

## Esettanulmány 1

A Werth HV-500 CT mérőgép kiterjesztett mérési bizonytalanságának meghatározása ISO/TS 15530-3:2004 szerint. (Kivonat egy a cégünknel készült diplomamunkából)

A mérési eredményekből az ISO/TS 15530-3:2004 szabvány szerint számolom ki a CT berendezés mérési bizonytalanságát. A mérési bizonytalanság a következő összefüggéssel számolható:

$$U = k \cdot \sqrt{u_{cal}^2 + u_p^2 + u_b^2 + u_w^2}$$

ahol:  $U$  a kiterjesztett mérési bizonytalanság,

$k$  a kiterjesztési tényező,

$u_{cal}$  a mért munkadarab kalibrálásának (referenciamérésének) a bizonytalansága,

$u_p$  a mérésekből származó bizonytalanság,

$u_b$  a szisztematikus hibákból származó bizonytalanság,

$u_w$  a mért darab anyagából és gyártásából származó bizonytalanság.

A kiterjesztési tényező értéke 2, ez az érték a 95%-os lefedettséghez tartozik, a szabvány a 2-es kiterjesztési tényező értéket javasolja. Az mért darab kalibrálásából származó bizonytalanságot a kalibrálási jegyzőkönyvből tudhatjuk meg. A mérésekből származó bizonytalanságot a következőképpen számíthatjuk:

$$u_p = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

ahol:  $n$  a mérések száma,

$y$  a mért jellemző értéke [mm],

$\bar{y}$  a mért jellemzők átlaga [mm].

A szisztematikus hibákból származó bizonytalanságba beletartozik a rendszeres hiba és a hőtágulásból és a hőtágulási együttható bizonytalanságából származó bizonytalanság. A rendszeres hibát a szabvány megengedi, hogy elhagyjuk, amennyiben nem kívánjuk a hatását figyelembe venni, így az  $u_b$  számítása:

$$u_b = (T - 20^\circ\text{C}) \cdot u_\alpha \cdot l$$

ahol:  $T$  a mérés középhőmérséklete [ $^\circ\text{C}$ ],

$u_\alpha$  a mért darab anyagának lineáris hőtágulási együtthatójának a bizonytalansága,

$l$  a mért darab hossza [mm].

A mért darab anyagából és gyártásából származó bizonytalanságot ( $u_w$ ) a következőképpen számolhatjuk:

$$u_w = \sqrt{u_{wt}^2 + u_{wp}^2}$$

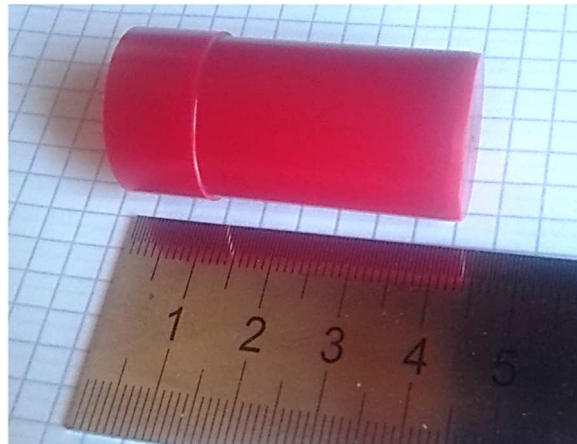
ahol:  $u_{wt}$  a darab hőtágulásából származó bizonytalanság,

$u_{wp}$  a mért darab gyártásából származó bizonytalanság (kalibrált darab esetén vagy olyan

esetben, ahol nem szignifikáns a hatása, el kell hagyni nem kalibrált darab esetén, vagy ha nagy a gyártási bizonytalanság, akkor az értékét a szabványban leírt módszerrel lehet meghatározni).

$$u_{wt} = (T - 20^{\circ}\text{C}) \cdot u_{\alpha} \cdot l$$

A Werth HV-500 CT mérőgép kiterjesztett mérési bizonytalanságát egy esztergált POM (polioximetilén) anyagú csap ismétlőméréséből határoztam meg. A CT mérőgépre megengedett MPE (Maximum Permitted Error) 0,0045 mm a katalógus adatok szerint. A csap az 1. ábrán látható. A csap CNC esztergán készült, névleges átmérője 20 mm.



1. ábra Az esztergált POM csap

A vizsgálat visszavezettségét úgy biztosítottam, hogy egy CNC koordináta mérőgépen megmértem a csap hengerességét és az átmérőjét, a méréseket háromszor ismétlem és a referenciaértéknek a mérések átlagát tekintetem. A referenciamérések mérési elrendezése a 2. ábrán látható.

A mérések során az ideális hengert 72 mért pontra, LS (Gauss, legkisebb négyzetes eltérések módszere) és MC (legkisebb burkolóelem) illesztési módszerrel illeszttem. A kiértékelés során mindkét illesztési módszerből származó eredményeket felhasználtam.



