



BAGSZ14NNF

Szereléstechológia

8. Méretlánc analízis

Magyarkúti József
magyarkuti.jozsef@bgk.uni-obuda.hu

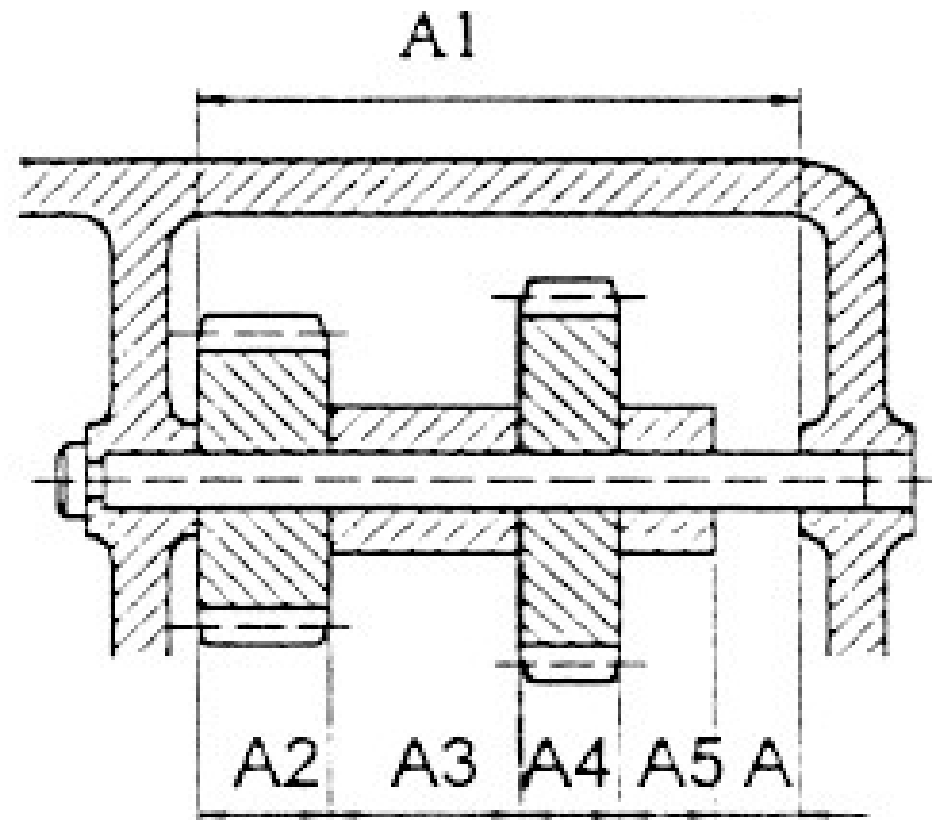
Méretlánc megoldási módszerek

Probléma:

Az eredő tűrés biztosításához szükséges méretlánc tag tűrések meghatározása.

Megoldások:

- Teljes cserélhetőség módszere
- Részleges cserélhetőség módszere
- Utólagos illesztés módszere
- Beszabályozás (kompenzálás) módszer
- Válogató párosítás módszere



Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

Ha a méretszóródás kisebb vagy egyenlő az alkatrészekre előírt tűréssel, ez biztosan, **P=100%-os valószínűséggel** bekövetkező teljes eseménymezőt, azaz zárótag alsó illetve felső határméretet, méretszóródást adják, másképpen fogalmazva; a **teljes cserélhetőségi** szinten megkövetelhető zárótag méretet és tűrésmező szélességet jelentik.

Hatékony illetve **gazdaságos termék előállítás** mára már **egyre kevésbé megoldható teljes cserélhetőségi szintet jelentő tűrésszűkítéssel**, minden határt meghaladó gyártási pontosság növeléssel. A szerelési folyamatok többsége egyre kifinomultabb módszereken és **kompromisszumokon** alapul. **Ezen módszerek** a szerelvények, azok meghatározó funkcióit kifejező méretláncainak **valószínűség alapú elemzésére épülnek**.

Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

A **termelésben nem lehet** mintaméréssel **meghatározni minden egyes** – a szerelési méretláncban szereplő – **alkatrész** valószínűség elemzéshez elengedhetetlen **paramétereit**, azaz jellemző méreteinek empirikus várható értékét illetve **méretszóródását**.

