

Kisméretű műanyag fogaskerekek hibáinak vizsgálata

The study of faults in small plastic gears

MARADA Imre¹, Dr. BIHARI János²

¹PhD hallgató, ² egyetemi docens
Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet, Miskolc-Egyetemváros,
+3646565111, <https://www.uni-miskolc.hu/>

Abstract

Measuring the torque on the input side is a common test method for gear drives. It has been shown previously that this method can be used to detect certain faults and to distinguish their effects in gearboxes with small gears. In this research, we have established the theoretical basis and tools for a series of measurements that can be used to gather more definitive information than has been available up to now to identify faults in small plastic gears.

Keywords: gear, plastic, analysis, torque

Kivonat

Az átfogatási nyomaték mérése a behajtó oldalon egy elterjedt vizsgálati módszer fogaskerekes hajtásoknál. Korábban kimutattuk, hogy ez a módszer a kisméretű fogaskerekeket tartalmazó hajtóműveknél is alkalmas lehet egyes hibák kimutatására, valamint hatásainak megkülönböztetésére. Ezen kutatás során létrehoztuk egy olyan méréssorozat elméleti alapjait és eszközeit, amivel az eddigieknél egyértelműbb információkat lehet gyűjteni a kisméretű műanyag fogaskerekek hibáinak megismeréséhez.

Kulcsszavak: fogaskerék, műanyag, vizsgálat, átfogatás, nyomaték

1. Bevezetés

Az átfogatási jellemzők közül az átfogatási nyomaték mérése a behajtó oldalon egy elterjedt vizsgálati módszer fogaskerekes hajtásoknál, elsősorban kúpkeres hajtóműveknél. Korábban kimutattuk, hogy ez a módszer a kisméretű ($m > 0,6$ mm) fogaskerekeket tartalmazó hajtóműveknél is alkalmas lehet egyes hibák kimutatására, valamint a hibák és a gyártási jellemzők hatásainak megkülönböztetésére. [1][2] Ebben a kutatásban ezt a módszert tökéletesítjük olyan módon, hogy meghatározzuk az egység-hajtóművek ideális kialakítását, valamint az új technológiák lehetőségeit kihasználva meghatározott hibákkal rendelkező fogaskerekeket tervezünk és építünk be az egység-hajtóművekbe. Ilyen módon pontosabban behatárolhatóak lehetnek az egyes hibákhoz tartozó mérési eredmények.

2. Az egység-hajtóművek

A műanyag fogaskerekek vizsgálatához általában erre alkalmas próbapadokat használnak. [3][4][5] Azonban egy ilyen próbapad megépítése kisméretű műanyag fogaskerekek vizsgálata esetén drága lenne. Ezért ki kellett fejlesztenünk egy olyan alternatívát, mely úgy teszi lehetővé a teljes rendszer vizsgálatát, hogy közben megfelelő pozícióban tartja a fogaskerekeket és biztosítja azok terhelhetőségét és hajtását a mérések teljes időtartama alatt. Erre a célra egyedi egység-hajtóműveket terveztünk, melyeket a megfelelő berendezésbe helyezve adott beállításokkal el tudjuk végezni a méréseket. Ezzel kiváltva a költséges próbapadokat egy olcsóbb és elérhetőbb alternatívával. A hajtóműveket úgy terveztük, hogy egy statikus forgatónyomaték-mérő is használható legyen a vizsgálatokhoz. Ezért olyan kialakításokat preferáltunk, melyek esetén a teljes hajtómű forgathatósága lehetséges.

2.1. Az egység-hajtóművekkel szemben elvárt igények

Az egység-hajtóművek tervezésénél számos szempontot figyelembe vettünk. Ezek a következők [6]:

1. Egy pár fogaskereket kell fogadniuk.

2. Többféle áttételt is ki lehessen alakítani velük.
3. Kombinálhatóak lehessenek, azaz többlépcsős hajtások is megvalósíthatóak legyenek.
4. A befogóba megadott pontosságon belül mindig ugyanúgy lehessen őket pozícionálni.
5. Elegendő helynek kell lennie a fogaskerekek számára.
6. A csapágyazásoknál nagy merevség.
7. A fogaskerekek tengelyeire merőleges irányú, többszörös osztásúak legyenek.
8. Minél több változatban elő lehessen állítani, a rendelkezésünkre álló forrásokból és technológiákkal.

