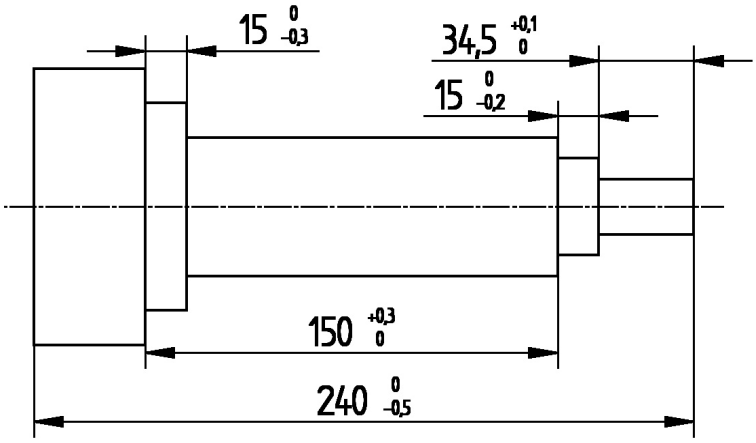
# Méretlánc átrendezés a gyakorlatban

(Készítette: Andó Mátyás, a számonkérés az előadás és a gyakorlat anyagára is kiterjed.)

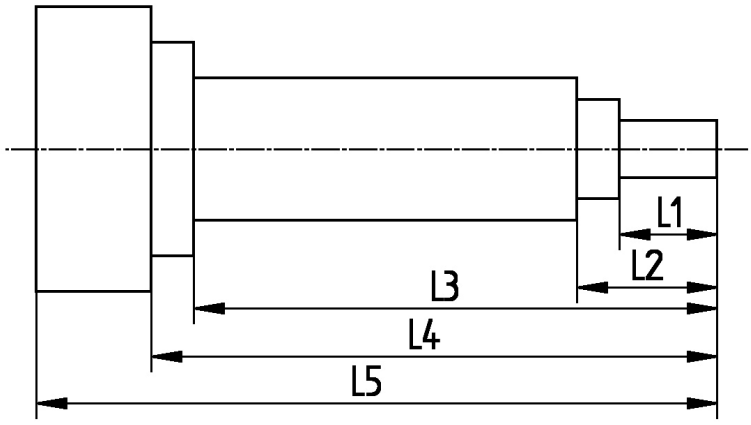
## 1. CNC gépen történő megmunkálás esetén

A CNC szerszámgépek működéséből adódóan az alkatrészek programozását egy adott koordinátarendszerben végezzük. Ez azt jelenti, hogy például esztergálásnál a munkadarab egyik végén van a koordinátarendszer nullpontja. A megrendelő által küldött rajzokon, azonban nem mindig ehhez a felülethez veszik fel a méreteket. Ha átrendezzük a mérethálót, akkor könnyebb a programozás, a gyártás és az ellenőrzés is.

1. példa: Esztergált darab méretháló átrendezése
Eredeti rajz:




Az új könnyebb gyárthatóságot segítő rajz elvi felépítése




a, Rajzról leolvasható méretek: $L1 = 34{,}5^{+0,1}_{-0}$; $L5 = 240^{+0}_{-0,5}$.

b, L2 meghatározásánál felhasználható az L1- és a $15^{+0}_{-0,2}$ méret. A gyártás folyamán alapvető cél, hogy a rajzon megadott $15^{+0}_{-0,2}$ méret adódjon ki. Tehát:

Kiadandó méret: $15^{+0}_{-0,2}$

Növelő tag: L2
Csökkentő tag: L1

$15 = L2_{max} - L1_{min} \rightarrow L2_{max} = 15 + L1_{min} = 15 + 34{,}5 = 49{,}5$

$14{,}8 = L2_{min} - L1_{max} \rightarrow L2_{min} = 14{,}8 + L1_{max} = 14{,}8 + 34{,}6 = 49{,}4$

Megoldás: $L2 = 49{,}5^{+0}_{-0{,}1} = 49{,}45 \pm 0{,}05$

c, L4 meghatározása (2 tag) egyszerűbb, mint az L3 meghatározása (3 tag). L4 meghatározásnál felhasználható az L2- és a $150^{+0{,}3}_{-0}$ méret. A gyártás során a $150^{+0{,}3}_{-0}$-es méret kiadódása a cél.