A **műszaki gyakorlatban** az empirikus eloszlások modellezésében a **legnagyobb jelentősége a normális v. Gauss-féle eloszlásnak van**. A továbbiakban, itt is **feltételezzük**, hogy az **alkatrészgyártás** közelítőleg **normális eloszlást produkál**, azaz egy tömegesen előállítandó szerelvény alkatrész halmazainak méretszóródása az alkatrészek műhelyrajzi méreteivel harmonizáló **normális eloszlással jól közelíthető**.

Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

Középérték:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^l f_i \cdot x_i}{n}$$

- x_i : a mért értékek
- f_i : az i -edik mérési érték gyakorisága
- n : mérések száma
- l : a mért értékek száma

Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

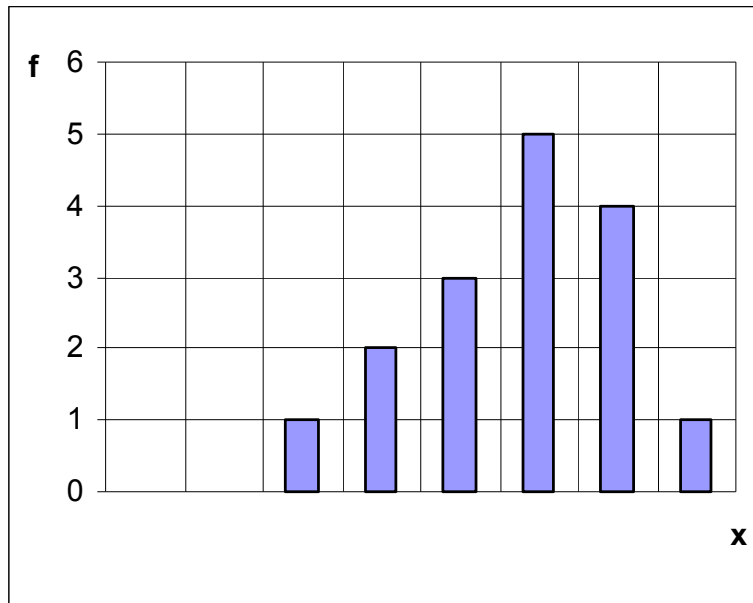
Tapasztalati szórás:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l f_i \cdot (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

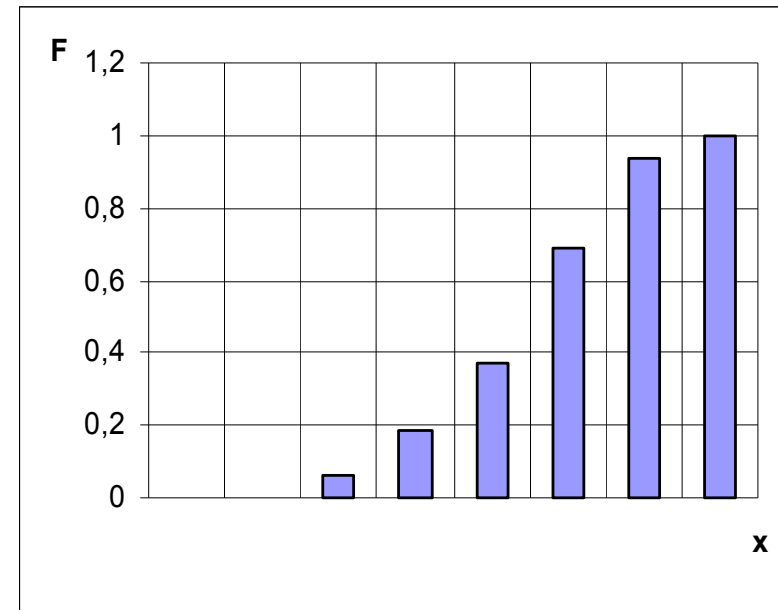
Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

A mért értékek grafikusan ábrázolhatók:

Gyakorisági hisztogram:



Tapasztalati eloszlásfüggvény:



Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

Ha $n \rightarrow \infty$ és $\delta \rightarrow 0$ a függvények folytonosak lesznek!

