

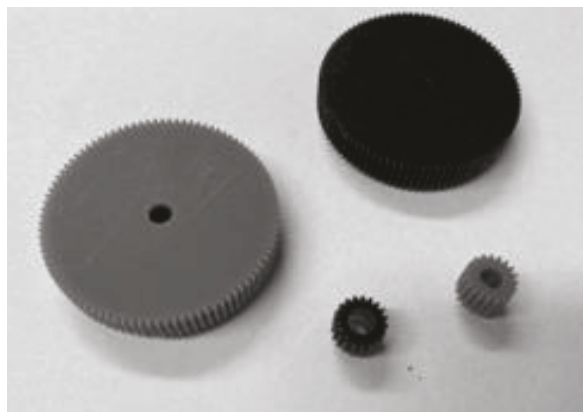
A KISMÉRETŰ MŰANYAG FOGASKERÉKPÁROK ÁTFORGATÁSI NYOMATÉKÁNAK VIZSGÁLATÁRA SZOLGÁLÓ BERENDEZÉSEK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

COMPARISON OF THE EQUIPMENTS FOR THE MEASUREMENT OF THE RECIRCULATION TORQUE IN THE CASE OF SMALL PLASTIC GEARS

*Marada Imre, PhD hallgató, Dr. Bihari János, egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gép – és
Terméktervezési Intézet*

ABSTRACT

For the study of the gear drives it is a frequent method to measure the recirculation torque on the input side of the gearbox. We showed several times in the past, that this method can be also used for gearboxes with small plastic gears. During our work we created two equipments for the measurement of the recirculation torque. One with a static torque meter and another which can be used to measure the torque dynamically. In this article we compare these equipments.



1. ábra: Kisméretű műanyag fogaskerekek

1. BEVEZETÉS

A fogaskerekes hajtóművek vizsgálatára gyakran alkalmazzák a hajtómű behajtó oldalán az átforgatási nyomaték mérését, különösen kúpkeres hajtóművek esetén. Korábban már több alkalommal is kimutattuk, hogy ez a módszer a kisméretű műanyag fogaskerekek hibáinak vizsgálatára is alkalmas lehet.

A kisméretű műanyag fogaskerekek olyan evolvens profilú, egyenes fogú fogaskerekek, melyeknek modulja nem nagyobb 0,5 mm-nél. Ezeknek a fogaskerekeknek az alapanyaga valamilyen műanyag, általában POM vagy PA. [1] [2]

Korábbi munkáink során már bemutattunk egy olyan berendezést, amely statikus nyomatékmérő tengely segítségével képes volt a kisméretű műanyag fogaskerekek hibáinak vizsgálatára. Azóta sikerült létrehozunk egy olyan berendezést is, melynek segítségével dinamikus nyomatékmérést tudunk végrehajtani. Ez a cikk ezt a két berendezést mutatja be, illetve hasonlítja össze. Az összehasonlítás során érinteni fogjuk a berendezések előnyeit és hátrányait.

2. A BERENDEZÉSEK TERVEZÉSÉNEK SZEMPONTJAI

A berendezések tervezésének legfontosabb szempontja természetesen az volt, hogy alkalmasak legyenek a hajtómű behajtó oldalán az átforgatási nyomaték mérésére, illetve, hogy a mérések segítségével lehessen vizsgálni a fogaskerekek hibáinak hatásait.

További fontos szempont volt még az is, hogy a vizsgálatokat ne csak egy lépcsős, de több, akár négy lépcsős hajtásokkal is el lehessen végezni.

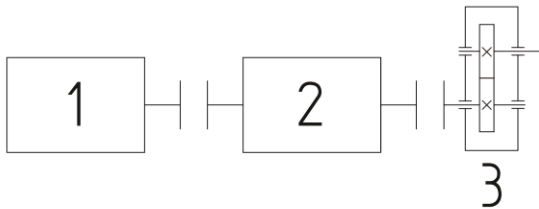
Ezeket felül pedig arra is oda kellett figyelni, hogy ezeket a berendezéseket a rendelkezésünkre álló eszközökből, forrásokból és technológiákkal le is tudjuk gyártani és meg is tudjuk építeni, hogy ne csak elméletben létezzenek, hanem tényleges kézzelfogható méréseket is el tudjunk velük végezni.

