FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

A BÜTYÖK ÉS A HAJLÉKONY GOLYÓSCSAPÁGY KAPCSOLATA

Németh Géza, Dr. Péter József

Összefoglalás

A hullámhajtómű leginkább igénybe vett eleme a hullámkerék. Terhelését, anyagának fáradását a vele kapcsolódó elemek erősen befolyásolják. Ilyen befolyásoló elem a bütők is, mely a hajlékony csapágnak átadott alakváltozáson keresztül hat rá. Ahogy a hajlékony csapágó belső gyűrűjének görbülete változik, pontjai érintő irányban elmozdulnak, adott pontjaihoz tartozó normálisai elfordulnak, ugyanúgy a csapágó külső gyűrűjén is megjelennek ezek a változások, valamint a reá illesztett hullámkerékben is. A bütők és a belső csapágógyűrű érintkezési pontjai elvileg nem mozdulnak el egymáshoz képest, ha eltekintünk a köztük meglévő hézagtól. A csapágó külső gyűrűjének és a hullámkeréknek a kapcsolatáról ugyanez mondható el. Azonban amíg a belső gyűrű egyetlen deformálását nem követi újabb, a külső gyűrű és a hullámkerék deformálása folyamatosan, minden egyes körülfordulás alatt végbemegy. Fogazott kerekek esetén a fogak elfordulása követi a külső gyűrű normálisának elfordulását, ezért mindképpen szükséges az eddigi adatok birtokában a külső csapágógyűrű és a hullámkerék-alak meghatározása – pusztán a bütők deformáló hatásából adódóan –, melyre azután a külső terhelésből adódó alakváltoztató hatás szuperponálható. Jelen dolgozat előtanulmányának tekinthető a kapcsolódó hullámkerék-fogak tartományának, a terheléeloszlásnak és fogdeformációknak számításához.

1. Bevezetés

A bolygómozgások külön osztályát képezik a hullámhajtóművek, melyek fő jellegzetessége, hogy működés során több elemükben nagy rugalmas deformáció jön létre, és működésük alapját éppen ez a nagymértékű deformáció teremti meg. A három alapelem – külső és belső kapcsolódású kerék, generátor – mindegyik típusban fellelhető. A kerekek közül legalább az egyik nagy rugalmas alakváltozásnak kitett elem, ezért hajlékony kiképzésű, és hullámkeréknek nevezzük. A hajlékony kerék hullámaina a generátor gerjeszti, mely a működési elv és a kialakítás szerint is nagy változatosságot mutat. A súrlódások csökkentése érdekében a bütők és a hullámkerék közé hajlékony golyóscsapágot építenek be. Az 1. ábra ezt a konstrukciót mutatja. A következőkben a szokásos bütőkialakítások kerülnek bemutatásra.

1. ábra Külső fogazatú hullámkerék, a gyűrűkerék és a hajlékony golyóscsapágó, bütők összeállítása

2. Bütököprofil-görbék

A 2. ábrán látható három bütököprofil szerelnénk bemutatni. Az első egy ellipszis, a második egy R_0 sugarú körre szuperponált $w_0 \cos 2\phi$ függvényvel írható le, a harmadik pedig egy négy körívből álló zárt sík görbe. Mindegyik görbe jellemezhető az R_0 közepes sugárral, az a és b fél nagy- és kistengellyel.

2. ábra Bütököprofilok

Az R_0 közepes sugarat abból a feltételezésből számítjuk, hogy a bütök külső kerülete — teljes ívhossza —, és a csapágy belsőgyűrűjének csatlakozó kerülete megegyezik. Hasonlóan, elemi differenciál-geometriai összefüggésekkel számíthatók a görbületek szélső értékei is, amint az 1. táblázat mutatja [4,5,8].

1. táblázat Bütököprofilok jellemző számértékei

Jellemző	Jel	Ellipszis	$r = R_0 + w_0 \cos 2\phi$	Négy köríves
Közepes sugár	R_0 [mm]	29,9970	29,9880	30,0334
Fél nagytengely	a [mm]	30,5970	30,5880	30,6344
Fél kistengely	b [mm]	29,3970	29,3880	29,4344
Legnagyobb görbület	$g_{\max}$ [1/mm]	0,03541	0,03526	0,03264
Legkisebb görbület	$g_{\min}$ [1/mm]	0,03140	0,03125	0,03214

A bütökre a hajlékony csapágy belső gyűrűje kerül. Síkbeli modellt használva, továbbá hézagmentes illeszkedést feltételezve az eredetileg d belső átmérőjű gyűrű felveszi a bütök alakját, vagyis a kör a bütököprofilról függően torzul. Az 3. ábra az ellipszissé történő alakváltozás közben előálló változásokat mutatja. A szimmetriák miatt elegendő egynegyed ívet vizsgálni.

3. ábra A belső csapágygyűrű alakváltozása

A ψ szöghöz tartozó kör P pontja az alakváltozás után az ellipszis F pontjába mozdul, vagyis a ϕ -vel jelölt szöghelyzetbe. Látható, hogy $\gamma = \psi - \phi$ jellemzi az érintő irányú elmozdulást. Az is megfigyelhető, hogy a nagytengely végpontjának irányába mozdulnak el a pontok, és ez érvényes végig a $(0, \pi/2)$ tartományon.