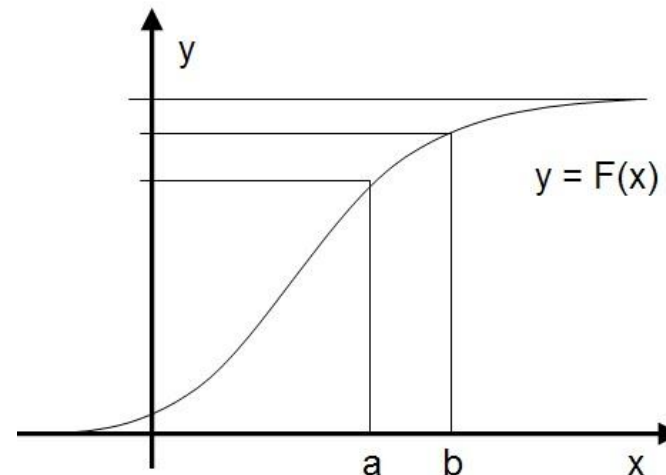
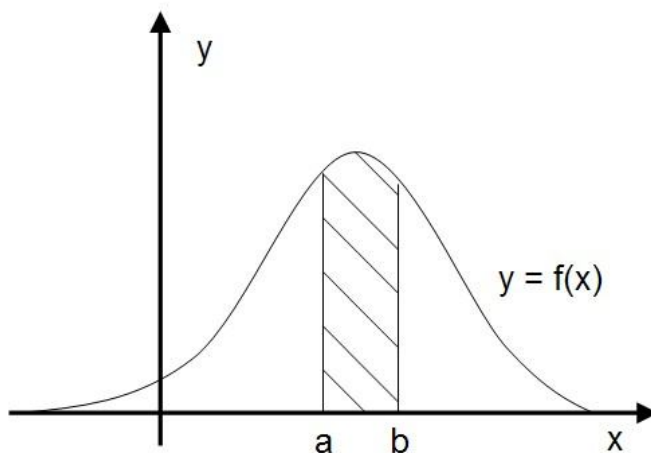
Ha a méreteloszlás sűrűségfüggvénye $f(x)$, annak valószínűsége, hogy egy méret $x = a$ és $x = b$ közé esik:

$$P = \int_a^b f(x) dx$$

Az eloszlásfüggvény alapján: $P = F(b) - F(a)$

Sűrűségfüggvény:

Eloszlásfüggvény:



Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

Normál (Gauss) eloszlás:

- A méretszóródás a véletlennek van alárendelve az eloszlás normál (Gauss) eloszlás
- A normál eloszlás sűrűségfüggvénye:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

- $\bar{x}$: középérték
- σ : szórás

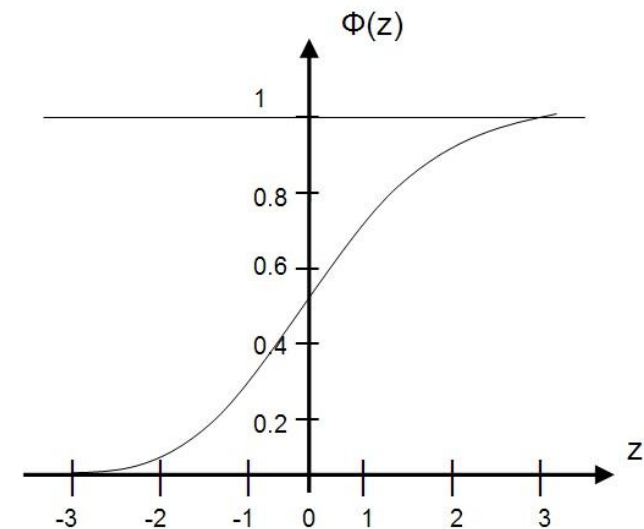
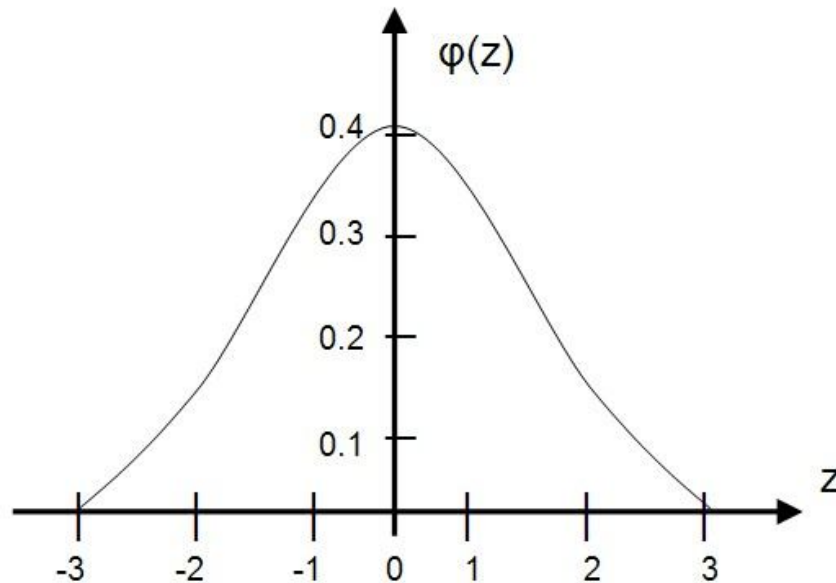
A normál eloszlás eloszlás függvénye:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx$$