3. AZ ÁTFORGATÁSI NYOMATÉK MÉRÉSÉNEK ALAPELVE

A mérés alapelve általános esetben igazán egyszerű: a hajtómű bemenő tengelyét forgatják, miközben a hajtóművön nincs terhelés. Eközben a hajtómű bemenő oldalán mérik az átforgatáshoz szükséges nyomatékokat. A mért nyomatékból lehet

következtetéseket levonni a fogaskerék hibáival kapcsolatban. [3]

A mérés alapelvét a 2. ábra mutatja. Az ábra jelöléseinek jelentése: 1: meghajtó motor, 2: nyomatókmérő, 3: hajtómű.



2. ábra: Az átforgatási nyomaték mérésének alapelve

A berendezések tervezésénél ebből az alapelvből indultunk ki, majd ezt módosítottuk a rendelkezésünkre álló eszközökhöz és technológiákhoz.

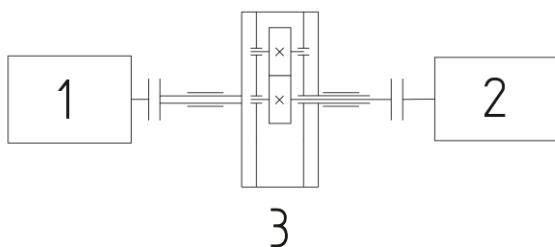
4. AZ ELSŐ BERENDEZÉS

Az első berendezés építéséhez egy PCE TM-80 statikus nyomatékmérő állt rendelkezésünkre. A statikus nyomatékmérő tengelyek nagy előnye a kereskedelmi forgalomban elérhető dinamikus nyomatékmérőkhöz képest, hogy olcsóbbak.

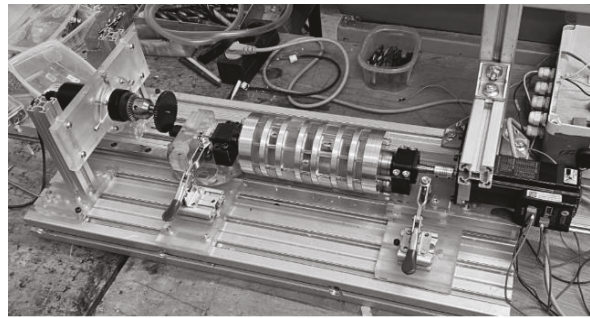
A mérés is másként működik, mint dinamikus nyomatékmérők alkalmazása esetén, ugyanis nem a hajtómű bemenő tengelyét forgatjuk, hanem a teljes hajtóművet. A hajtómű bemenő tengelye a mérés során áll, ehhez kapcsolódik a statikus nyomatékmérő tengely.

A hajtóművet egy motor forgatja. A hajtómű mindkét oldalon csapágyazva van. A csapágyazásokat egy-egy lineáris vezetékre szereltük fel, hogy a hajtómű beépítésekor könnyen távolíthatóak és közelíthetőek legyenek. Ez egyrészt azért előnyös, mert így könnyebb a hajtómű ki- és beszerelése, illetve a változtatható távolságnak köszönhetően többlépcsős hajtóművek is vizsgálhatóak a berendezéssel.

A mérés elvét a 3. ábra, a berendezést a 4. ábra mutatja. A 3. ábra jelöléseinek jelentése: 1: motor, 2: nyomatékmérő, 3: hajtómű.

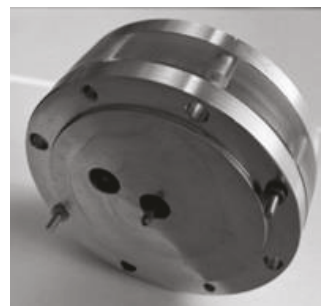


3. ábra: A mérés elve



4. ábra: A berendezés

Mivel a mérés során a teljes hajtóművet forgatjuk, ezért a munkánk megkönnyítése érdekében olyan egység-hajtóműveket kellett tervezni, melyek megkönnyítik a szerelési pozicionálást és minél kisebb mértékben befolyásolják a forgást. Ezért hengeres kialakítású hajtóműveket terveztünk és gyártottunk le, melyek egytengelyűek a behajtó tengellyel. Ez utóbbira azért volt szükség, mert így a bemenő tengelyt könnyebb volt a nyomatékmérőhöz csatlakoztatni. A hengeres kialakítás azt is könnyebbé tette, hogy több egység-hajtóművet kombinálhassunk a mérésekhez, így többlépcsős hajtásokat is vizsgálhassunk.

