+12
		+410	+ 240	+240	+180												
120	140	+710	+ 510	+660	+450												
		+460	+260	+260	+200												
140	160	+770	+530	+680	+460	+208	+245	+305	+395	+148	+185	+ 83	+106	+143	+32	+39	+54
		+520	+280	+280	+210												
160	180	+830	+560	+710	+480	+145	+145	+145	+145	+85	+85	+ 43	+ 43	+43	+14	+14	+14
		+580	+310	+310	+230												

13.10.táblázat folytatása

Betűjel		A	B		C	D				E		F			G		
Minőségjel		11	11	12	11	8	9	10	11	8	9	7	8	9	5	6	7
Méret		Határeltér μm															
felett	-ig																
180	200	+ 950 + 660	+ 630 + 340	+ 800 + 340	+530 +240	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+460 +170	+172 +100	+215 +100	+ 96 + 50	+122 + 50	+165 + 50	+35 +15	+44 +15	+61 +15
200	225	+1030 + 740	+ 670 + 380	+ 840 + 380	+550 +260												
225	250	+1110 + 820	+ 710 + 420	+ 880 + 420	+570 +280												
250	280	+1240 + 920	+ 800 + 480	+1000 + 480	+620 +300	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+510 +190	+191 +110	+240 +110	+108 - + 56	+137 + 56	+186 + 56	+40 +17	+49 +17	+69 +17
280	315	+1370 +1050	+ 860 + 540	+1060 + 540	+650 +330												
315	355	+1560 +1200	+ 960 + 600	+1170 + 600	+720 +360	+299 +210	+350 - +210	+440 +210	+570 +210	+214 +125	+265 +125	+119 + 62	+151 + 62	+202 + 62	+43 +18	+54 +18	+75 +18
355	400	+1710 +1350	+1040 + 680	+1250 + 680	+760 +400												
400	450	+1900 +1500	+1160 + 760	+1390 + 760	+840 +440	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+630 +230	+232 +135	+290 +135	+131 + 68	+165 + 68	+223 + 68	+47 +20	+60 +20	+83 +20
450	500	+2050 +1650	+1240 + 840	+1470 + 840	+880 +480												

Betűjel		H																		
Minőségjel		01*	0*	1*	2*	3*	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13*	14*	15*	16*	17*
Méret		Határeltérések, µm																		
felet	-ig																			
1-től	3	+0,3 0	+0,5 0	+0,8 0	+1,2 0	+2,0 0	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	+140 0	+250 0	+400 0	+600 0	+1000 0
3	6	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	+180 0	+300 0	+480 0	+750 0	+1200 0
6	10	+0,4 0	+0,6 0	+1,0 0	+1,5 0	+2,5 0	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	+220 0	+360 0	+580 0	+900 0	+1500 0
10	14	+0,5 0	+0,8 0	+1,2 0	+2,0 0	+3,0 0	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	+270 0	+430 0	+700 0	+1100 0	+1800 0
14	18																			
18	24	+0,6 0	+1,0 0	+1,5 0	+2,5 0	+4,0 0	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	+330 0	+520 0	+840 0	+1300 0	+2100 0
24	30																			
30	40	+0,6 0	+0 0	+1,5 0	+2,5 0	+4,0 0	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	+390 0	+620 0	+1000 0	+1600 0	+2500 0
40	50																			
50	65	+0,8 0	+1,2 0	+2,0 0	+3,0 0	+5,0 0	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	+460 0	+740 0	+1200 0	+1900 0	+3000 0
65	80																			
80	100	+1,0 0	+1,5 0	+2,5 0	+4,0 0	+6,0 0	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	+540 0	+870 0	+1400 0	+2200 0	+3500 0
100	120																			
120	140																			
140	160	+1,2 0	+2,0 0	+3,5 0	+5,5 0	+8,0 0	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0	+630 0	+1000 0	+1600 0	+2500 0	+4000 0
160	180																			
180	200																			
200	225	+2,0 0	+3,0 0	+4,5 0	+7,0 0	+10,0 0	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0	+720 0	+1150 0	+1850 0	+2900 0	+4600 0
225	250																			
250	280	+2,5 0	+4,0 0	+6,0 0	+8,0 0	+12,0 0	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0	+810 0	+1300 0	+2100 0	+3200 0	+5200 0
280	315																			
315	355	+3,0 0	+5,0 0	+7,0 0	+9,0 0	+13,0 0	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0	+890 0	+1400 0	+2300 0	+3600 0	+5700 0
355	400																			
400	450	+4,0 0	+6,0 0	+8,0 0	+10,0 0	+15,0 0	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0	+970 0	+1550 0	+2500 0	+4000 0	+6300 0
450	500																			