F(x) értékek táblázatból határozhatók meg.

Méretlánc elemzés valószínűség számítási alapjai

- Normál (Gauss) eloszlás sűrűség és eloszlás függvényei:



Szórás számítása a gyakorlatban

6σ módszer

Legyen mindenkor a „műhelyrajzi adatokkal harmonizáló” **elméleti eloszlás** az a **normális eloszlás**, melynek **várható értéke** megegyezik az empirikus eloszlás közepes értékével (**közepes méret**) és természetes **szórásterjedelme** pedig az empirikus eloszlás szórásterjedelmével (**tűrésmező szélesség**).

Az **elméleti eloszlás várható értéke** legyen azonosan egyenlő a **műhelyrajzi középmerettel** ($\bar{A}_i = \frac{1}{2}(A_{i\max} + A_{i\min})$) és természetes **szórásmezeje** a komponensek **tűrésmezejével** ($6\sigma_i = \mathcal{G}$)!

Ez esetben a **zárótag eredő szórása** a műhelyrajzi adatokból, közvetlenül a műhelyrajzi **tűrésekből** lesz **számítható**:

$$\sigma = \sqrt{\sum_i \sigma_i^2} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\mathcal{G}_i}{6}\right)^2} = \frac{1}{6} \sqrt{\sum_i \mathcal{G}_i^2}$$
$$\sigma = \frac{1}{6} \sqrt{k \cdot \sum_i \mathcal{G}_i^2} \quad \text{ahol } k=1, 1 \div 1, 3;$$

A méretláncok elemzésekor alapvetően két fő logikai kérdés lehet

- **adott lánc tagok (zárótag)** $\Rightarrow$? zárótag kiadódó tűrése (? várható cserélhetőségi szint)
- **adott zárótag (cserélhetőségi szint)** $\Rightarrow$? lánc tagok tűrése (? tűrés illesztés módszere)

A cserélhetőségi szint számítása

Egy **nagy tömegben gyártott** szerelvény alkatrészeinek **cserélhetőségi szintje** nem más, mint annak valószínűsége, hogy a zárótag kiadódó mérete éppen az előírt tűrésmezőbe esik, azaz a **zárótag előírt tűrésmezejének bekövetkezési valószínűsége**.

A **szereelési tűrést** kielégítő esetek **valószínűsége** az eredő eloszlásgörbe alatti **területtel arányos**, és a következő **(F) funkcionállal** számítható:

$$P = \int_{x_{\min}}^{x_{\max}} f(x) dx = \int_{-\infty}^{x_{\max}} f(x) dx - \int_{-\infty}^{x_{\min}} f(x) dx = F(x_{\max}) - F(x_{\min}) = F(A'_{\max}) - F(A'_{\min});$$

A bármely várható értékű A_x méretekre alkalmazott $x = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} = \frac{A_x - \bar{A}}{\sigma}$; standardizálási formulát a $\varphi = f(x, \bar{x} = 0, \sigma = 1)$ standard normális eloszlásban illetve a $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi dx$ funkcionálban használva az előírást teljesítő zárótag valószínűsége:

$$P(A_{\min} \leq A \leq A_{\max}) = \frac{P\%}{100} = P = \left(\Phi\left(\frac{A'_{\max} - \bar{A}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{A'_{\min} - \bar{A}}{\sigma}\right) \right); \quad \sigma = \frac{1}{6} \sqrt{\sum_i g_i^2};$$

Szerelés elemzési/tervezési cél

A **zárótag előírt tűrésének kielégítése** (tűrésillesztés) a lehető leghatékonyabb ill. **leggazdaságosabb módszerrel**, azaz a komponenseknek olyan méretezésének és **tűrésezésének kialakítása**, amellyel biztosítható a **sikeres szerelési folyamat**.