Kiadandó méret: $150^{+0{,}3}_{-0}$

Növelő tag: L4

Csökkentő tag: L2

$150{,}3 = L4_{max} - L2_{min} \rightarrow L4_{max} = 150{,}3 + L2_{min} = 150{,}3 + 49{,}4 = 199{,}7$

$150 = L4_{min} - L2_{max} \rightarrow L4_{min} = 150 + L2_{max} = 150 + 49{,}5 = 199{,}5$

Megoldás: $L4 = 199{,}5^{+0{,}2}_{-0} = 199{,}6 \pm 0{,}1$

d, L3 meghatározása most már meghatározható 2 tagból: L4-ből és $15^{+0}_{-0{,}3}$-ból.

Kiadandó méret: $15^{+0}_{-0{,}3}$

Növelő tag: L4

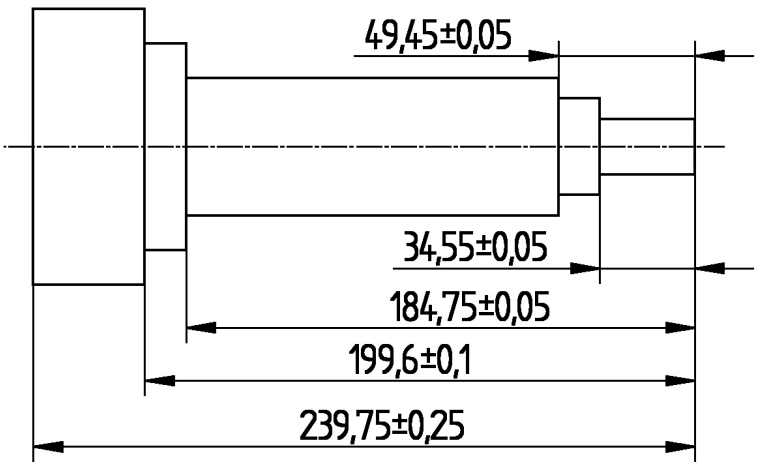
Csökkentő tag: L3

$15 = L4_{max} - L3_{min} \rightarrow L3_{min} = L4_{max} - 15 = 199{,}7 - 15 = 184{,}7$

$14{,}7 = L4_{min} - L3_{max} \rightarrow L3_{max} = L4_{min} - 14{,}7 = 199{,}5 - 14{,}7 = 184{,}8$

Megoldás: $L3 = 184{,}5^{+0{,}3}_{+0{,}2} = 184{,}75 \pm 0{,}05$

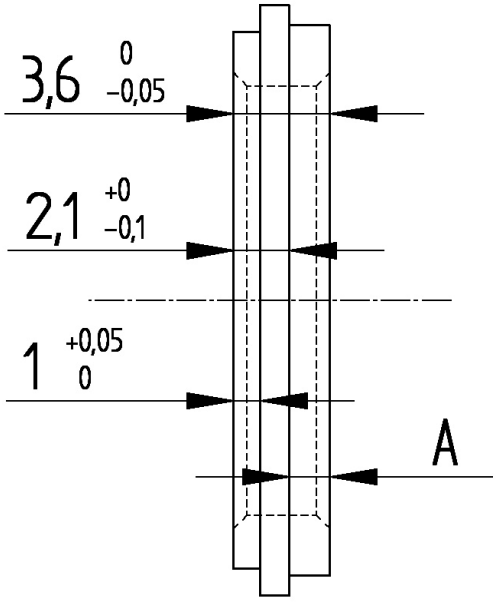
e, Az új rajz szimmetrikus tűrésmezőkkel, mely könnyebb programozást, gyártást és ellenőrzést tesz lehetővé.



