



KÚPOS ALKATRÉSZEK MÉRÉSÉRE SZOLGÁLÓ BERENDEZÉS

EQUIPMENT FOR MEASURING CONICAL PARTS

Damó Gergely,¹ Jakab-Farkas László,² Egyed-Faluvégi Erzsébet³

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék,
Marosvásárhely, Románia*

¹ gergelydamo@gmail.com

² jflaci@ms.sapientia.ro

³ faluvegi.erzsebet@ms.sapientia.ro

Abstract

Tapered components play numerous roles in the devices we use daily and those that surround us, sometimes performing special or even indispensable functions. The aim of this paper is to design and implement a measuring device suitable for determining the taper and taper angle of pin-type tapered components. The basic concept of the measuring instrument is inspired by the sine ruler, while effective measurement is ensured by the displacement of a digital gauge along two perpendicular axes. The data processing is performed by an Arduino microcontroller, which displays the results on an LCD screen. We measured a workpiece with a known taper. The measurement accuracy was verified using hypothesis testing.

Keywords: *rate of taper, taper angle, sine block.*

Összefoglalás

A kúpos alkatrészek számos műszaki alkalmazásban kiemelt szerepet töltenek be, gyakran speciális vagy nélkülözhetetlen funkciókat ellátva a mindennapi életben használt eszközökben. Jelen tanulmány célja egy olyan mérőberendezés tervezése és megvalósítása, amely alkalmas a csaptípusú kúpos alkatrészek kúposágának és kúpszögének meghatározására. A mérőeszköz koncepciója a szinuszvonalzó elvén alapul, míg a pontos mérést egy digitális mérőóra két egymásra merőleges tengely menti elmozdításával biztosítja. Az adatfeldolgozást egy Arduino mikrovezérlő végzi, amely az eredményeket egy LCD-kijelzőn jeleníti meg. Egy ismert kúposágú munkadarabot mértünk. A mérés pontosságát hipotézisvizsgálattal ellenőriztük.

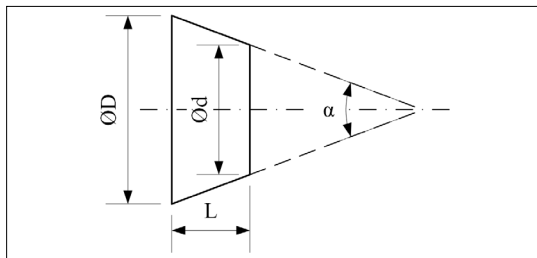
Kulcsszavak: *kúposság, kúpszög, szinuszvonalzó.*

1. Bevezetés

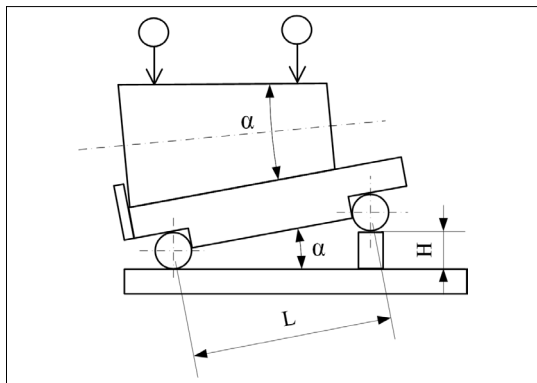
A modern gyártásban a pontosság elengedhetetlen. Az alkatrészeknek meghatározott méreteken, úgynevezett tűréshatárokon belül kell lenniük, melyeket a tervező ír elő, és a műszaki dokumentációban rögzít. A gyártási folyamat során rendszeresen ellenőrzik az alkatrészek méretét, hogy biztosítani tudják az előírt minőséget. A minőség-ellenőrzéshez univerzális (pl. tolómérő) vagy speciális mérő és/vagy ellenőrző eszközöket (pl. idomszer) használnak.

A kúpos alkatrészek számtalan szerepet töltenek be a mindennapjainkban, ezért különös figyelmet és pontosságot igényelnek mind a gyártás, mind a minőség-ellenőrzés során. E dolgozat csak az utóbbival, a minőség-ellenőrzéssel foglalkozik.

A kúpos alkatrészek jellemző tulajdonsága a kúposság, melyet az ISO 3040-2016 nemzetközi szabvány értelmez. Az **1. ábrát** tekintve, a kúposság mértéke a kúp tengelyével párhuzamos hosszon mért, két különböző átmérő különbségének és a hossz méretnek az aránya.