Tehát tűrésillesztési szempontból **elemezendő**k (és esetleg módosítandók):

- az **alkatrészek méretezése**, méretláncai (az **összetevők számának** és eredő névleges méret **csökkentése** érdekében)
- az **alkatrészek tűrésezése** (várható érték és szóródás módosítása érdekében)

Általános **megoldási módszerek**:

- **tagok számának csökkentése**, pl. alkatrész méretezések átkottázása
- **tűrésezetlen méretek tűrésezése**

Szerelési méretláncok megoldási módszerei

Selejtszint szerinti csoportosításban

- a) teljes cserélhetőség módszere (**tűrésszűkítés**, -csökkentés vagy -szigorítás)
- b) részleges cserélhetőség módszere (**tűrésszűkítés**, -csökkentés vagy -szigorítás) és mind teljes, mind pedig részleges cserélhetőségi szinten

Tűrésbiztosítási mód szerinti csoportosításban végezhetünk továbbá

- c) utólagos illesztést megmunkálással (**kompenzálás**)
- d) utólagos illesztést mozgó vagy fix kompenzátor tagokkal (**beszabályozás**)
avagy
- e) válogató **párosítást**

Teljes cserélhetőség

A teljes cserélhetőséget az jellemzi, hogy a **zárótag túrését** a lánctagok túrései **selejtmentesen**, minden további szerelés közbeni külön beavatkozás (válogatás, igazítás) nélkül **biztosítják**.

Előnye:

- egyszerű szerelés, betanított munkások is végezhetik,
- a műveletekre szabatos norma adható,
- egyszerűsödik a tartalékalkatrész-gyártás.

Hátránya:

- drága alkatrészgyártás (pl. a túlerőltetett túrésszűkítés miatt)
- gazdaságtalan túrés kihasználtság; az esetek túlnyomó többségében az előírtnál jóval szigorúbb illesztést eredményez.

Alkalmazás:

- **kevés tagú méretlánc** (furat-csap illesztés),
- **többtagú** méretlánc esetén a **tömeggyártásban** fordul még elő, mikor a különleges gyártóeszközök alkalmazásával a **fokozott pontosságú** alkatrészek előállítása gazdaságos lehet (pl. gépkocsi hajtóműgyártás)

Részleges cserélhetőség

A részleges cserélhetőség módszerét alkalmazva a válogatás nélkül összeszerelt alkatrészek **nem biztosítják minden esetben a zárótag előírt tűrését**, megjelenik a selejt.

Előnye

- a teljes cserélhetőség módszernél írtak és
- jobb tűrés kihasználtság

Hátránya

- selejtszűrés szükséges
- az alkatrészgyártás még mindig költséges lehet

Alkalmazás:

- többtagú méretlanc
- nagysorozat illetve tömeggyártás

Utólagos illesztés

- A módszer alkalmazásának alapja, hogy a lánctagok előírt **tűrése nagyobb, mint teljes cserélhetőségnél.**
- Az egyik lánctag **szerelés közbeni megmunkálásával** biztosítjuk a zárótag tűrését.
- Kompenzátor tag, kompenzációs érték
- **Egyszerű alkatrészt** kell választani
- **Egyedi gyártás**
- A szerelés során **megmunkálás szükséges**

Utólagos illesztés

Lépései:

- 1) Illesztő tag kiválasztása
- 2) Illesztő tag szerelési **méretének módosítása** (a nem illeszthető selejt kívánt mértékű lecsökkentése érdekében)
- 3) Folyamat közbeni mérés tervezése (illesztési program összeállítása)
- 4) Illesztés

Alkalmazás

- egyedi vagy kis- esetleg nagysorozat

Előnye:

- az alkatrészek gazdaságosan gyárthatók.