*Nem illesztésre szánt tűrés

*.Nem illesztésre szánt tűrés

13.10.táblázat folytatása

Betűjel		Js																		
Minőségjel		01*	0*	1*	2*	3*	4*	5	6	7	8	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*
Méret		Határeltérések, μm																		
felett	-ig																			
1-től	3	+0,15 -0,15	+0,25 -0,25	+0,40 -0,40	+0,60 -0,60	+1,00 -1,00	+ 1,5 - 1,5	+ 2,0 - 2,0	+ 3,0 - 3,0	+ 5 - 5	+ 7 - 7	+12 -12	+ 20 - 20	+ 30 - 30	+ 50 - 50	+ 70 - 70	+125 -125	+ 200 - 200	+ 300 - 300	+ 500 - 500
3	6	+0,20 -0,20	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,75 -0,75	+ 1,25 - 1,25	+ 2,0 - 2,0	+ 2,5 - 2,5	+ 4,0 - 4,0	+ 6 - 6	+ 9 - 9	+15 - 15	+ 24 - 24	+ 37 + 37	+ 60 - 60	+ 90 - 90	+150 -150	+ 240 - 240	+ 375 - 375	+ 600 - 600
6	10	+0,20 -0,20	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,75 -0,75	+1,25 - 1,25	+ 2,0 - 2,0	+ 3,0 - 3,0	+ 4,5 - 4,5	+ 7 - 7	+ 11 - 11	+18 - 18	+ 29 - 29	+ 45 - 45	+ 75 - 75	+110 -110	+180 -180	+ 290 - 290	+ 450 - 450	+ 750 - 750
10	14	+0,25 -0,25	+0,40 -0,40	+0,60 -0,60	+1,00 -1,00	+1,50 -1,50	+ 2,5 - 2,5	+ 4,0 - 4,0	+ 5,5 - 5,5	+ 9 - 9	+13 -13	+21 -21	+ 35 - 35	+ 55 - 55	+ 90 - 90	+135 - 135	+215 -215	+ 350 - 350	+ 550 - 550	+ 900 - 900
14	18																			
18	24	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,75 -0,75	+1,25 -1,25	+2,00 -2,00	+ 3,0 - 3,0	+ 4,5 - 4,5	+ 6,5 - 6,5	+10 -10	+16 -16	+26 - 26	+ 42 - 42	+ 65 - 65	+105 -105	+165 -165	+260 -260	+ 420 - 420	+ 650 - 650	+1050 -1050
24	30																			
30	40	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,75 -0,75	+1,25 -1,25	+2,00 -2,00	+ 3,5 - 3,5	+ 5,5 - 5,5	+ 8,0 - 8,0	+12 -12	+19 -19	+31 -31	+ 50 - 50	+ 80 - 80	+125 -125	+195 -195	+310 -310	+ 500 - 500	+ 800 - 800	+1250 -1250
40	50																			
50	65	+0,40 -0,40	+0,60 -0,60	+1,00 -1,00	+1,50 -1,50	+2,50 -2,50	+ 4,0 - 4,0	+ 6,5 - 6,5	+ 9,5 - 9,5	+ 15 -15	+23 -23	+37 -37	+ 60 - 60	+ 95 - 95	+150 -150	+230 -230	+370 -370	+ 600 - 600	+ 960 - 960	+1500 -1500
65	80																			
80	100	+0,50 -0,50	+0,75 -0,75	+1,25 -1,25	+2,00 -2,00	+3,00 -3,00	+ 5,0 - 5,0	+ 7,5 - 7,5	+11,0 -11,0	+17 -17	+27 -27	+43 -43	+ 70 - 70	+110 -110	+175 -175	+270 -270	+435 -435	+ 700 - 700	+1100 -1100	+1750 -1750
100	120																			
120	140	+0,60 - 0,60	+1,00 -1,00	+1,75 -1,75	+2,50 -2,50	+4,00 -4,00	+ 6,0 - 6,0	+ 9,0 - 9,0	+12,5 -12,5	+20 - 20	+31 -31	+50 - 50	+ 80 - 80	+125 -125	+200 -200	+315 -315	+500 - 500	+ 800 - 800	+1250 -1250	+2000 -2000
140	160																			
160	180																			
180	200	+1,00 - 1,00	+1,50 -1,50	+225 -2,25	+3,50 -3,50	+5,00 -5,00	+ 7,0 - 7,0	+10,0 -10,0	+14,5 -14,5	+23 - 23	+36 - 36	+57 - 57	+ 92 - 92	+145 -145	+230 -230	+360. -360	+575 -575	+ 925 - 925	+1450 -1450	+2300 -2300
200	225																			
225	250																			
250	280	+1,25 -1,25	+2,00 -2,00	+3,00 -3,00	+4,00 -4,00	+6,00 -6,00	+ 8,0 - 8,0	+11,5 -11,5	+16,0 -16,0	+26 - 26	+40 - 40	+65 - 65	+105 -105	+160 -160	+260 -260	+405 -405	+650 -650	+1050 -1050	+1600 -1600	+2600 -2600
280	315																			
315	355	+1,50 -1,50	+2,50 -2,50	+3,50 -3,50	+4,50 -4,50	+6,50 -6,50	+ 9,0 - 9,0	+12,5 -12,5	+18,0 -18,0	+28 -28	+44 -44	+70 -70	+115 -115	+180 -180	+285 -285	+445 -445	+700 -700	+1150 -1150	+1800 -1800	+2850 -2850
355	400																			
400	450	+2,00 -2,00'	+3,00 -3,00	+4,00 -4,00	+5,00 -5,00	+7,50 - 7,50	+10,0 -10,0	+13,5 -13,5	+20,0 -20,0	+31 -31	+48 - 48	+77 - 77	+125 -125	+200 -200	+315 -315	+485 -485	+775 -775	+1250 -1250	+2000 -2000	+3150 -3150
450	500																			