## 2. Ellenőrzési (méréstechnikai) okok miatti méretlánc átrendezés

Az alkatrészek többségét általában nem tudják az első műveletben készre munkálni. Előfordulhat, hogy a bázisok helyes megválasztása esetén is vannak az egyes műveletekben olyan méretmegadások, melyek nem ellenőrizhetőek (mérhetőek) könnyen. Az egyes műveleteket érdemes tehát méretlánc átrendezéssel is előkészíteni, hogy a gépkezelők könnyebben ellenőrizhessék a munkájukat. Mérlegelni kell azonban, hogy milyen darabszám felett érdemes a méretlánc átrendezésével foglalkozni.

2. példa: A következő darab egy felfogásban készül el CNC esztergagépen. Az eredeti méretezés egy felületről indul ki, ami programozás szempontjából előnyős. A gyártás során, azonban $2{,}1^{0}_{-0{,}1}$ -es méretet nem lehet tolómérővel ellenőrizni. Meg kell határozni az A méretet, hogy a gyártásközi ellenőrzés lehetséges legyen.




Kiadandó méret: $2{,}1^{0}_{-0{,}1}$

Növelő tag: $3{,}6^{0}_{-0{,}05}$

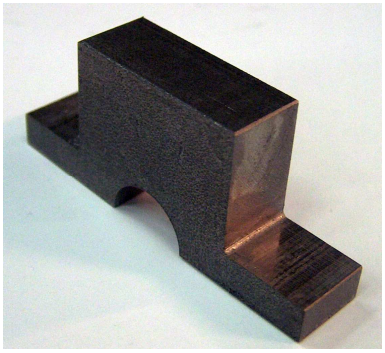
Csökkentő tag: A

$2{,}1 = 3{,}6 - A_{\min} \rightarrow A_{\min} = 3{,}6 - 2{,}1 = 1{,}5$

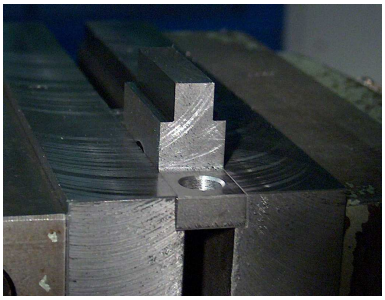
$2 = 3{,}55 - A_{\max} \rightarrow A_{\max} = 3{,}55 - 2 = 1{,}55$

$A = 1{,}5^{+0{,}05}_{0}$

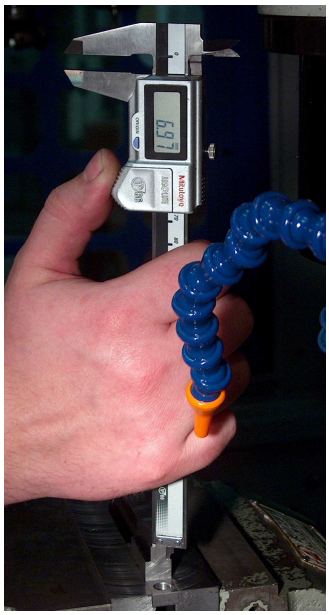
3. példa: Vállal rendelkező alkatrész gyártása



1. ábra. Alkatrész állapota a művelet előtt.