1. ábra. A kúposság értelmezése az ISO 3040-2016 nemzetközi szabvány szerint, [1]



2. ábra. A szinuszvonalzó mérés közben, [2]

A kúposság jelölése C, melyet matematikailag a következő összefüggéssel tudunk felírni:

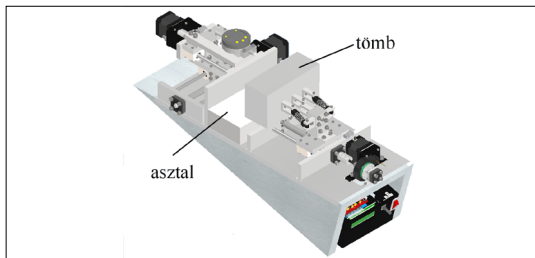
$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (1)$$

A kúposság mértéke aránypárként vagy százalékos formában adható meg, illetve értelmezhető a kúpszög is, melyet fokban ajánlott megadni.

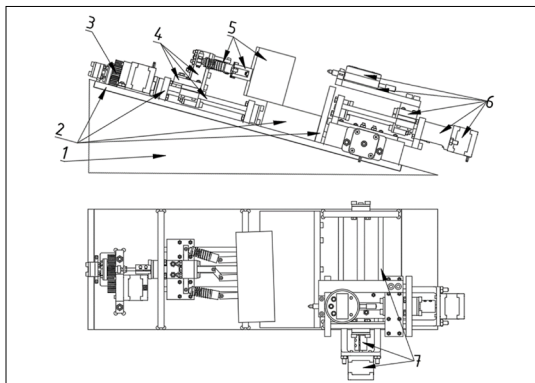
Kúposság mérésére több módszer, illetve mérőeszköz létezik [3], melyeket részletesen a [2] tárgyal. Jelen dolgozat alapjául a szinuszvonalzó szolgált, mely közvetett mérési módszeren alapszik. Pontossága és egyszerűsége miatt előnyös. A 2. ábra a mérőeszköz mérés közbeni elrendezését szemlélteti. Látható, hogy a szinuszvonalzó ki van egészítve mérőhasábkokkal és egy mérőórával.

A mérendő munkadarabot felfektetjük a szinuszvonalzóra, mérőhasábkok segítségével addig emeljük, amíg az párhuzamos nem lesz a mérési bázisfelülettel. A párhuzamosságot egy mérőórával lehet figyelni. Ismert a szinuszvonalzó két hengere közötti távolság, valamint a mérőhasábtömb magassága, így az alkatrész kúpszögét egy trigonometriai összefüggéssel megadhatjuk:

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} \quad (2)$$



3. ábra. A tervezett berendezés 3D-modellje



4. ábra. A berendezés felépítése

A dolgozat egy olyan mérőberendezés tervezését és kivitelezését mutatja be, mely gyors és egyszerű mérést eredményez.

2. A tervezett rendszer áttekintése

A berendezés (3. ábra) tervezésének fő szempontja az egyszerűség és a pontosság úgy, hogy egy stabil, merev berendezést eredményezzen.

A teljes rendszer egy 15°-os lejtőn helyezkedik el. A fehérrel jelzett asztalra kell elhelyezni a mérendő alkatrészt, a szinuszvonalzó elvét pedig a rajta található rögzítő tömb testesíti meg (3. ábra). Az effektív mérés egy digitális mérőóra segítségével történik, mely tulajdonképpen letapogatja a mérni kívánt munkadarab alkotóját, ezáltal biztosítva a szinuszvonalzó működésének elvét (2. ábra).

A berendezés felépítését tekintve 7 egységre osztható: 1 – a lejtő, 2 – az alaplemez és a hozzá tartozó elemek, 3 – a csúszókuplung-alszerelés, 4 – munkadarab rögzítését szolgáló egység, 5 – a duplacsuklós egység, 6 – a mérőórátapintás-biztosító egység, 7 – a mérőóra-pozicionálást biztosító egység. A berendezéshez még tartozik egy LCD-kijelző is (4. ábra), amelyen a felhasználó meg tudja mondani, hogy hány pontban tapogasson a mérőóra, illetve a kúposság eredménye is itt jelenik meg.

A berendezés mozgatását 3 léptetőmotor biztosítja, míg a hozzá tartozó vezérlést és a mért adatok továbbítását egy Arduino Mega és egy Arduino Nano oldja meg. Ez utóbbiak a lejtő alatt találhatók, annak érdekében, hogy megfelelően védve legyenek. A merevséget a fémelemek biztosítják, ez pedig növeli a rendszer pontosságát. A kúposágmérő legfeljebb $\Phi 60$ mm átmérőjű és 160 mm hosszúságú darabot tud lemérni.

3. A mérőrendszer működése

A célnak megfelelően, a mérőberendezés a külső kúpos forgásfelületek kúpszögének meghatározására szolgál. Ennek érdekében a munkadarabot el kell helyezni a fehérrel jelzett asztalon (3. ábra), majd a felhasználó ki tudja választani a menüből az LCD-kijelzőn, hogy 4, 5, 6, 10 vagy 12 ponton szeretne mérni. A mérés megkezdése előtt a mérőrőra tapintóját a léptetőmotorok a 0 pozícióba viszik. A tömböt mozgó léptetőmotor a munkadarabot rögzíti a 4 –rögzítést szolgáló egység és az 5 – a duplacsuklós egység által, amíg a csúszókuplung meg nem csúszik. Ekkor kezdődik az effektív mérés, mely során a mérőórát mozgó és pozicionáló egységek lépnek működésbe.

