HAJLÉKONY GOLYÓSCSAPÁGY VIZSGÁLATA

Németh Géza, Dr. Péter József

Abstract

The main difference between the epicyclic gear drives and the harmonic drives is the existence of a toothed wheel with high flexibility in the latter one. The flexible wheel of the harmonic drive derived from the epicyclic gear drive with one planet gear is mainly the wheel with external teeth and named as flexspline. Its flexibility is assured by the shell-like shape. The task of the wave generator is the creation of waves. The wave generator makes connection between the flexspline and the solid ring with internal teeth called circular spline. The number of teeth of circular spline is greater than that of the flexspline, and the difference is usually two. Among the numerous solutions of wave generators the mechanically operated ones are in general use, especially the design containing a thin raced ball bearing fitted onto an elliptical plug. It serves as a high efficiency torque converter. This special bearing is not contained by the bearing catalogues. Its design is in relation with the common deep groove ball bearing. This paper try to show the results of research work on this special bearing.

A hullámhajtómű hatásfokát befolyásoló tényezők

Hullámhajtómű hatásfokát leginkább két tényező befolyásolja. Az egyik a fogazati kapcsolódás, a másik pedig a hullámgenerátor. Természetesen a kedvező működés elengedhetetlen feltétele az, hogy a hullámkerék és gyűrűkerék fogazata jól kapcsolódjon egymással és ezt természetesen ezt a generátor alakja is erősen befolyásolja (1. ábra) [9].

A hatásfokjavítás igazi lehetőségei azonban a hullámgenerátorban rejlenek. Általában kis teljesítmények átviteléről lévén szó, nem az energiamegtakarítás oldaláról jelentkezik a hatásfok javításának igénye. Azonban az élettartam jelentősen javulhat egy lágy, jó hatásfokú generátor beépítésével. Csökkenthető a hajtó oldal tehetetlenségi nyomatéka, kiegyensúlyozatlansága, kisebb lesz a melegedés és a kopások.

A csapágy elemeinek alakváltozása

A kis tömeg és jó hatásfok kettős követelményének leginkább a büttykös generátor, ezek közül is a hajlékony csapágyas típus felel meg. A hajlékony csapágy külső és belső gyűrűi is közel azonos keresztmetszetűek, és ha a gyűrű szelvényét összehasonlítjuk egy hasonló külső átmérőjű mélyhornyú golyóscsapágyéval, a különbség szembetűnő (2. ábra).

1. ábra A külső fogazatú hullámkerék, a gyűrűkerék valamint a hajlékony golyóscsapágó és az $R_0 + w_0 \cos(2\phi)$ függvénnyel leírt bütők szerelési egysége

2. ábra A mélyhornyú és a hajlékony golyóscsapágó külső gyűrűinek keresztmetszete

A csapágó vizsgálatát a fogazati kapcsolódás szempontjából kedvező bütőkprofil típusának kiválasztásával kezdjük. A fogazat határozza meg a deformációs hullám nagyságát is, tehát a korábbi munkákban [8,9] tárgyalt bütőkprofilok nagy és kistengelyének viszonyát. A hajlékony csapágó belső gyűrűjének kezdeti, szereléskor előálló igénybevételét alapvetően ez a viszonyszám, továbbá a a bütőkprofil görbületváltozásának mértéke határozza meg. A szerelési hézagról a H/h jellegű illeszkedés tájékoztat. Szemlélet alapján következtethetünk a belső gyűrű és bütők érintkezési tartományára. Vonatkoztassunk el attól, hogy a csapágó a két gyűrűvel, a kosárral és a golyókkal egyetlen szerelési egységet alkot. Ez egyébként sem túlságosan nehéz feladat, hiszen a műanyag kosár könnyen kiemelhető, a golyók rendezettségének megszüntetésével valóban sérülésmentesen szétszedhető a csapágó. Ha a különálló belső gyűrűt húzzuk a bütőkre, a profil nagytengelyének környezetében az érintkezés biztosan létrejön, a kistengelynél viszont biztosan nem. Végeselemes analízis kimutatta, hogy a belső gyűrű a bütőkön csak a nagytengely menti $\sim 110\text{--}110^\circ$ -os szögtartományban fekszik fel [8]. A többi részen hézaggal illeszkedik. A bütők profilja egy körre szuperponált $w_0 \cos(2\phi)$ függvény (3. ábra) szerint változott. A gyártási alak- és helyzethibáktól eltekintettünk.

3. ábra Robotkar hajtása hullámhajtóművel. A generátor radiális kiegyenlítő tengelykapcsolón keresztül kapja hajtását

Mivel a gyűrűk vékonyak, a golyók hornyai is sekélyek. A nagyszámú gördülőelem a bütőkprofil pontos átszármaztatását hivatott megvalósítani. A külső gyűrű és golyó behelyezése nem módosítja számottevően a belső gyűrű korábbi alakját. A külső gyűrű viszont egy sokszög alakot vesz fel. A hullámkerék H/h jellegű illesztésével, továbbá az így előállt szerelési egységnek a merev gyűrűkerékbe

történő helyezésével kialakul az elemek egy lehetséges alakváltozás-állapota. És végül az üresjárat és a terhelés ezt az állapotot változtatja át jelentős mértékben. A hullámkerék eredeti elliptikus alakja erősen torzul. Ráadásul egy pohár alakú hullámkerék alkotóinak szögelfordulása kikényszerítheti a külső csapágygyűrű alkotóinak a szögelfordulását. És végül nem szabad megfeledkezni a csapágyházag hatásáról sem.