2.2. Az egységajtóművek tervezése és gyártása

Az egységajtóművekből végül kétféle változatot terveztünk. Mindegyik egységajtóműre érvényes, hogy három részből állnak. A központi részük egy középső ház, mely minden vizsgálat esetén állandó marad. Ehhez kapcsolódik egy pár fedél, melyek a csapágyakat fogadják. A fedelek cserélhetőek, így különböző kialakítású és tengelytávú darabok szerelhetőek a házra attól függően, hogy milyen áttételt vagy csapágyazást szeretnénk vizsgálni. Emellett a hajtóművek pontos pozícionálását illesztőfuratok látják el, így megfelelő pontosságon belül mindig ugyanúgy helyezhetőek a befogóba. Ezekon kívül a hajtóműveket lehetséges kombinálni, így többlépcsős hajtások is kialakíthatóak. A többlépcsős kialakításhoz közdarabokat is terveztünk, ezeket a hajtóművek közé lehet helyezni, és helyet biztosítanak a tengelykapcsolók számára.

2.3. Az első típus

Az első típusnak klasszikus, téglatest alakú kialakítása van. Előnye, hogy kicsi és könnyű, illetve a korábban használt egységajtóművekhez képest pontosabb és jobban kalibrálható. Azonban nagy hátránya, hogy pontosan csak olyan CNC maróval állítható elő, mely jelenleg nem áll rendelkezésünkre. Az így készült hajtóművek prototípusát 3D nyomtatóval állítottuk elő. [7]



1. ábra. Az első típusú egységajtómű prototípusa

2.4. A második típus

A második típusú egységajtóművek hengeres kialakításúak lettek. Erre azért volt szükség, hogy esztergával is minél egyszerűbben kialakíthatóak legyenek. Ez azért is előnyös mert, könnyebb a vizsgálatoknál kiegyensúlyozni a rendszert. Szintén nagy előny, hogy a hajtómű fedele úgy lett kialakítva, hogy a vizsgált tengely egytengelyű a hajtóművel. Így könnyebb a motor, a hajtómű és a nyomatékmerő tengely egytengelyűségét beállítani. Ezekből a hajtóművekből készültek a mérésekhez alkalmas darabok.



2. ábra. A második típusú egységajtómű

3. A méréshez használt fogaskerekek gyártása

A mérésekhez használt fogaskerekeket Phrozen Sonic Mini 4k típusú, SLA 3D nyomtatóval állítjuk elő. A gyártáshoz használt geometria generálásához a KISSSoft nevű szoftvert alkalmaztuk. Ennek a szoftvernek az előnye más hasonló szoftverekhez képest, hogy evolvens profilt generál. A fogaskerekek anyaga a Phrozen által gyártott, „Rock-Black Stiff” elnevezésű műgyanta.

A fogaskerekeket különböző modulokkal és fogszámokkal hozzuk létre, hogy minél többféle esetre végezzünk méréseket. Minden fogaskeréktípust egyrészt hibák nélkül, másrészt a vizsgálni kívánt hibákat tartalmazva állítunk elő. Erre azért van szükség, hogy a mérések során összehasonlíthassuk a hibás és hiba nélküli fogaskerekek futási jellemzőit. Ezek a hibák a fröccsöntött fogazatokra jellemző hibák.



3. ábra. A fogaskerekek

4. A mérés elve

Az átforgatási nyomaték mérésekor a teljes hajtóművet forgatjuk. A hajtómű egyik tengelye egy nyomatékmérőhöz kapcsolódik, amely a folyamat során áll. Ez azért előnyös, mert így statikus nyomatékmérő tengely is használható, amely kisebb befektetést és kevesebb előkészítést igényel az ennél a mérésnél szükséges pontosság esetén, mint a nem statikus nyomatékmérők.

A méréshez először meg határozni az egységajtóművek optimális lépcsőszámát, amely a legegységesebb mérési eredményeket fogja adni. Ezután össze kell építeni olyan egységajtóműveket, amelyek hibás fogaskerekeket tartalmaznak, és összehasonlítási alapként olyanokat is, amelyekben nincsenek hibás fogaskerekek. Tesztekkel kell vizsgálni, hogy milyen forgatónyomatékok jelennek meg a hajtóműveken. Végül össze kell hasonlítani a hibás fogaskerekeket tartalmazó egységajtóművek futási jellemzőit a nem hibás fogaskerekeket tartalmazó hajtóművekkel.