Hátránya:

- a munkatöbblet szereléskor

Beszabályozás (kompenzálás)

- A módszer alkalmazásának alapja, hogy a lánctagok előírt **tűrése nagyobb, mint teljes cserélhetőségnél.**
- A **zárótag pontosságát** az egyik lánctag **szerelés közbeni cseréjével** vagy **állításával** azaz kompenzációval **biztosítjuk**
- A méret változtatásával: **mozgó kompenzátor**
- A megfelelő méretű alkatrész beszerelésével: **álló kompenzátor**

Beszabályozás (kompenzálás)

Előnye:

- a méretlánc zárótagjának tetszőleges pontossága elérhető valamennyi tag **gazdaságos tűrése** mellett
- a **selejtmentesség** nem túl nagy költséggel elérhető
- a szerelési **idő kevésbé ingadozik**,
- a **zárótag pontosságát** a kompenzátor cseréjével vagy utánállításával folyamatosan fenntartjuk.

Hátránya:

- általában **növekszik a tagok száma**.
- a **válogatás** jelentősen **drágíthatja** a szerelést

Beszabályozás (kompenzálás) példa

M1=60
T3=0,4

T1=0,6

M2=10

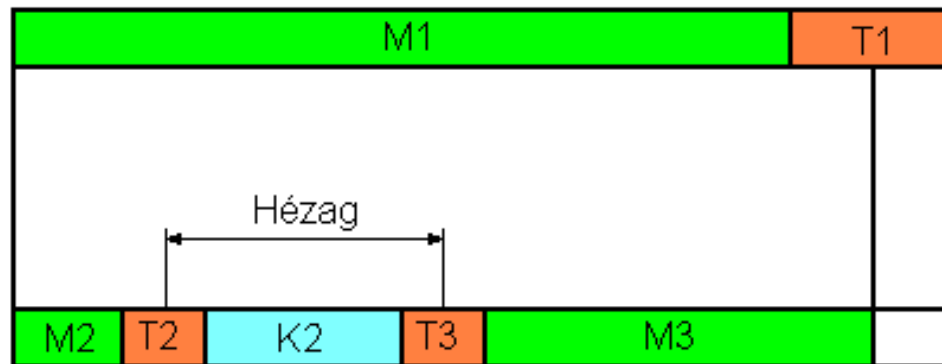
T2=0,2

M3=48

Megengedett hézag: Min=0,4 Max=0,8

Számított Hézag: Min=1,4 Max=2,6

Kompenzátor sorozat: K1=1 K2=1,4 K3=1,8



Válogató párosítás

Nagy tűréssel gyártjuk az alkatrészeket, majd **csoportokba soroljuk** azokat és a **zárótag tűrésének megfelelően válogatjuk** a szereléshez.

- Kis zárótag tűrés és **kevés (2-3) lánctag esetén** alkalmazható.
- Tipikus példa: **csapágy gyártás**

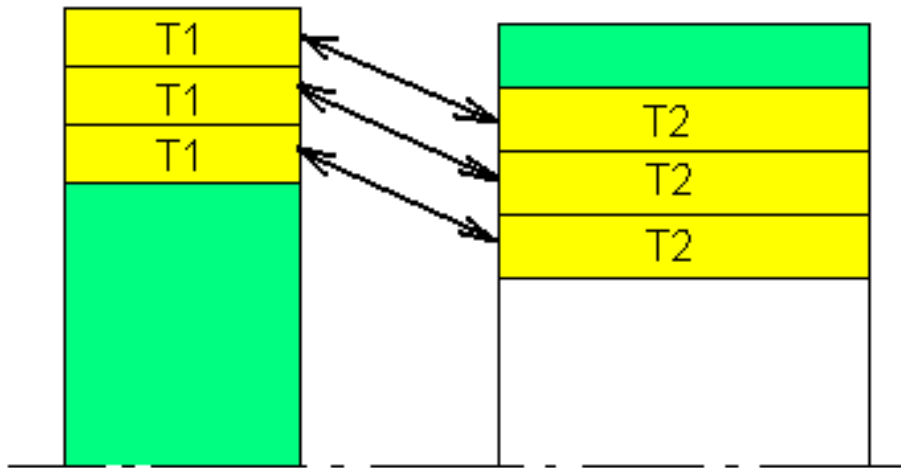
Előnye:

- **csökken** az alkatrész **megmunkálási ideje**
- a válogatott szerelési egységek alkalmas megválasztásával **mindig alkalmazható**

Hátránya:

- ellenőrzés, válogatási idő és költség
- nem azonos tűrésmező szélességek,
- méreteloszlás esetén nehezen alkalmazható
- fokozott hibalehetőség illetve felügyelet

Példa: csap és furat illesztése



1. Tűrésmező növelése
(3x, 4x, 5x....)
2. Válogatás (eredeti
tűrésmező)
3. Párosítás

A módszerek alkalmazása a szerelés tömegességének függvényében:

Egyedi gyártás:

- a) és teljes cserélhetőségi szintű c) esetleg d)

Kis sorozat:

- a) és teljes cserélhetőségi szintű c) d)

Közép sorozat:

- a) és teljes cserélhetőségi szintű c) d) e)

Nagy sorozat:

- b) és teljes/részleges cserélhetőségi szintű c) d) e)

Tömeggyártás:

- b) és részleges cserélhetőségi szintű c) d) e)
és esetleg teljes cserélhetőségi szintű d) e)

A módszerek alkalmazása a szerelvény alkotóelemeinek számától függően

Kis elemszám:

- a) és teljes cserélhetőségi szintű e)

Közepes elemszám:

- a) és teljes cserélhetőségi szintű c) d) esetleg e)

Nagy elemszám:

- b) és teljes/részleges cserélhetőségi szintű c) d)

Tűrészűkítés módszerek

- A lánctagok tűréseit úgy határozzuk meg, hogy a **zárótag tűrését selejt nélkül** (vagy előre megadott selejtszinten) biztosítsák.
- A tűrészűkítés viszont éppen az elkerülendő – kisebb mértékű **tűréscsökkentés** által **új erőforrásokat** igényelhet.
- Ezért a módszerek kiterjesztése **részleges cserélhetőségi** szintre **gazdaságossági** szempontból is célszerű.

Az utólagos illesztés módszerek

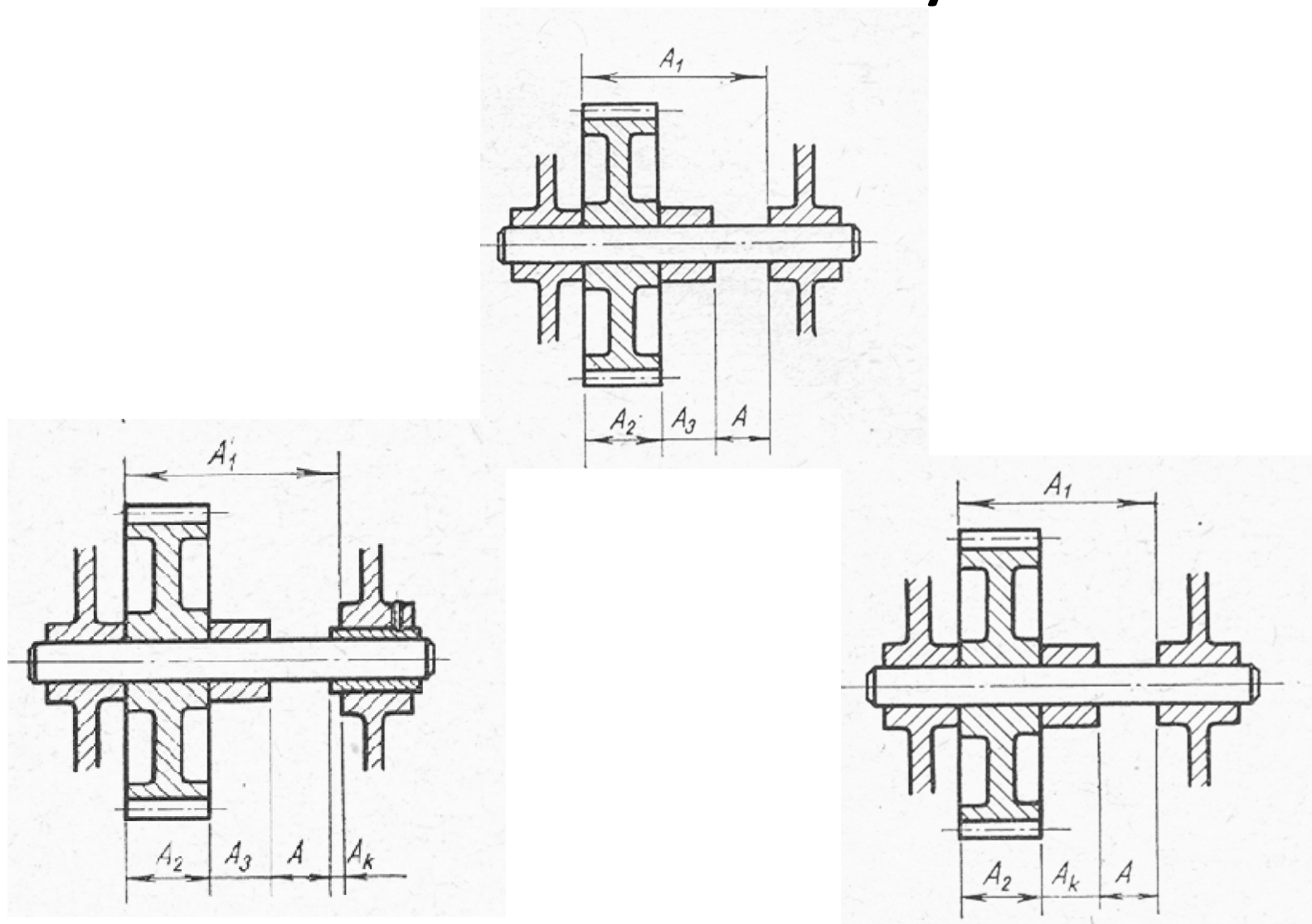
Az **előírt tűrést** e módszer esetén a szerelvény **egy előre kiválasztott tagjának méretmódosításával**, avagy megfelelő méretű taggal történő helyettesítésével, kiegészítésével, azaz **méretének szabályozásával biztosítjuk**.

