



KÖRKÖRÖSSÉGMÉRŐ BERENDEZÉS SZISZTEMATIKUS HIBÁINAK VIZSGÁLATA

EXAMINATION OF SYSTEMATIC ERRORS OF A ROUNDNESS MEASUREMENT EQUIPMENT

Egyed-Faluvegi Erzsébet,¹ Karácsony-Fejér Tamás,² Jakab-Farkas László³

¹ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, yaluvegi.erzsebet@ms.sapientia.ro

² Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, karacsony.tamas@student.ms.sapientia.ro

³ Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, jflaci@ms.sapientia.ro

Abstract

The profile in the frontal section of a solid of revolution forms a perfect circle if all of its points are at an equal distance from the center line. The value of the deviation from circularity is very important and it is measured with a dedicated measuring device. This paper examines the systematic errors in a measuring device in which the measured workpiece is supported and rotated between two live centers, while a dial indicator detects the deviations. Regarding the structure, this paper proposes a model consisting of five systematic error measurements which considers the eccentricity of the live centers and the tilt of the dial indicator axis.

Keywords: roundness, systematic error, coaxiality.

Összefoglalás

A forgástest homlokmetszetében található profil tökéletes kört alkot, ha annak minden pontja egyenlő távolságra található a tengelyközépponttól. A kör alaktól való eltérés értéke igen fontos, mérése speciális mérőkészülékkel történik. Jelen dolgozat egy olyan mérőberendezés rendszeres hibáit vizsgálja, melyben a mérendő darab csúcsok közötti támasztása, illetve forgatása történik, miközben egy digitális mérőóra észleli az eltéréseket. A felépítést tekintve, a dolgozat két szisztematikus hibamérési modellt javasol, amely figyelembe veszi a kúpok egytengelyűségtől való eltérését és a digitális mérőóra tengelyének dőlését.

Kulcsszavak: kör alak, rendszeres hiba, egytengelyűség.

1. Bevezetés

A kör alak a gyártott alkatrészek leggyakrabban megjelenő geometriai formája, mely térben egy forgástestet jelent. A forgástest homlokmetszetében található kontúr tökéletes köralakot hoz létre, ha annak minden pontja egyenlő távolságra található a tengelyközépponttól.

A szabványnak megfelelően [1, 2] az effektív profil bármely tengelyre merőleges metszetben két egymással koncentrikus körön belül kell, hogy

elhelyezkedjen, melyek között a sugárirányú távolság az előírt tűrés nagysága.

A kör alaktól való eltérés sajátos esetei az ovalitás és a sokszögűség [3, 4]. A gyakorlatban megtörténhet, hogy szabad szemmel látható, hogy a vizsgált felületem nem felel meg a kör alaknak, egyszerű mérőeszközökkel nem lehet pontosan kimérni, ezért szükség volt egy olyan mérőberendezésre, mely lehetővé teszi az eltérés meghatározását.

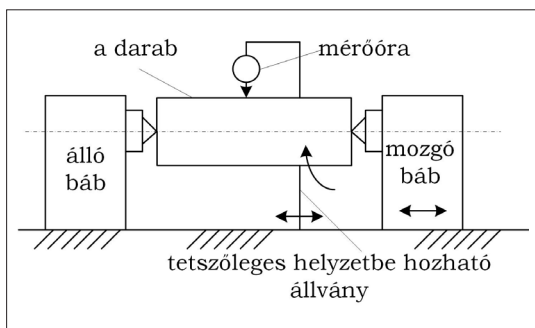
2. A körkörösségmérő felépítése

A körkörösségtől való eltérés mérésére egy olyan speciális mérőberendezés szükséges, melyel a munkadarab bármely homlokkmetszetében található profil észlelhető. Ennek mérésére két módszert különböztetnek meg [4]. Az első módszer lényege, hogy a mérendő munkadarab a mérőeszköz befogószerkezetéből adódóan vízszintesen helyezkedik el, egy vagy több pontján támaszkodik, elfordul a saját tengelye körül, és közben egy érzékelővel letapogatják. Ezt ajánlják a szerzők az [5] tanulmányban is. A másik módszer során a munkadarab egyik végén egy precíziós csapágy található, melynek tengelye megegyezik a mérendő darab tengelyével, és a munkadarab függőlegesen van elhelyezve. A két módszert megvizsgálva, összehasonlítva és figyelembe véve a költségeket az első módszert választottuk, mely során a mérendő alkatrész vízszintesen, csúcsok között helyezkedik el, és elfordul a saját tengelye körül, miközben egy mérőóra letapogatja a homlokkmetszeti profilt (1. ábra). A mérőóra állványa a tetszőleges mérési síkba hozható.