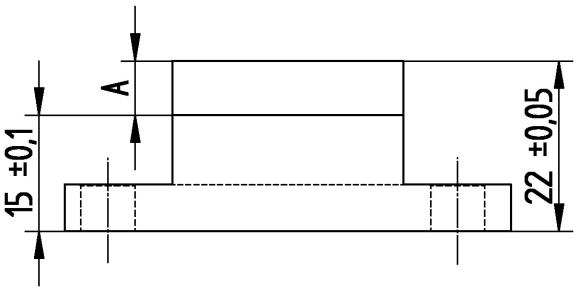
2. ábra. Alkatrész a művelet után



3. ábra. Megmunkálás közbeni ellenőrzés

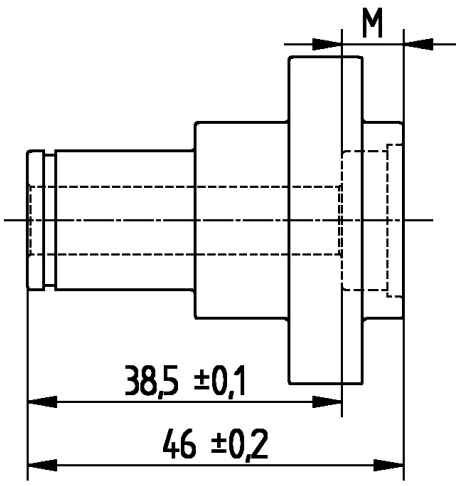
Az előgyártmány teljes magassága a műveletben nem változik, mert az az előző felfogásban készült el. A művelet során két váll alakul ki.

Kiadandó méret: $15 \pm 0{,}1$
Növelő tag: $22 \pm 0{,}05$
Csökkentő tag: A
$15{,}1 = 22{,}05 - A_{min} \rightarrow A_{min} = 22{,}05 - 15{,}1 = 6{,}95$
$14{,}9 = 21{,}95 - A_{max} \rightarrow A_{max} = 21{,}95 - 14{,}9 = 7{,}05$
$A = 7 \pm 0{,}05$




4. példa: Esztergált munkadarab második felfogásában elkészült felületének ellenőrzése

4. ábra. Esztergált darab méretének ellenőrzése




5. ábra. Darab jellemző méretei

Az első műveletben elkészül a darab végleges hossza (leszúrással). A második művelet során kialakul a furat süllyesztése, a könnyebb ellenőrizhetőség miatt szükséges az M méret meghatározása. Ebben az esetben is a rajzon megadott eredeti méretnek kell kiadódnia.
Kiadandó méret: $38{,}5 \pm 0{,}1$
Növelő tag: $46 \pm 0{,}2$
Csökkentő tag: M
$38{,}6 = 46{,}2 - M_{min} \rightarrow M_{min} = 46{,}2 - 38{,}6 = 7{,}6$
$38{,}4 = 45{,}8 - M_{max} \rightarrow M_{max} = 45{,}8 - 38{,}4 = 7{,}4$
Azonban: $M_{min} = 7{,}6 \rangle 7{,}4 = M_{max}$, ez tipikus jele a technológiai szigorítás szükségességének.

A technológiai szigorítás mértékének meghatározása:
A kiadandó méret tűrésmezejének nagyobbnak kell lenni, mint a másik két (vagy több) méret tűrésmezejének (megfelelő) összegénél. Csak ebben az esetben biztosítható, hogy a két méret elkészülte után a kiadandó méret az eredetileg megadott tűrésmezőbe essen. Most a kiadandó méret tűrésmezeje 0,2 mm, ezt a mezőt oszthatjuk szét a másik két méret között. Legyen a teljes hossz $46 \pm 0{,}05$ ez 0,1 mm tűrésmező nagyság (ekkor az M méretre még 0,1 mm tűrésmező nagyság juthat).

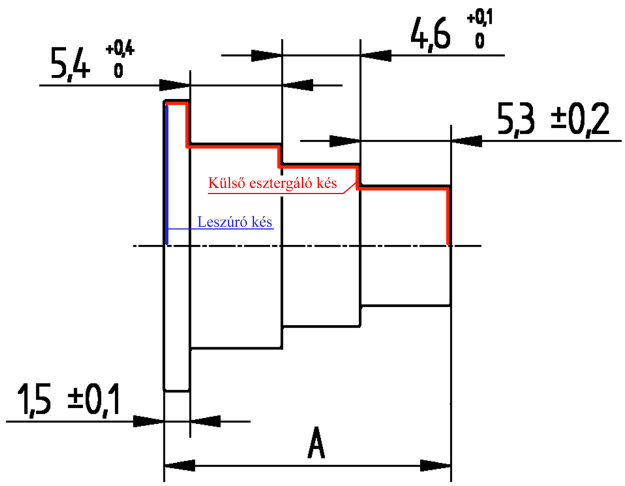
Ellenőrzés méretlánc átrendezéssel:
Kiadandó méret: $38{,}5 \pm 0{,}1$
Növelő tag: $46 \pm 0{,}05$ (szigorított tűrés)
Csökkentő tag: M