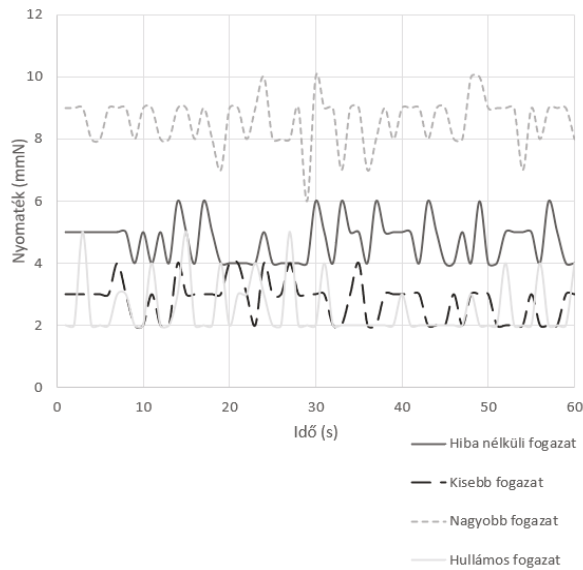


5. ábra: Az egység-hajtómű egylépcsős esetben

A berendezéssel végeztünk méréseket olyan hajtóművekre, melyek nem tartalmaztak hibás fogaskereket, illetve olyanokra is, melyeknek az összes foga egy-egy adott hibát tartalmazott. A hibák a következők voltak: megfelelő, túl kicsi fogvastagság, túl nagy fogvastagság, illetve egy hullámos fogazat, aminek fogvastagsága a megfelelő és a túl kicsi között ingadozik.

A 6. ábra diagrammján láthatóak az eredmények. A berendezés 2-4 Nmm-es pontossággal ugyanazt az értéket mutatta az azonos, egységes fogazatokra, amelyeknek görbéi fogvastagság alapján jól elkülöníthetőek. Tehát a berendezés képes arra, hogy kimutassa az ilyen hibák hatásait.

A hullámos fogazatnál pedig az átforgatási nyomaték görbéje kimutatja a fogvastagság ingadozását.



6. ábra. A mért átforgatási nyomatékok különböző fogazatokra

Azonban ennek a berendezésnek vannak hátrányos tulajdonságai is. Egyrészt a nyomatékmérő legkisebb mintavételi ideje 1 s, ami nem teszi lehetővé, hogy olyan fogaskerekeket vizsgáljunk, ahol csak egy-egy fog hibás. Másrészt, ami sokkal nagyobb hátrány, egy-egy mérés előkészítése, illetve az egység-hajtóművek beszerelése és beállítása órákat vett igénybe. Ez azért előnytelen, mivel a mérés időtartama ezzel szemben csak 1 perc. Így túl sok munkát kell ahhoz befektetni, hogy egy csekély eredményt elérjünk.

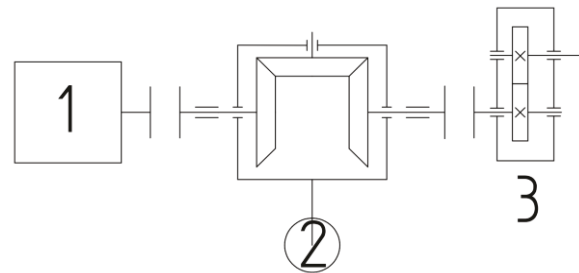
5. A MÁSODIK BERENDEZÉS

A másik berendezés dinamikusan képes nyomatékot mérni, azonban nem egy kereskedelmi forgalomban kapható dinamikus nyomatékmérőt használ, hanem egy differenciálmű elvén működő egységet.