A két kapcsolódási tartomány (1.ábra) meghatározza a hullámgenerátor radiális helyzetét, ezért meg kell teremteni szabad beállításának lehetőségét. Ezt a feltételt a 3. ábra hajtóműve teljesíti.

A programot a Művelődési és Közoktatási Minisztérium Felsőoktatási Programfinanszírozási Pályázata támogatta.

Irodalom

- [1] M. ten Bosch, Gépelemek, Kossuth Nyomda, Budapest, 1964, 808p.
- [2] Kozák I., KIMHER programrendszer héjak, lemezek és tárcsák forgásszimmetrikus feladataira, síkbeli tartókra (programismertető és felhasználói leírás), Miskolci Egyetem, 1994, 106p.
- [3] COSMOS/M Geostar User Guide (Version 1.65A), Structural Research and Analysis Corporation, Santa Monica, California, 1992.
- [4] Molnár L. & Varga L., Gördülőcsapágyak tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977, 452p.
- [5] Volkov, D.P. & A.F.Krajnev, Hullámhajtóművek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984, p209-214.
- [6] Péter J., Fogaskerék-hullámhajtómű és tengelykapcsoló kapcsolódásának vizsgálata, A Tudományos Minősítő Bizottsághoz benyújtott és elfogadott kandidátusi értekezés, Miskolc, 1992, 111p.
- [7] Németh G. & Péter J., Egy különleges csapágy néhány jellemzője, Géptervezők és termékfejlesztők X. Országos Szeminárium kiadványkötete, Miskolc, pp251-255, 1995.
- [8] Németh G. & Péter J., Az egysorú mélyhornyú golyóscsapágy és a hajlékony golyóscsapágy különbségei, microCAD '96 Nemzetközi számítástechnikai Tudományos Konferencia, Gép- és szerkezettervezés (J/1 Szekció) kiadványkötete, Miskolc-Egyetemváros, pp21-25, 1996.
- [9] Németh G. & Péter J., A bütök és a hajlékony golyóscsapágy kapcsolata, Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka kiadványa, II. kötet, pp101-104, Kolozsvár, 1997.

Németh Géza, egyetemi tanársegéd,

Dr. Péter József, Ph.D., a műszaki tudomány kandidátusa, egyetemi docens

Miskolci Egyetem Gépelemek Tanszéke, Miskolc-Egyetemváros H-3515, Hungary, Tel/fax: +36 46 327 643

Investigation of Flexible Ball Bearing

G. Németh J. Péter, Ph.D.

The main difference between the epicyclic gear drives and the harmonic drives is the existence of a toothed wheel with high flexibility in the latter one. The flexible wheel of the harmonic drive derived from the epicyclic gear drive with one planet gear is mainly the wheel with external teeth and named as flexspline. Its flexibility is assured by the shell-like shape. The task of the wave generator is the creation of waves. The wave generator makes connection between the flexspline and the solid ring with internal teeth called circular spline. The number of teeth of circular spline is greater than that of the flexspline, and the difference is usually two. Among the numerous solutions of wave generators the mechanically operated ones are in general use, especially the design containing a thin raced ball bearing fitted onto an elliptical plug. It serves as a high efficiency torque converter. This special bearing is not contained by the bearing catalogues. Its design is in relation with the common deep groove ball bearing. This paper tries to show the results of research work on this special bearing.

Hajlékony golyóscsapágy vizsgálata

A nagy kinematikai áttétel megvalósítására alkalmas hullámhajtóművek leginkább abban térnek el a hagyományos bolygósművektől, hogy alapelemeik közül legalább egy kifejezetten hajlékony. Az egy bolygókerekes, belső kapcsolódású bolygósműből származtatható fogaskerekes hullámhajtóműben ez a hajlékony alapelem legtöbbször a külső fogazatú kerék, amelyet hullámkeréknek nevezünk. Az elnevezés a működés során rajta periodikusan áthaladó hullámokból adódik. Hajlékonyságát héjszerű kialakítása biztosítja. A hullámok létrehozása a hullámgenerátor feladata. Ez hozza kapcsolatba a hullámkereket az általában kétszeres fogszámú, belső fogazatú merev gyűrűkerékkel. A számos megoldás közül a mechanikus elven működők, ezen belül a büttyösek terjedtek el. A büttyök és a hullámkerék közé a veszteségek csökkentése érdekében hajlékony golyóscsapágyat helyeznek. Ez a csapágytípus a csapágygyárak termékválasztékában nem szerepel. Leginkább az egysorú mélyhornyú golyóscsapágyra hasonlít. Jelen dolgozatban a szerzők e különleges csapágyra vonatkozó vizsgálatuk néhány eredményét kívánják bemutatni.

Géza NÉMETH, assistant lecturer

József PÉTER, Ph.D., associate professor

University of Miskolc, Department of Machine Elements, Miskolc-Egyetemváros H-3515,

Tel/fax: +36 46 327 643