$$38{,}6 = 46{,}05 - M_{\min} \rightarrow M_{\min} = 46{,}05 - 38{,}6 = 7{,}45$$

$$38{,}4 = 45{,}95 - M_{\max} \rightarrow M_{\max} = 45{,}95 - 38{,}4 = 7{,}55$$

Megoldás: $7{,}5 \pm 0{,}05$, azaz a tűrésmező nagysága 0,1 mm.
[Érvényesült, hogy a méretlánc tagok tűrésmező nagyságaiknak összege megegyezik a kiadandó méret tűrésmezejének nagyságával (0,1+0,1=0,2).]

5. példa: Kisméretű szegecs sorozatgyártása




A munkadarab egy felfogásban készül el, a folyamat a következő: A rúdadagoló kitolja az anyagot, majd a pirossal jelölt felületeket egy esztergakés, a kékkel jelölt felületet pedig egy leszúrókés alakítja ki. Gyártás során felmerül a kérdés, hogy hogyan ellenőrizhető a darab (egyszerűen, gyorsan)?

Az átmérők ellenőrzéséhez elég egy átmérőz mérni, hiszen a többi átmérőt is ugyanaz a kés alakítja ki, vagyis minden átmérő ugyanazzal a hibával készül el (a szerszám kopásától függően).
A vállak mérésénél az a probléma, hogy nincsen elég nagy felület (kis lépcsők és a rajtuk lévő rádiuszok miatt) ahhoz, hogy a mélységmérőt megfelelően használhassuk.

A teljes hossz könnyen mérhető, ezért határozzuk meg az „A” méretet. Az „A” méretnél hibaként jelentkezhet, hogy a rúdadagoló nem eléggé tolja ki a rúdanyagot (5,3±0,2), vagy a két kés egymáshoz viszonyított helyzete megváltozik (1,5±0,1). A középső két váll ($5{,}4_0^{+0{,}4}$ és $4{,}6_0^{+0{,}1}$) gyakorlatilag hiba nélkül készül el, hiszen a kapcsolódó felületeket ugyanaz a kés alakítja ki (kopott szerszám esetén is 0,01 mm alatti hibák valószínűek).

a, Hagyományos méretlánc átrendezés:
Kiadandó méret: $1{,}5 \pm 0{,}1$ (két hibalehetőség közül ennek szigorúbb a tűrése)
Növelő tag: A
Csökkentő tagok: $5{,}4_0^{+0{,}4}$, $4{,}6_0^{+0{,}1}$, $5{,}3 \pm 0{,}2$

$$1{,}6 = A_{\max} - [(5{,}4 - 0) + (4{,}6 - 0) + (5{,}3 - 0{,}2)] \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\max} = 1{,}6 + (5{,}4 - 0) + (4{,}6 - 0) + (5{,}3 - 0{,}2) = 16{,}7$$

$$1{,}4 = A_{\min} - [(5{,}4 + 0{,}4) + (4{,}6 + 0{,}1) + (5{,}3 + 0{,}2)] \rightarrow$$

$$\rightarrow A_{\min} = 1{,}4 + (5{,}4 + 0{,}4) + (4{,}6 + 0{,}1) + (5{,}3 + 0{,}2) = 17{,}4$$

$A_{\min} \rangle A_{\max}$, vagyis tűrésmezőt kell szigorítani. Ekkor a következő kérdés merül fel: mely tőrések szigoríthatóak úgy, hogy ne okozzon gyártásbeli nehézségét. Megoldás: b.