Betűjel		K				M				N				P		R	S	T	U
Minőségjel		5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	7	7	7	8
Méret		Határeltérések, µm																	
felett	-ig																		
1-t61	3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	-2 -6	-2 -8	-2 -12	—	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -32
3	6	0 -5	+2 6	+3 9	+5 -13	-3 -8	-1 -9	0 -12	+2 -16	-7 -12	-5 -13	-4 -16	-2 -20	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-23 -41
6	10	+1 -5	+2 -7	5 -10	+6 -16	-4 -10	-3 -12	0 -1	+1 -21	-8 -14	-7 -16	-4 -19	-3 -25	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-28 -50
10	14	+2 -6	+2 -9	+6 -12	+8 -19	-4 -12	-4 -15	0 -18	+2 -25	-9 -17	-9 -20	-5 -23	-3 -30	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-2 -39	—	-33 -60
14	18																		
18	24	+1 -8	+2 -11	+6 -15	+10 -23	-5 -14	-4 -17	0 -21	+4 -29	-12 -21	-11 -24	-7 -28	-3 -36	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—	-41 74
24	30																	-33 -54	-48 -81
30	40	+2 -9	+3 -13	+7 -18	+12 -27	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64	-60 -99
40	50																	-45 -70	-70 -109
50	65	+3 -10	+4 -15	+9 -21	+14 -32	-6 -19	-5 -24	0 30	+5 -41	-15 -28	-14 -33	-9 -39	-4 -50	-26 -45	-21 -5	-30 -60	-42 -72	-55 -85	-87 -133
65	80																	-64 -94	-102 -148
80	100	+2 -13	+4 -18	+10 -25	+16 -38	-8 -23	-6 -28	0 -35	+6 -48	-18 -33	-16 -38	-10 -45	4 -58	-30 -52	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113	-124 -178
100	120																	-91 -126	-144 -198
120	140	+3 -15	+4 -21	+12 -28	+20 -43	-9 -27	-8 -33	0 40	+8 -55	-21 -39	-20 -45	-12 -52	-4 -67	-36 -61	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147	-170 -233
140	160																	119 -159	-190 -253
160	180																	-131 -171	-210 -273