A berendezéssel lehetőség van különböző hosszúságú és átmérőjű munkadarabok mérésére, melyeket a berendezéskialakításból adódó méretek korlátoznak. A legnagyobb befogható munkadarab méretei: hossz 195 mm, átmérő 80 mm. Hátránya, hogy furatok mérésére nem alkalmas a módszer.

3. A rendszeres hibák vizsgálata

A tudományos kutatómunkában a mérési hiba nem más, mint az effektív és az ideális (névleges) érték közötti különbség. Alapvetően kétféle mérési hibát különböztetünk meg, éspedig a véletlenszerű, illetve a rendszeres hibákat. Jelen dolgozat az utóbbit vizsgálja, ezért a véletlenszerű hibákra nem tér ki.



1. ábra. A körkörösségmérő elvi vázlata

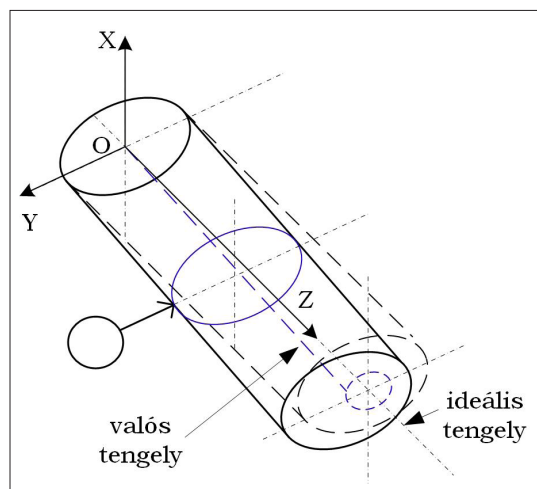
Számos próbálkozás született a profil mérés során megjelenő rendszeres hibák meghatározásával, [6–11]. [6], megfogalmazta és kidolgozta a hengerességmérés koncepcióját, melyben a mérőérzékelő elmozdulását egy prizmával oldotta meg. A [7, 8] tanulmányokban különböző átmérőjű munkadarabok körkörösségét vizsgálták a mérési pontok, a tapintógömb sugara és az excentricitás függvényében. A [9, 10] tanulmányban vizsgálta a tapintó eltolási és sugárhibájának hatását, és öt szisztematikus mérési hibával rendelkező mérési modellt javasolt. A [11] dolgozatban egy turbinatengely egytengelyűségét vizsgálta, ahol viszont hét mérési hibával rendelkező modellt javasolt.

A koncepciónak megfelelő kialakítást véve alapul, a dolgozat két rendszeres hibamérési modellt javasol, amely figyelembe veszi a csúcsok egytengelyűségtől való eltérését és a digitális mérőóra tengelyének dőlését.

3.1. A csúcsok egytengelyűségének vizsgálata

Összeszerelésből, illetve gyártásból adódóan megtörténhet, hogy a csúcsok egymáshoz képest el vannak tolódva, vagyis nem rendelkeznek közös tengellyel. A 2. ábra egy térbeli mérési vázlatot szemléltet, melyen fel van tüntetve egy kúp palástfelülete (kék). A kúpot a csúcsok ideális tengelye és a valós, közös tengely eredményezi. Bármely mérési síkban a mért profil egy ellipszist eredményez.

A csúcsok egytengelyűségének vizsgálatát két irány szerint bontjuk fel.