b, Méretlánc átrendezés, középső vállak hiba nélküli elkészítése esetén:
Kiadandó méret: $1{,}5 \pm 0{,}1$ (két hibalehetőség közül ennek szigorúbb a tűrése)
Növelő tag: A
Csökkentő tagok: 5,6±0, 4,65±0, $5{,}3 \pm 0{,}2$ (középső két lépcső gyakorlatilag hiba nélkül készíthető el)

$$1{,}6 = A_{max} - [(5{,}6 - 0) + (4{,}65 - 0) + (5{,}3 - 0{,}2)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{max} = 1{,}6 + (5{,}6 - 0) + (4{,}65 - 0) + (5{,}3 - 0{,}2) = 16{,}95$$
$$1{,}4 = A_{min} - [(5{,}6 + 0) + (4{,}65 + 0) + (5{,}3 + 0{,}2)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{min} = 1{,}4 + (5{,}6 + 0) + (4{,}65 + 0) + (5{,}3 + 0{,}2) = 17{,}15$$

$A_{min} \rangle A_{max}$, vagyis még jobban szigorítani kell a tűréseket. Már csak a $5{,}3 \pm 0{,}2$ méretet lehet szigorítani, mivel tudjuk, hogy a kiadandó méret tűrésmezeje 0,2 mm nagyságú, ezt a nagyságot két egyenlő részre osztjuk, így az 5,3-mas névleges méret tűrésmezeje ±0,05 mm.
Ellenőrzés:
Kiadandó méret: $1{,}5 \pm 0{,}1$ (két hibalehetőség közül ennek szigorúbb a tűrése)
Növelő tag: A
Csökkentő tagok: 5,6±0, 4,65±0, $5{,}3 \pm 0{,}05$ (középső két lépcső gyakorlatilag hiba nélkül készíthető el)

$$1{,}6 = A_{max} - [(5{,}6 - 0) + (4{,}65 - 0) + (5{,}3 - 0{,}05)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{max} = 1{,}6 + (5{,}6 - 0) + (4{,}65 - 0) + (5{,}3 - 0{,}05) = 17{,}1$$
$$1{,}4 = A_{min} - [(5{,}6 + 0) + (4{,}65 + 0) + (5{,}3 + 0{,}05)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{min} = 1{,}4 + (5{,}6 + 0) + (4{,}65 + 0) + (5{,}3 + 0{,}05) = 17$$

$A = 17{,}05 \pm 0{,}05$
Ellenőrzéskor tehát mérni kell a teljes hosszt és az első 5,3-as vállat. Mindkettőt ±0,05 százados pontossággal kell legyártani és ellenőrizni ahhoz, hogy biztosak legyünk abban, hogy az alkatrész nem selejtes.

c, Hagyományos méretlánc átrendezés:
Kiadandó méret: $5{,}3 \pm 0{,}2$ (két hibalehetőség közül ennek nagyobb a tűrésmezeje)
Növelő tag: A
Csökkentő tagok: $5{,}4_0^{+0{,}4}$, $4{,}6_0^{+0{,}1}$, $1{,}5 \pm 0{,}1$

$$5{,}5 = A_{max} - [(5{,}4 - 0) + (4{,}6 - 0) + (1{,}5 - 0{,}1)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{max} = 5{,}5 + (5{,}4 - 0) + (4{,}6 - 0) + (1{,}5 - 0{,}1) = 16{,}9$$
$$5{,}1 = A_{min} - [(5{,}4 + 0{,}4) + (4{,}6 + 0{,}1) + (1{,}5 + 0{,}1)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{min} = 5{,}1 + (5{,}4 + 0{,}4) + (4{,}6 + 0{,}1) + (1{,}5 + 0{,}1) = 17{,}2$$

$A_{min} \rangle A_{max}$, vagyis tűrésmezőt kell szigorítani. Megoldás: d.