13.10.táblázat folytatása

Betűjel		K				M				N				P		R	S	T	U
Minőségjel		5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	7	7	7	8
Méret		Határeltérések,μm																	
felett	-ig																		
180	200	+ 2 - 18	+ 5 - 24	+ 13 - 33	+ 22 - 50	- 11 - 31	- 8 - 37	0 - 46	+ 9 - 63	- 25 - 45	- 22 - 51	- 14 - 60	- 5 - 77	- 41 - 70	- 33 - 79	-60 - 106	- 105 - 151	- 149 - 195	-236 - 308
200	225															- 63 - 109	- 113 - 159	- 163 - 209	-258 - 330
225	250															- 67 - 113	- 123 - 169	- 179 - 225	-284 - 356
250	280	+ 3 - 20	+ 5 - 27	+ 16 - 36	+ 25 - 56	- 13 - 36	- 9 - 41	0 - 52	+ 9 - 72	- 27 - 50	- 25 - 57	- 14 - 66	- 5 - 86	- 47 - 79	- 36 - 88	-74 -126	- 138 - 190	- 198 - 250	- 315 - 396
280	315															-78 -130	-150 -202	-220 -272	- 350 - 431
315	355	+ 3 - 22	+ 7 - 29	+ 17 - 40	+ 28 - 61	- 14 - 39	- 10 - 46	0 - 57	+ 11 - 78	- 30 - 55	- 26 - 62	- 16 - 73	- 5 - 94	- 51 - 87	- 41 - 98	- 87 - 144	- 169 - 226	- 247 - 304	- 390 - 479
355	400															- 93 - 150	- 187 - 244	- 273 - 330	- 435 - 524
400	450	+ 2 - 25	+ 8 - 32	+ 18 - 45	+ 29 - 68	- 16 - 43	- 10 - 50	0 - 63	+ 11 - 86	- 33 - 60	- 27 - 67	- 17 - 80	- 6 - 103	- 55 95	- 45 - 108	- 103 166	- 209 - 272	- 307 - 370	- 490 - 587
450	500															- 109 - 172	- 229 - 292	-337 - 400	- 540 - 637

A mérettartományba az alsó határnál nagyobb és a felső határt i magában foglaló méretek tartoznak.

13.11.táblázat Munka és vizsgáló idomszerek méretezéséhez szükséges adatok

IT fokozat	jelölések	Átmérőcsoportok (mm)												
		1-3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
IT5	T	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
	z ₁	1	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	7
	y ₁	1	1	1	1,5	2	2	2	3	3	3	3	4	4
	H ₁ /2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	H _p /2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	1,5	2,5	3
IT6	T	7	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
	z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8
	z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7
	y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7
	H/2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	H ₁ /2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	H _s /2	--	--	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	H _p /2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2	3	4	5
IT7	T	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
	z és z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	y és y ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9
	H/2 és H ₁ /2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	H _s /2	--	--	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	9
	H _p /2	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	1	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3	4	6	7
IT8	T	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
	z és z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	y és y ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11
	H/2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	H ₁ /2	2	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
	H _s /2	--	--	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	H _p /2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	6	7	9
IT9	T	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
	z és z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	H ₁ /2	2	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
	H _s /2	--	--	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	H _p /2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	6	7	9

IT fokozat	jelölések	Átmérőcsoportok (mm)												
		1-3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
IT10	T	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
	z és z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	H ₁ /2	2	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
	H _s /2	--	--	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	H _p /2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	3
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	7	9	11	14
IT11	T	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
	z és z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2 és H ₁ /2	2,5	2,5	3	4	4,5	5,5	6,5	7,5	9	10	11,5	12,5	13,5
	H _s /2	--	--	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
	H _p /2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	10	15	15	20
IT12	T	90	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	
	z és z ₁	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	H/2 és H ₁ /2	2,5	2,5	3	4	4,5	5,5	6,5	7,5	9	10	11,5	12,5	
	H _p /2	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4	4,5	
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	15	20	10	
IT13	T	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
	z és z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2 és H ₁ /2	4,5	6	7,5	9	10,5	12,5	15	17,5	20	23	26	28,5	31,5
	H _s /2	--	--	4,5	5,5	6,5	8	9,5	11	12,5	14,5	16	18	20
	H _p /2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	25	35	45	55
IT14	T	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
	z és z ₁	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2 és 1/2	4,5	6	7,5	9	10,5	12,5	15	17,5	20	23	26	28,5	31,5
	H _s /2	--	--	4,5	5,5	6,5	8	9,5	11	12,5	14,5	16	18	20
	H _p /2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	45	55	70	90