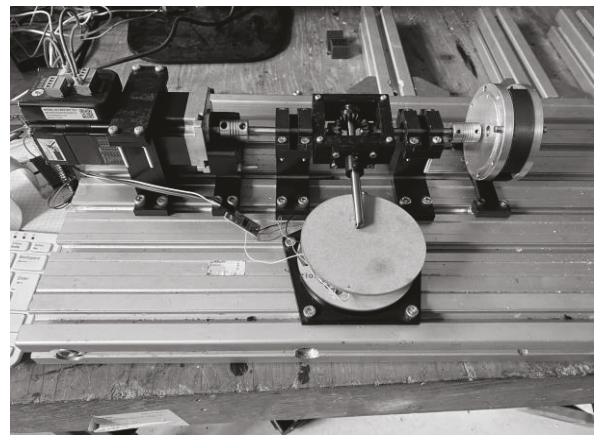
Ennek a lényege, hogy három kúpkerék kapcsolódik egymáshoz sorban, melyek közül az első a meghajtó motorhoz, a harmadik a mérendő hajtómű bemenő tengelyéhez kapcsolódik, a középső pedig szabadon el tud fordulni. Ahogy a motor meghajtja az első kúpkeréket és vele együtt meghajtja az egység-hajtóművet, a középső kúpkerék tengelye az előző tengelyekre mérőlegesen elfordul a vele egytengelyű mérőtengellyel együtt. A mérőtengely alatt egy mérlegcella is található, melynek mintavételi ideje átlagosan 0,3 s. Amikor a mérőtengely elfordul, terhelést ad a mérlegcellára, ami egy Raspberry Pi-n keresztül rögzíti a mért terhelést.

Ezután egyszerű számításokkal meghatározható, hogy mekkora a nyomaték.

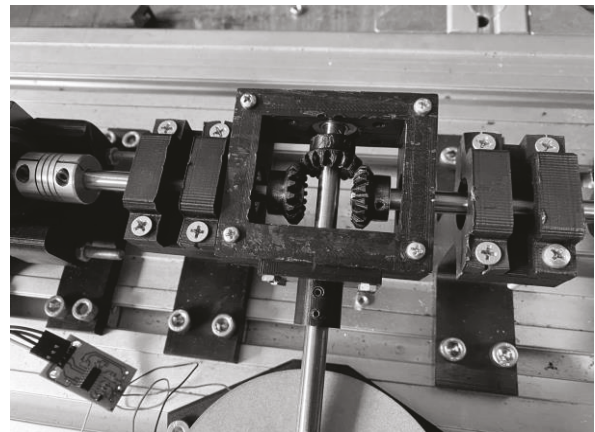
A 7. ábra mutatja a mérés elvét. A 7. ábra jelöléseinek jelentése: 1: motor, 2: nyomatékmérő, 3: hajtómű.



7. ábra. A mérés elve

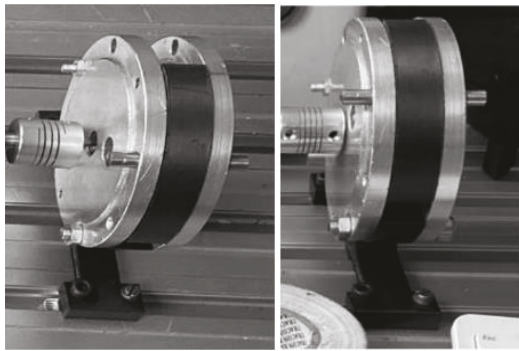


8. ábra. A berendezés



9. ábra. A kúpkerékek

Az eddig elvégzett próbamérésekhez a másik berendezéshez is használt egység-hajtóművek elemeit használtuk fel, de a berendezés új kialakításának köszönhetően az egység-hajtóműveknek sem kell hengeres kialakításnak lenniük, hiszen az nem forognak a vizsgálat közben.