2. ábra A referenciamérések mérési elrendezése

A CT-vel történő méréseket háromszor ismétlem és mindkét illesztési módszerrel (LS, MC) kapott eredményeket alkalmaztam a CT mérőgép kiterjesztett mérési bizonytalanságának meghatározásánál.

A CT-s mérések mérési hibáját a referenciaérték alapján számoltam ki:

$$x_{hiba} = x_{mért} - x_{ref}$$

ahol:  $x_{hiba}$  a mérési hiba (CT-nél),

$x_{mért}$  a mért érték (CT-vel),

$x_{ref}$  a referencia érték (koordináta mérőgéppel mért).

A kiterjesztett mérési bizonytalanság meghatározása a műanyag esztergált csap mérése esetén ISO/TS 15530-3:2004 szerint:

$$U = k \cdot \sqrt{u_{cal}^2 + u_p^2 + u_b^2 + u_w^2}$$

$u_{cal} = 0,00085 \text{ mm}$  (a referenciamérésekből)

$\bar{y} = -0,00083 \text{ mm}$

$$u_{p1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 0,0046558 \text{ mm}$$

$u_{b1} = (T - 20^\circ\text{C}) \cdot u_\alpha \cdot l = (20,5 - 20) \cdot 10^{-5} \cdot 20 = 0,0001 \text{ mm}$

$u_\alpha$ : szakirodalomból, POM anyagra

$$u_{w1} = \sqrt{u_{wt}^2 + u_{wp}^2} = \sqrt{(10^{-5})^2 + 0} = 0,0001$$

$u_{wp} = 0$ , mert a munkadarab kalibrált

$u_{wt1} = (T - 20^\circ\text{C}) \cdot u_\alpha \cdot l = (20,5 - 20) \cdot 10^{-5} \cdot 20 = 0,0001$

$$U = k \cdot \sqrt{u_{cal}^2 + u_p^2 + u_b^2 + u_w^2} = 2 \cdot \sqrt{0,00085^2 + 0,00466^2 + 0,0001^2 + 0,0001^2} = 0,00948 \text{ mm}$$

Az eredmény ebben az esetben olyan mérési feladat kiterjesztett mérési bizonytalanságát mutatja, melynél kétféle illesztési módszerből származó mérési eredmények együttesen kerültek felhasználásra. Az egyes illesztési módszereknek megfelelő kiterjesztett mérési bizonytalanságok a fent közölt eredménynél kisebb értékűek.

## Esettanulmány 2

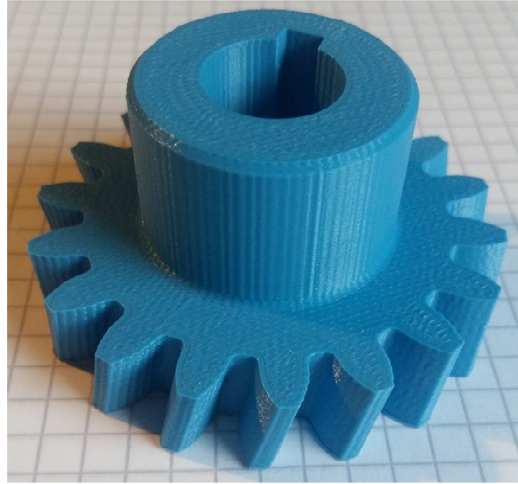
Egy Witbox 2-es 3D nyomtató pontosságának vizsgálata.

A Witbox 2-es nyomtató FDM technológiájú nyomtató. A vizsgálatnál egy ferdefogazatú fogaskerék modelljét nyomtattuk ki. A nyomtatási adatok:

- anyag: PLA (politejsav)
- rétegvastagság: 0,1 mm

- kitöltési tényező: 0,2
- nyomtatási hőmérséklet: 205 °C
- nyomtatási sebesség: 60 mm/s