13.11.táblázat folytatása

IT fokozat	jelölések	Átmérőcsoportok (mm)												
		1-3	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-250	250-315	315-400	400-500
IT15	T	400	480	560	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
	z és z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	170	190	210	240
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2 és H ₁ /2	4,5	6	7,5	9	10,5	12,5	15	17,5	20	23	26	28,5	31,5
	H _s /2	--	--	4,5	5,5	6,7	8	9,5	11	12,5	14,5	16	18	20
	H _p /2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	70	90	110	140
IT16	T	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
	z és z ₁	40	48	56	64	72	80	90	100	110	210	240	280	320
	y és y ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H/2 és H ₁ /2	4,5	6	7,5	9	10,5	12,5	15	17,5	20	23	26	28,5	31,5
	H _s /2	--	--	4,5	5,5	6,5	8	9,5	11	12,5	14,5	16	18	20
	H _p /2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3	4	5	6	6,5	7,5
	α és α ₁	--	--	--	--	--	--	--	--	--	110	140	180	220

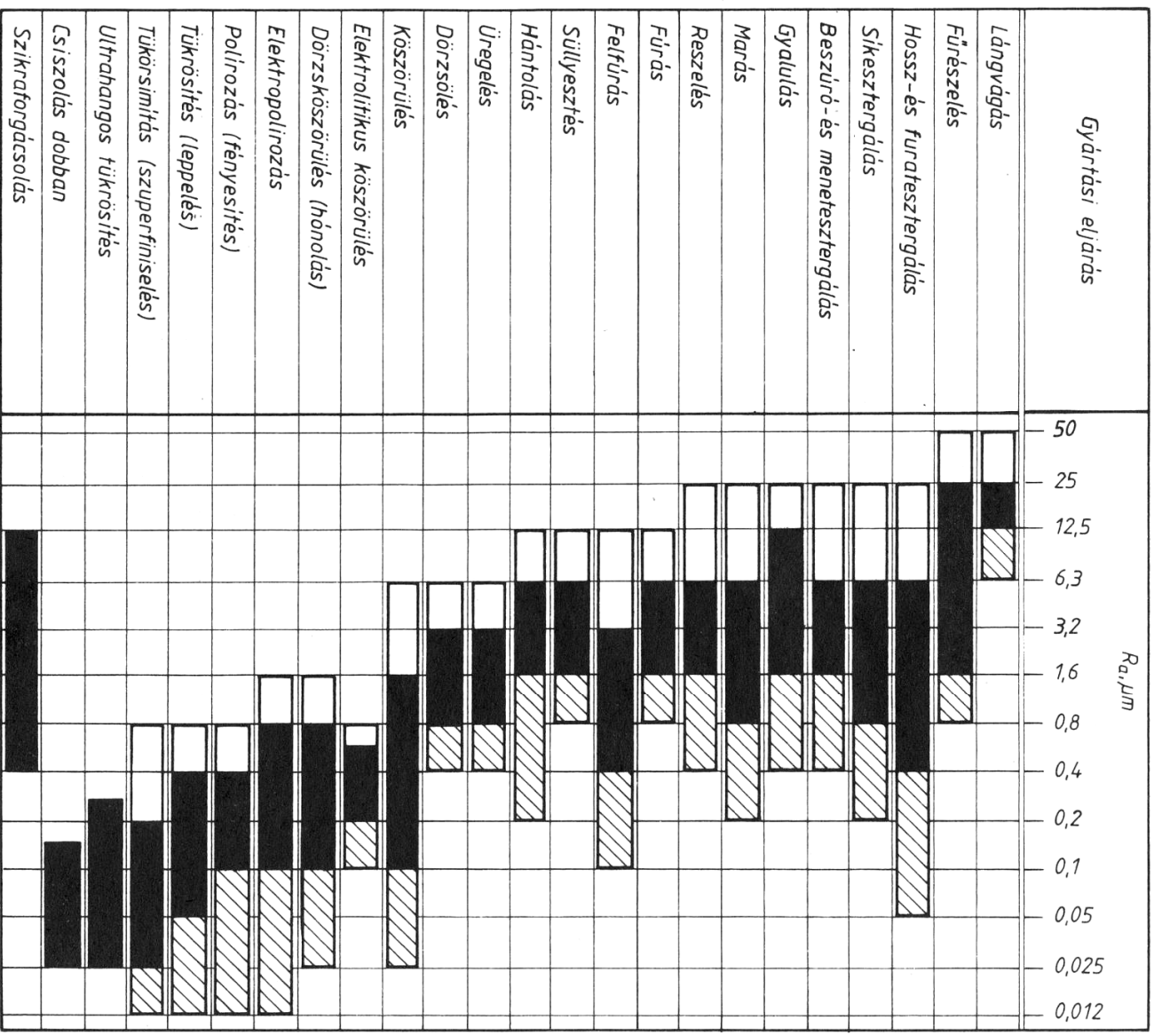
A tűrések értéke 1/1000 mm nagyságrendű.