2. ábra. A csúcsok egytengelyűségének vizsgálata, térbeli modell

3.1.1. A csúcscok egytengelyűségének vizsgálata a vízszintes síkban

A csúcscok egymáshoz képest az OY tengely mentén el vannak tolódva egy ΔH távolsággal (3. ábra). Mivel ez a távolság egy állandó érték, mely a konstrukcióból adódik, ezért a neki megfelelő φ dőlési szög:

$$\varphi = \arctg \frac{\Delta H}{L_{\text{darab}}} \quad (1)$$

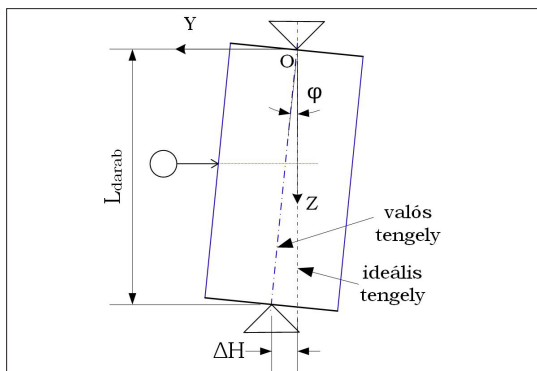
Az (1) alapján, ha állandó a ΔH , és nő a darab hossza, akkor a φ szög értéke folyamatosan csökken.

3.1.2. A csúcscok egytengelyűségének vizsgálata a függőleges síkban

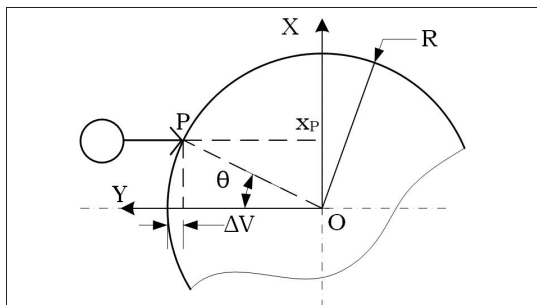
A csúcscok egymáshoz képest az OX tengely mentén vannak eltolódva egy x_p távolsággal (4. ábra). Mivel ez a távolság egy állandó érték, mely a konstrukcióból adódik, ezért a neki megfelelő θ dőlési szög:

$$\theta = \arcsin \frac{x_p}{R} \quad (2)$$

ahol R a mérendő darab sugara.



3. ábra. A csúcscok egytengelyűségének vizsgálata a vízszintes síkban



4. ábra. A csúcscok egytengelyűségének vizsgálata a függőleges síkban

Ez a függőleges eltolódás a mérőórán egy ΔV mértkülönbséget jelent:

$$\Delta V = R(1 - \cos \theta) \quad (3)$$

A (3) alapján, ha az x_p távolság állandó, és az R sugár értékét folyamatosan növeljük, akkor a ΔV értéke csökkenni fog.

3.2. A digitális mérőóra tengelyének dőlése

A mérőóra tengelyének dőlését szemlélteti az 5. ábra, melyből látható, hogy az óra tengelye a vízszintes tengelysíkkaal egy δ szöget zár be.

E dőlés miatt a mérőóra nem a valós Δy eltérést érzékeli, hanem:

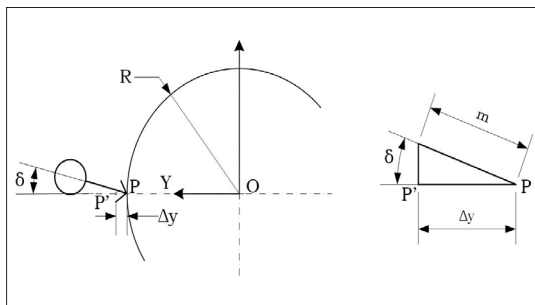
$$m = \frac{\Delta y}{\cos \delta} \quad (4)$$

Egy adott Δy eltérés esetén, ha a δ szög értéke folyamatosan nő, akkor a mérőóra által érzékelt m nagysága is folyamatosan nőni fog, de ez a növekedés nem számottevő.

3.3. A rendszeres hibák kompenzálása

Jelen fázisban a mérőberendezés tervezés, kivitelezés alatt áll. A mérőrendszer kialakítása során a mérőóra elmozdul az OZ és az OY tengelyek mentén. E két irányban történő mozgás egy-egy motor segítségével valósul meg. Mind a motor mozgatása, mind a mérőóra által észlelt adatok szoftveresen lesznek feldolgozva.