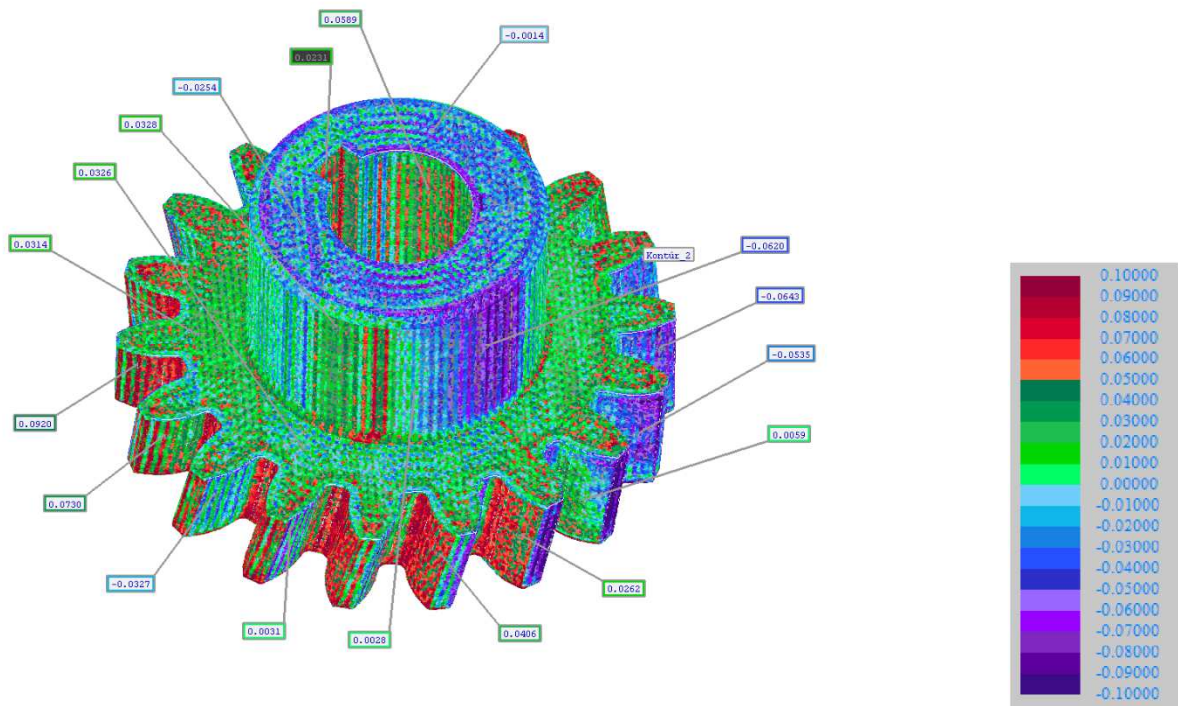
A kinyomtatott fogaskerék a 3. ábrán látható.



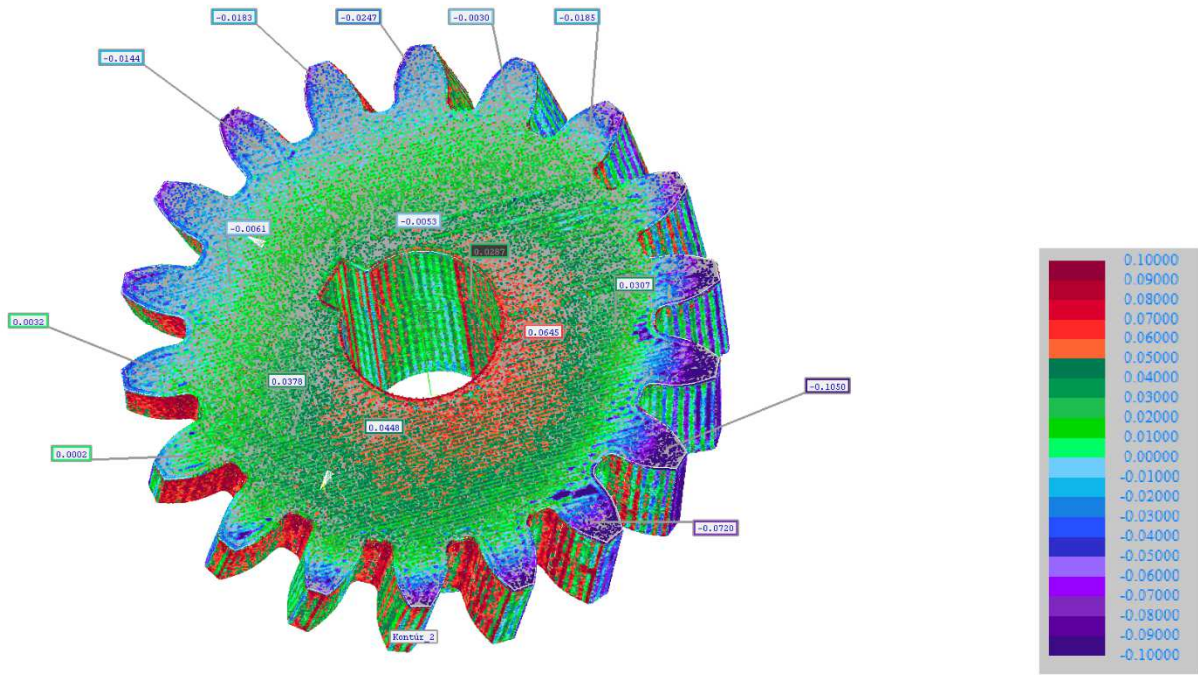
3. ábra A kinyomtatott fogaskerék

A fogaskereket beszkeneltük Werth HV-500-as CT-vel és az eredeti CAD modellre Bestfit-tel illesztettük a pontfelhőt, mely a 4. és 5. ábrán látható.

Az ábrákon látható, hogy nyomtatott darab sehol nem tér el jobban, mint 0,1 mm, az értékek jellemzően +/- 0,05 mm-es tartományban mozognak. A darab alsó síkján látható, hogy az domború, ez a hőtágulás miatt van.



4. ábra Bestfit, színskálás megjelenítéssel



5. ábra Bestfit, színskálás megjelenítéssel