- H₁ -villás munkaidomszer tűrése
- H_p -villás vizsgáló idomszer tűrése
- H -dugós munkaidomszer tűrése
- H_s -gömbös végű munkaidomszer tűrése

13.12. táblázat Összefüggés a tűrésmeghatározás (IT) és a felületi érdesség között

Felületi érdesség $R_a, \mu m$	0,012-0,8															
							0,8-6,3									
							0,8-12,5									
							3,2-50									
Tűrés-alapsorozat	IT															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				

Darabolással, ill. forgácsolással elérhető átlagos érdességek



Forgácsolás nélküli alakítással elérhető átlagos érdességek

13.12. táblázat folytatása

Gyártási eljárás	Ra, μm													
	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012	
Öntés homokformába														
Öntés héjformába														
Viaszmintás precíziós öntés														
Kokillaöntés, nyomásos öntés														
Meleghengerrés														
Kovácsolás														
Sajtolás														
Rúdsajtolás (extrudálás)														
Szemcsezórás, homokfúvás														
Görghézés														
Hideghengerrés														
Lemezhúzás														
Polírhengerrés														
Dombornyomás														
Kémiai maratás														
Elektronsugárzás														
Lézer														
Elektrokémia														

Az alkalmazott jelölések értelmezése:



különléges gyártási feltételek esetén,



általános (normál) gyártási feltételek esetén,



durva gyártási feltételek esetén

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Buócz Gyula, Lebovits Imre, Wittine László: Segédlet a műszaki rajz c. tárgyhoz. Tankönyvkiadó, Budapest, 1978
- [2] Buócz Gyula, dr. Magyar József: Műszaki Rajz. Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.
- [3] Erdős Zsigmond: Műszaki rajz és gépelemek II. 1.rész Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Gépésüzemmérnöki Főiskolai Kar. Mezőtúr, 1989.
- [4] Dr. Gyáni Károly Gépgyártástechnológia alapjai I. Nehézipari Műszaki Egyetem. Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.
- [5] Hadházy István: Műszaki ábrázolás II. Házi jegyzet. GATE Mezőgazdasági Főiskolai Kar. Nyíregyháza 1998
- [6] Hadházy István, Dr. Szigeti Ferenc: Műszaki rajz és gépelemek segédlet. GATE Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Nyíregyháza, 1989.
- [7] Kiss Miklós: Műszaki rajz gyakorlatok. Keszthelyi Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Gépészeti Főiskolai Kara. 1971.
- [7] Majdán István: Gépipari tűrések és illesztések. Szabványosítási szakkönyvtár 5. Szabványkiadó, Budapest, 1981.
- [8] Mihály György: Műszaki Rajz. Nehézipari Műszaki Egyetem Vegyipari Automatizálási Főiskolai Kar, Kazincbarcika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
- [9] Poós László: Szabványosítási szakkönyvtár 16. Általános műszaki ismeretek szabványai II. kötet. Szabványkiadó, Budapest 1978. ISBN 963 402 143 3
- [10] Seres ferenc: Rajz 4. Felületi érdesség. Tűrés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1992.
- [11] Dr. Solti Ernő: A gazdaságos gyártás tűréstechnikai számításai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [12] Szabó Imréné, Guth Ferenc, Dr. Vas Rezső, Szabóné Nagy Zsuzsa: Műszaki Ábrázolás (Elmélet, gyakorlat) 4. kiadás Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1991.
- [13] Szilágyi László: Gépipari méretellenőrzés 4.kiadás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.