Az egytengelyűségtől való eltérés meghatározása során a csúcscok egy kétlépcsős hengerfelülettel rendelkeznek, melyeknek ismert a névleges méretük, és szigorú tűréssel vannak ellátva. Mindeik hengerfelület bármely metszeten történő le tapogatása egy-egy kört eredményez, melyeknek meg lehet határozni a középpontját. Az ugyanazon csúcson található két középpont egy tengelyt eredményez, vagyis ha az egytengelyűségtől való eltérés nem nulla, akkor a két csúcscok két különböző tengelyt fog eredményezni. E kettő közötti távolságot szoftveresen lehet meghatározni.



5. ábra. A digitális mérőóra tengelyének dőlése

A mérőóra tengelyének dőlését egy olyan darab segítségével lehet meghatározni, melyen található egy ismert Δy sugárváltozás, vagyis a profilja hasonlít egy bűtyök profiljához. Gyártásból, illetve összeszerelésből megjelenhet a $\delta \neq 0^\circ$ dőlési szög, melyet, ha 5° alatt tartunk, nem okoz számottevő változást, mivel a rendelkezésre álló digitális mérőóra (Filetta 611-343) felbontása 0,01 mm, és pontossága $\pm 0,02$ mm.

Az említett hibák szoftveresen lesznek kompenzálva.

4. Következtetések

A körköröségtől való eltérés ellenőrzése a gyakorlatban alkalmazott mérési eljárás, melyre az iparban különböző berendezések léteznek. Jelen dolgozat egy laboratóriumi használatra tervezett körköröségmérő berendezés rendszeres hibáit tárgyalja, melyek ismerete elengedhetetlen a berendezés kedvező működtetéséhez.

A dolgozat a rendszeres hibák vizsgálatára, a mérőberendezés kialakításából adódóan, két tényezőtől álló hibamérési modellt javasol, valamint ezen hibák kompenzálásával is foglalkozik. Mivel a berendezés még tervezés, kivitelezés alatt áll, ezért nem tartalmaz mérési eredményeket.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] EN ISO 1101: *Geometrical Product Specification (GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of Form, Orientation, Location and Run-out*, 2017.
- [2] EN ISO 12181: *Geometrical Product Specification (GPS) – Roundness*, 2011.
- [3] Ionescu N., Vișan A., Manolache D., Nistor C.: *Tolerances Design*. Editura Printech, București, 2016, 54–57.
- [4] Curtis M. A., Farago F. T.: *Handbook of Dimensional Measurement*. 5. ed. Industrial Press Inc., South Norwalk, 2014. 377–406.
- [5] Tero M., Papp I.: *Dispozitive de control*. Editura Universității Petru Maior, Târgu-Mureș, 2002, 71–108.
- [6] Adamczak S., Janecki D., Stepień K.: *Qualitative and Quantitative Evaluation of the Accuracy of the V-Block Method of Cylindricity Measurement*. Precision Engineering, 34. (2010) 619–626.
<https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2010.03.004>
- [7] Ciobotă D., Palade D. D., Stanciu D., Abălaru A.: *Consideration Regarding Roundness Measurement of Closed Profiles and Open Profiles*. UPB Sci. Bull., Series D, 75/2. (2013) 129–140.
- [8] Zhao Z., Li B., Zhang G., Yu H., Shang M.: *Influence of Eccentricity and Tilt of Cylindrical Part's Axis on the Measurement Results of Its Diameters*. Measurement, 138, (2019), 232–239.
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.01.085>
- [9] Sun C., Wang L., Tan J., Zhao B., Tang Y.: *Design of Roundness Measurement Model with Multi-Systematic Error for Cylindrical Components with Large Radius*. Review Of Scientific Instruments, 87. (2016) 955–961.
<https://doi.org/10.1063/1.4941679>
- [10] Sun C., Wang H., Liu Y., Wang X., Wang B., Li C., Tan J.: *A Cylindrical Profile Measurement Method for Cylindricity and Coaxiality of Stepped Shaft*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 111. (2020) 284501502856.
<https://doi.org/10.1007/s00170-020-06296-5>
- [11] Liu Y., Li R., Sun C., Mei Y., Wang X., Tan J., Wang H.: *A Coaxiality Measurement Model Based on Multi-Systematic Errors Separation for Turbine Shaft*. Measurement, 186. (2021)
<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109975>