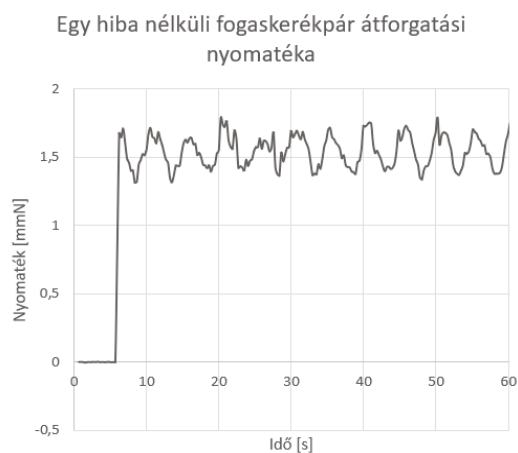


10. ábra. A mérésekhez használt egylépcsős hajtómű

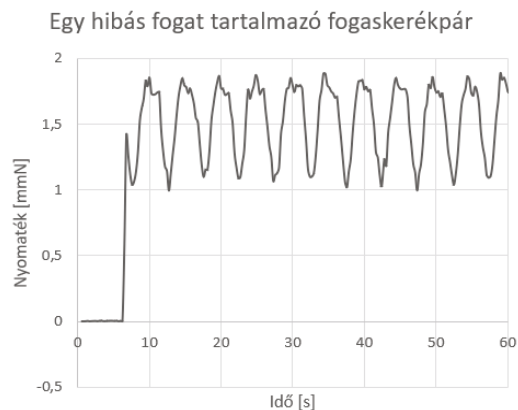
A berendezéssel elvégzett próbamérések-nél arra voltunk kíváncsiak, hogy az eszköz képes-e kimutatni annak a hatását, hogy a vizsgált fogaskerekek közül csak az egyiknek és csak egy foga tér el a többitől. Ezért 3D nyomtatással nyomtattunk 0,3 mm modulú, 53 és 60 fogszámú fogaskerékpárokat kétféle változatban. Az egyik esetben mindkét fogaskeréknek minden foga ugyanakkora volt. A másik esetben az 53 fogszámú fogaskerék egyik fogát változtattuk meg, mely így kisebb lett, mint a többi.

Az eredményeket a 11. ábra és a 12. ábra diagrammjai mutatják. Ezekből látszik, hogy míg a hiba nélküli fogaskerékpárnál minden esetben 0,5 Nmm-en belül ugyanazt az értéket mértük, addig a hibás fogat tartalmazó fogaskerékpárnál van egy ismétlődő pont a diagrammon, ahol az átforgatási nyomaték közel 1 Nmm-rel eltér az átlagos értéktől.

A próbamérés eredményeiből arra következtethetünk, hogy a módszer megfelelő lehet a csak egy-egy hibával rendelkező kisméretű fogaskerékpárok vizsgálatára.



11. ábra. Egy hiba nélküli fogaskerékpár átforgatási nyomatéka



12. ábra. Egy olyan fogaskerékpár átforgatási nyomatéka, ahol az egyik fogaskerék egyetlen foga kisebb, mint a többi

Mivel ez a berendezés nem a teljes hajtóművet forgatja, hanem csak a hajtómű bemenő tengelyét egy tengelykapcsolón keresztül, ezért egy 1 perces mérés nem igényel több órás előkészítést és beállítást.

A berendezés egyetlen hátránya a 0,5 Nmm-es pontosság, ami az első berendezés 2-4 Nmm pontosságához képest ugyan előrelépés, de a jelenleginél kisebb modulú fogaskerekek-nél már kevésnek bizonyulhat. Pontosabb gyártással a pontosság azonban növelhető.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a cikkben két olyan berendezést mutattunk be, melyek lehetővé teszik a kisméretű műanyag fogaskerekek hibáinak vizsgálatát az átforgatási nyomaték mérése alapján. Bár az átforgatási nyomaték mérésének alapelve mindkét esetben hasonló, a két berendezés teljesen más megközelítést alkalmaz. A cikkben mindkét berendezés működése, előnyei és hátrányai is bemutatásra kerültek.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A szerzők szeretnék megköszönni Potyka Attilának a segítséget, aki nélkül nem valósulhattak volna meg a berendezések és a mérések.

IRODALOM

- [1] VDI 2731 Mikrogetriebe, Grundlagen. BeuthVerlag, Berlin, 2009.
- [2] VDI 2736 Thermoplastische Zahnräder, BeuthVerlag, Berlin, 2014.
- [3] MARADA I., BIHARI J.: Designing a new type of drive unit for the analysis of small plastic gears, Multidisziplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem Közleménye 11: 5 pp. 245-250., 6 p., 2021, doi: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2021.5.25>