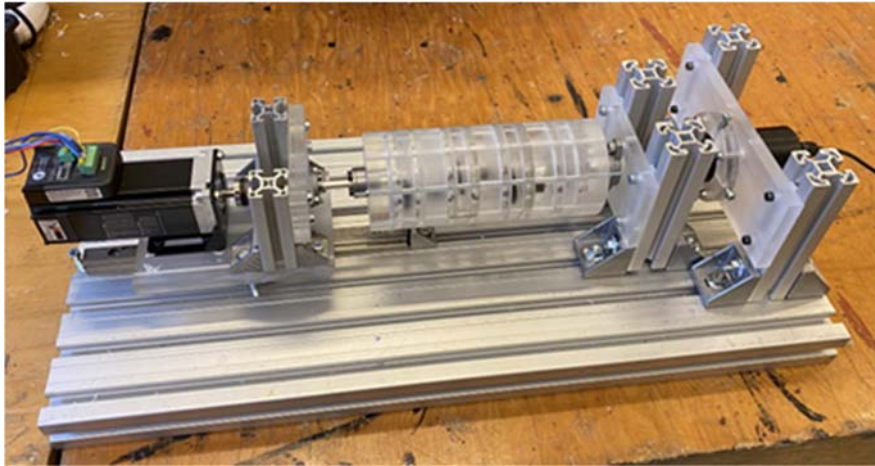
5. A berendezés

A hajtást elektromos motor biztosítja. A hajtómű két oldalára egy-egy egyedileg tervezett csatlakozóelemet szereltünk fel. Ezek KL szorítóval csatlakoznak egy-egy tengelyhez, melyek csapágyazva vannak. A kétoldali csapágyazás biztosítja, hogy a hajtómű mérés közben ne feszítse a csapágyakat, ezzel szavatolva a megfelelő pontosságot. Az egyik tengely a motorhoz kapcsolódik, a másik, a hajtómű mérendő

oldalán lévő, tengely üreges. Erre azért van szükség, hogy a hajtómű mérni kívánt tengelyét csatlakoztathassuk a nyomaték mérőhöz.

A szerelés megkönnyítése, illetve a különböző lépcsőkkel végzett méréseknél a hosszkiegénylés érdekében az egy lineáris vezeték lett beépítve. Ez azt jelenti, hogy lineáris vezeték szánjára van a motor, illetve a motor oldali csapágyazás rögzítve, így azok a megfelelő távolságba tolhatóak.

Az átfogatási nyomaték méréséhez PCE TM-80 nyomaték mérő tengelyt használunk. Felbontása 0,1 Ncm, mérési tartománya 0 és 147 Ncm között van.



4. ábra. A berendezés prototípusa

6. Összefoglalás

Ebben a kutatásban megteremtettük egy olyan mérőszorozat elméleti alapjait és berendezését, amellyel az eddig ismertnél határozottabb információkat lehet gyűjteni a kisméretű műanyag fogaskerekek hibáinak megértéséhez oly módon, hogy az eddigieknél pontosabb berendezést fejlesztettünk, mely képes több lépcsős hajtóműveket is vizsgálni. Finomítottuk az átfogatási nyomaték mérésének módszerét. Megterveztük a speciális egység-hajtóműveket és a vizsgálatokhoz szükséges berendezéseket. Emellett 3D nyomtatók segítségével kisméretű műanyag fogaskerekeket generáltunk és hoztunk létre. Ezeknek a berendezéseknek a prototípusát is legyártottuk. A következő lépésünk a berendezés továbbfejlesztése és az átfogatási nyomaték mérése lesz. Számos mérést fogunk végezni különböző hibák, modulok és áttételek esetén.

Köszönetnyilvánítás

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-22-3 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”

A szerzők szeretnék megköszönni Potyka Attilának, Pásztor Istvánnak és Dr. Sarka Ferencnek, hogy segítettek az egység-hajtóművek megvalósításában.

Irodalmi hivatkozások

- [1] Bihari, J.: Kisméretű műanyag fogaskerekes hajtások hibái, GÉP 65:(2), pp: 19 – 22, 2014.
- [2] Bihari, J. – Kamondi, L.: Kis méretű műanyag fogaskerekek vizsgálata, GÉP 62:(7-8), pp: 21 – 24, 2011.
- [3] VDI 2731 Mikrogetriebe, Grundlagen. BeuthVerlag, Berlin, 2009.
- [4] VDI 2736 Thermoplastische Zahnräder, Blatt 2, BeuthVerlag, Berlin, 2014.
- [5] JIS B 1759:2019 (JGMA/JSA) Estimation of tooth bending strength of cylindrical plastic gears, Japanese Standards Association, Tokyo, 2020.
- [6] Marada I., Bihari J., *Designing a new type of drive unit for the analysis of small plastic gears*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem Közleménye 11: 5 pp. 245-250., 6 p., 2021
- [7] Bihari J., Marada I.: An Improved Equipment for Measuring Heating Caused by Reactive Loads, IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING 1237: 1 Paper: 012006 (2022)