A **módszer alkalmazása** a szerelvény, de legalábbis az **illesztő tag** konstrukciós **áttervezésével**, újabb szerelési műveletek kidolgozásával, beiktatásával **jár**.

A **tűrésszűkítés költségvonzatait** tehát e módszerrel **elkerülhetjük**, viszont a konstrukció illetve a **szerelési folyamat** változásainak, bővítésének közvetlen és közvetett **kiadásai** jelentősen **növelhetik a szerelési költségeket**.

Az utólagos illesztés tehát az **egyedi megoldások** tipikus módszere.

Példák a beszábályozásra



A válogató párosítás módszerek

Nem követelik meg feltétlenül a **tűrések szűkítését**, nem feltétlenül járnak **konstrukciós változással** sem.

E módszerek két „illeszkedő” szerelési egység ezen előre kialakított méretosztályainak **szerelés közbeni párosításával** biztosítják az előírt zárótag méretet és tűrést.

A párosítás ezáltal **csupán akkor követeli meg a tűrésszűkítést**, ha a válogatott **pár eredeti tűrésszélessége** olyannyira **eltérő**, hogy a **zárótag mérete nem** lesz az ellenpárok választásával **beállítható**.

E módszerek általában a szerelési folyamat eszközöltségeit illetve **előkészítési, karbantartási és minőségbiztosítási költségeit növelik** jelentősen, mely költségek viszont magasabb sorozatszám, folyamatos vagy tömeggyártási viszonyok között elenyészőkké válhatnak.

A párosítás tehát a **tömeggyártás** módszere.

Összefoglaló kérdések

- Ismertesse a 6σ módszer lényegét, szórás számítási módját!
- Ismertesse meg a teljes cserélhetőség méretlánc megoldási módszer fő jellemzőit, előnyeit, hátrányait, alkalmazási területét!
- Ismertesse a részleges cserélhetőség méretlánc megoldási módszer fő jellemzőit, előnyeit, hátrányait, alkalmazási területét!
- Ismertesse az utólagos illesztés méretlánc megoldási módszer fő jellemzőit, előnyeit, hátrányait, alkalmazási területét!
- Ismertesse a beszabályozás (kompenzálás) méretlánc megoldási módszer fő jellemzőit, előnyeit, hátrányait, alkalmazási területét!
- Ismertesse a válogató párosítás méretlánc megoldási módszer fő jellemzőit, előnyeit, hátrányait, alkalmazási területét!