d, Méretlánc átrendezés, középső vállak hiba nélküli elkészítése esetén:
Kiadandó méret: $5{,}3 \pm 0{,}2$ (két hibalehetőség közül ennek nagyobb a tűrésmezeje)
Növelő tag: A
Csökkentő tagok: 5,6±0, 4,65±0, $1{,}5 \pm 0{,}1$ (középső két lépcső gyakorlatilag hiba nélkül készíthető el)

$$5{,}5 = A_{max} - [(5{,}6 - 0) + (4{,}65 - 0) + (1{,}5 - 0{,}1)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{max} = 5{,}5 + (5{,}6 - 0) + (4{,}65 - 0) + (1{,}5 - 0{,}1) = 17{,}15$$

$$5{,}1 = A_{min} - [(5{,}6 + 0) + (4{,}65 + 0) + (1{,}5 + 0{,}1)] \rightarrow$$
$$\rightarrow A_{min} = 5{,}1 + (5{,}6 + 0) + (4{,}65 + 0) + (1{,}5 + 0{,}1) = 16{,}95$$
$$A = 17{,}05 \pm 0{,}1$$

Ebben az esetben ellenőrizni kell a teljes hosszt és a 1,5-ös vállat. Mindkettőt ±0,1 tizedes pontossággal kell legyártani és ellenőrizni ahhoz, hogy biztosak legyünk abban, hogy az alkatrész nem selejtes.

*Feladat összefoglalása*:
Valós gyártási folyamat során a minél gyorsabb ellenőrzés alapvető fontosságú. A megfelelő gyártáselőkészítés nem csak a megmunkáló program megírásából, hanem a mérési feladatok meghatározásából is áll. A előkészítés során mérlegelnünk kell, hogy melyik méreteket szükséges és melyikeket tudjuk mérni. Ha a két csoport nem azonos, akkor át kell számítani a méretláncot. A b és d részben láthattuk, hogy attól függően, hogy a teljes hossz mellett még melyik méretet tudjuk ellenőrizni, attól függően a tűrésmezők nagysága is változhat, ami közvetlen hatással van a gyártási költségekre.

## 3. Selejté minősítés

Ha a méretlánc átrendezés tűrésmező szigorítással járt és a szigorított mérteknek nem felel meg a gyártmány, akkor nem biztos, hogy az alkatrész selejtes. Ha a 4. példában a munkadarabot más méréstechnikával ellenőrzünk (pl. mérőgéppel), akkor mérhető az eredeti méret (38,5) és ekkor az eredeti tűrésmező vonatkozik rá (illetve a többi méretre is). Ne felejtsük el, hogy ezekben az esetekben, azért számoltuk át a méreteket, hogy egyszerűbben, olcsóbban tudjuk ellenőrizni a darabokat. Általában érdemes ezért az olcsóbb méréstechnikával kiszűrni a selejt gyanús alkatrészeket. Majd ezek után mérlegelni, hogy érdemes-e drágább módszerekkel tovább ellenőrizni a kiszűrt darabokat, vagy gazdaságosabb az összest selejtnek minősíteni.

6. ábra. Méretellenőrzés

A 5. példa esetében szintén van lehetőség a hosszmérés után a darabot esetlegesen még jónak minősíteni más méréstechnikával. Az 5,3-as méret ellenőrzésekor megállapítjuk a méret hibáját (6. ábra). Ha az 5,3-as méret benne van az eredeti tűrésmezőbe és feltételezzük, hogy a középső két váll hiba nélkül készül el akkor a következő méreteket ellenőrizhetjük: 1. 1,5 mm-es vállat az eredeti ±0,1 tűrésmezővel, 2. a teljes hosszt szintén ±0,1 tűrésmezővel.

*Ha a méretlánc átrendezés nem járt szigorítással (2. példa) és az átrendezet új mérettel selejtesnek minősítetjük a darabot, akkor az eredeti méret mérése esetén sem fogjuk tudni jónak minősíteni azt.*

Budapest, 2010.01.02.

Készítette: Andó Mátyás