4. A eredmények kiértékelése

4.1. A mérendő munkadarab

A mérendő munkadarab egy 3D-nyomatott alkatrész az alábbi geometriai jellemzőkkel (1. ábra):

- $D = 30$ mm
- $d = 10$ mm
- $L = 100$ mm
- $\alpha/2 = 5,711^\circ$

4.2. A kúposág meghatározása nagy méretű szerszámmikroszkóppal

A munkadarab félkúpszögének ellenőrzése a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Marosvásárhelyi Karán található szerszámmikroszkóppal történt.

A kapott félkúpszög értéke $5,66^\circ$, melyet direkt módszerrel határoztunk meg. A mérési eredmény eltérése a modellben meghatározott kúposág értékétől nem számottevő, értéke $0,05^\circ$.

4.3. A kúposág meghatározása a megvalósított mérőberendezéssel

A mérőberendezéssel történő mérés során a rendszer a mért pontokat eltárolja, melyekből interpolál egy egyenest. Az egyenes irányítányezőjét a mikrovezérlő a legkisebb négyzetek módszeré-

vel számítja ki, mely tulajdonképpen a mért alkatrész félkúpszöge. A menüből rendre kiválasztottuk a 4, 5, 6, 10 és 12 mérőpontot, és mindenikkel 3 mérést végeztünk, melyet az 1. táblázatban összegeztünk.

1. táblázat. A mérési eredmények összegzése

Pontok száma	4	5	6	10	12
Mérési eredmények [°]	5,06	5,35	5,61	5,65	5,7
	5,14	5,33	5,6	5,66	5,71
	5,03	5,32	5,6	5,64	5,7
Átlag [°]	5,07	5,33	5,6	5,65	5,7
Szórás* [°]	0,22	0,11	0,07	0,09	0,07
α	0,05				
$t_{kritikus}$	4,302653				
t	-5,091	-5,8418	-2,69087	-1,1501	-0,16818
Döntés	H1	H1	H0	H0	H0

*a szórás értékei kerekítve jelennek meg a táblázatban

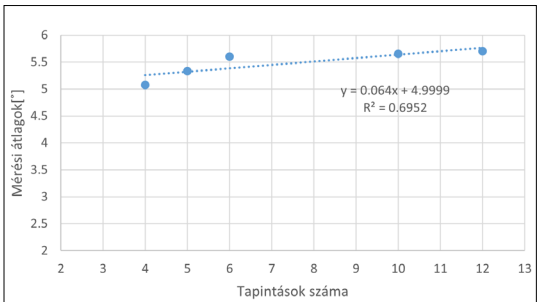
A rendszer eredményeinek ellenőrzéséhez hipotézisvizsgálatot is alkalmaztunk. Ellenőriztük, hogy a mérési eredmények eltérése az elvárt, $5,71^\circ$ -os értékhez képest, $0,05$ szinten elhanyagolható. A nullhipotézis: az átlag megegyezik a várható értékkel; az ellenhipotézis: az átlag különbözik a várható értéktől.

A vizsgalathoz t-próbát használunk, melynek eredménye szintén az 1. táblázatban látható.

Az elfogadási tartomány $(-4,3; 4,3)$. Az aktuális t értékek alapján levonható a következtetés, miszerint a 4 és 5 tapintásból származó átlag lényegesen különbözik az elvárt $5,71^\circ$ -os értéktől, így az ellenhipotézis érvényesül, míg a 6, 10 és 12 tapintásra az átlag nem tér el lényegesen az elvárt értéktől.

Az 5. ábra szemlélteti a mérési átlagokat.

Az $R^2 = 0,69$ érték erős kapcsolatot jelent a mérési átlag és a tapintási szám között.



5. ábra. A mérési átlagok a tapintási szám függvényében

5. Következtetések

Következtetésképpen a kúposágmérő laborberendezésről elmondható, hogy szoros és egyenes, arányos kapcsolat áll fenn a tapintási pontok száma és a mérési pontosság között (5. ábra).

Továbbá látható, hogy legalább 6 tapintásra van szükség ahhoz, hogy a mérési eredmény pontossága a megadott szinten elfogadhatóvá váljon.

Továbbá megemlítendő, hogy 12 tapintási pont esetén az eltérés már nagyon kismértékűvé válik.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] ISO 3040:2016 – Geometrical Product Specification (GPS) – Dimensioning and Tolerancing - Cones
- [2] Aparin G. A., Gorogyeckij I. E.: *Tűrések és műszaki mérések*. 2. kiadás. Nehézipari Könyvkiadó, Budapest, 1954. 146–161.
- [3] Curtis M., Farago F.: *Handbook of Dimensional Measurement*. Industrial Press, Norwalk (CT), 2014.