Az F pontbeli érintő ν szögben hajlik, ehhez képest a sugár koordináta α szögben. Az adott gyűrűponthoz tartozó normálisnak az alakváltozás közbeni elfordulását az ϵ szög jellemzi. Hasonló ábrák tartoznának a másik

két bütökhöz is. A γ , α és ε szögértékek változását ψ függvényében a 4. ábra mutatja. Az ellipszis alakú bütők (folytonos vonal) és a $\cos 2\phi$ -ként periodikus (szaggatott) alig mutat eltérést, szemben a négyköríves profillal (pontosított vonal). A függvények többsége szélső értékkel rendelkezik a vizsgált tartományon, és ez maximum. A négyköríves profil $\alpha(\psi)$ és $\varepsilon(\psi)$ függvénye is rendelkezik maximális értékkel az adott tartományon. Ezeket foglalja össze a 2. táblázat.

4. ábra $\gamma = \gamma(\psi)$, $\alpha = \alpha(\psi)$ és $\varepsilon = \varepsilon(\psi)$ függvény a $[0, \pi/2]$ tartományon

2. táblázat Szélső értékek helyei és értékei (az 5. ábra jelöléseivel)

Jellemző				Ellipszis	$r=R_0+w_0\cos 2\phi$	Négy köríves
A gyűrű P pontjának elfordulása	maximum	helye	ψ [°]	45,7145	46,1458	42,0547
		értéke	$\gamma_{\max}$ [°]	0,5735	0,5729	0,6028
F pontbeli érintő és a hozzá húzott sugár szöge	maximum	helye	ψ [°]	44,4271	46,1461	15,3172
		értéke	$\alpha_{\max}$ [°]	92,2918	92,2920	92,9827
P pontbeli normális elfordulása, mialatt F-be kerül	maximum	helye	ψ [°]	43,9973	46,1463	15,3172
		értéke	$\varepsilon_{\max}$ [°]	1,7190	1,7191	2,6655

5. Bütők mérése, gyártása

A 5. ábra egy megvalósult négyköríves profilú bütököt mutat, mely a ME Gépelemek Tanszékén készített kísérleti darab. A "köralakhibát" polár diagramon ábrázolva kitűnik, hogy $\phi_1 \approx 15^\circ$ volt a gyártás egyik alapadata. $d = 2a = 121,8$ mm sugarú hengerből kiindulva, síktárcsában készült.

5. ábra Négy köríves bütök mérési eredményei. A polár diagramon ábrázolt $w(\phi)$ függvény $[0,01$

6. Értékelés, következtetések

A hullámhajtómű leginkább igénybe vett eleme a hullámkerék. Terhelését, anyagának fáradását a vele kapcsolódó elemek erősen befolyásolják. Ilyen befolyásoló elem a bűtyök is, mely a hajlékony csapágnak átadott alakváltozáson keresztül hat rá. Ahogy a hajlékony csapágys belső gyűrűjének görbülete változik, pontjai érintő irányban elmozdulnak, adott pontjaihoz tartozó normálisai elfordulnak, ugyanúgy a csapágys külső gyűrűjén is megjelennek ezek a változások, valamint a reá illesztett hullámkerékben is. A bűtyök és a belső csapágysgyűrű érintkezési pontjai elvileg nem mozduľnak el egymáshoz képest, ha eltekintünk a köztük meglévő hézagtól. A csapágys külső gyűrűjének és a hullámkeréknek a kapcsolatáról ugyanez mondható el. Azonban amíg a belső gyűrű egyetlen deformálását nem követi újabb, a külső gyűrű és a hullámkerék deformálása folyamatosan, minden egyes körülfordulás alatt végbemegy. Fogazott kerekék esetén a fogak elfordulása követi a külső gyűrű normálisának elfordulását, ezért mindékeppen szükséges az eddigi adatok birtokában a külső csapágysgyűrű és a hullámkerék-alak meghatározása – pusztán a bűtyök deformáló hatásából adódóan –, melyre azután a külső terhelésből adódó alakváltoztató hatás szuperponálható.

Irodalom

- [1] Molnár L. & Varga L., Gördülőcsapágys tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977, 452p.
- [2] Volkov, D.P. & A.F.Krajnev, Hullámhajtóművek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984, p209-214.
- [3] Péter J., Fogaskerék-hullámhajtómű és tengelykapcsoló kapcsolódásának vizsgálata, A Tudományos Minősítő Bizottsághoz benyújtott és elfogadott kandidátusi értekezés, Miskolc, 1992, 111p.
- [4] Németh G. & Péter J., Az egysorú mélyhornyú golyóscsapágys és a hajlékony golyóscsapágys különbségei, microCAD '96 Nemzetközi Számítástechnikai Tudományos konferencia, Gép- és Szerkezettervezés (J/1) Szekció kiadványkötete, 1996. feb. 29., Miskolc-Egyetemváros
- [5] Pap Józsefné (et al.), Gépek kinematikai láncát alkotó gépelemek és szerelvények tartósságnövelése (kut. jelentés, sz: 151-76-3.8.-1.), 1978. febr., Miskolc

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*