FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2004. március 26-27.

SPIROID HAJTÁSOK GEOMETRIAI MÉRETEZÉSE ÉS VÉGESELEMES ANALÍZISE

Dr. Bányai Károly, Felhő Csaba, Prof.Dr.Dr.h.c. Dudás Illés

Abstract

The spiroid drivings (conical pinion connected with plate gear by non-crossing axis) plays more and more significant role in driving technics due to its advantageous properties (big transmission ratio, good efficiency, low space for installation, high performance to take over, etc). The worthy usage is hindered by its troubles during manufacturing, which are caused by the complicated contact conditions and the technology used for manufacturing. The patenter and manufacturer factory (Illinois Tool Works, USA) protects all of this informations by hidden patents, but they announces a method for design calculations based on practical values which are widely used in industry but not suitable for all ranges. We would like to deal with this trouble in this presentation and show a possible solution for it.

Összefoglaló

A spiroid hajtások (kúpos csiga kapcsolódása tányérkerékkel, kitérő tengelyekkel) egyre nagyobb szerepet kapnak a hajtástechnikában előnyös tulajdonságaik miatt (nagy áttételi tartomány, jó hatásfok, kis helyszükséglet nagy átvihető teljesítmény mellett, stb.). Előnyeikhez méltó elterjedését méretezési és gyártási nehézségei gátolják, amelyek a bonyolult kapcsolódási viszonyokból és a gyártástechnológiából adódnak [1]. A szabadalmaztató és gyártó (Illinois Tool Works) mindezeket titkos szabadalmakkal védi, de a méretezésre egységes - az ipari gyakorlatban elterjedt, de nem minden tartományban használható, tapasztalati értékeken alapuló - méretezési módszert közöl. Ebben az előadásunkban e problémát szeretnénk feltárni és megoldást közölni.

1. GEOMETRIAI MÉRETEZÉS

Az 1. ábrán a hajtópár geometriai méretezéséhez szükséges legfőbb paraméterek szerepelnek.

1. ábra

Spiroid hajtás alapvető geometriai méretei

A 2. ábra a méretezés folyamatát mutatja.

2. ábra

A geometriai méretezés folyamatábrája

2. SZÁMÍTÓGÉPES PROGRAM

Az általunk készített geometriai méretezést végző szoftver („Spiroid geom”) be- és kimenő adatait mutatja a 3. és 4. ábra.

3. ábra
A program bemenő adatai

4. ábra
A kiszámított értékek

3. FUTTATÁSI EREDMÉNYEK

A „Spiroid geom” program bemenő adatait a [2] irodalomban található táblázatból határoztuk meg, az átvíendő teljesítmény és az áttétel függvényében.

Bemenő adatok:	Kapott eredmények (Geometriai méretek)
Csiga bekezdésének száma (Np).....: 2	Axiális menetemelkedés.....: 1.329342
Csiga és a kerék tengelytávja (C)/mm/.....: 35.0	A radiális menetemelkedés.....: 0.116302
Csiga "szigma" szöge (σ)...../fok/.....: 40.0	Tengelyir. menetem. nagysága./mm/...: 4.192203
Kapcsolószög kis oldalán (ψ ₁).../fok/.....: 10.0	Csiga osztókör sugara (R _p).....: 6.402545
Kapcsolószög nagy oldalán (ψ ₂).../fok/.....: 30.00	Kúpos menetemelkedés.....: 8.451204
Csiga félkúpszöge (τ)...../fok/.....: 5.0	A főpont x-koordinátája (x _p).....: 28.808337
Csiga osztóköri átmérőhányadosa (R _G /R _p)....: 7.0	A főpont y-koordinátája (y _p).....: 6.367648
A torokhenger sugara/mm/.....: 0.0	A főpont z-koordinátája (z _p).....: 0.667561
Menetemelkedés nagysága/mm/.....: 8.3525	A csiga "0"-síkbeli sugara (r ₀).....: 3.882142
Az áttétel nagysága (m _G).....: 30.000000	A csiga működő fogmagassága (D _w)....: 3.479392
	A csiga középsík x-irányú távolsága (x): 17.812690
	A csiga középsík z-irányú távolsága (z): 0.832990
	A csiga középsík lábkör átmérője (d): 10.143372
	A csiga teng. táv. a fog bel. élsíkja.... (y): 5.002812
	A csiga közepes átm. (d _m).....: 9.780796
	A csiga közepes em. szöge (λ _m).....: 0.269379
	A csiga külső átmérője (D _{OP}).....: 17.444372
	A csiga hossza (F _p).....: 25.578000
	A csiga éltáv. a kerék teng.-től.....: 41.730500
	A csigatengely átmérő nagy oldalán..: 11.025908
	A csigatengely átmérő kis oldalán.....: 7.383666
	A csiga normál működő fogmag. (D _N): 3.466153
	A csiga lábhézagja (CLR).....: 0.297792

5. ábra

A program által számított csiga vázlata

4. A HAJTÁS 3D MODELLJÉNEK ELŐÁLLÍTÁSA

A csiga és csigakerék fogfelületének illetve adott φ elforgatási szöghöz tartozó érintkezési vonalainak meghatározására egy, az [1] irodalomban ismertetett kinematikai módszerre alapozott számítási program került kidolgozásra. A program adott geometriájú csiga esetén számítja az elméleti érintkezési vonalakat, melyre illesztett burkolófelület a csigakerékhez kötött vonatkoztatási rendszerben megadja a csigakerék fogfelületét, így lehetővé teszi a hajtópár geometriai modelljének generálását a végeselemes programrendszer számára. Ezen túlmenően meghatározza az érintkezési vonal pontjaiban a felületi normális irányát, amely a fogfelületre merőleges terhelés megadásához szükséges.

Ezek alapján lehetséges a hajtópár geometriai modelljének előállítása CAD rendszerben. Erre a célra mi a CADKEY programot használtuk a következő módszert alkalmazva

Az előzőekben ismertetett programmal meghatároztuk egy fog koordinátáit a keréken. Ezt úgy kell elképzelni, nagyon leegyszerűsítve, mintha egy fog egy negyed hengeres gyűrű lenne. Ennek van 8 pontja, amit egyenesek és körívdarabok kötnek össze. Ezt alkalmaztuk mi is 16 db ponttal csak itt ezeket szplájnokkal kötöttük össze. Ezek ismeretében már csak sokszorozni kellett körbe a fogszámnak megfelelően a fogak nélküli keréken. A csigát is drótvázból építettük fel. A fejszalagot és a lábszalagot térbeli szplájnokkal modelleztük, amikből később test lett. A fejszalag és a lábszalag szplájnait fordulatanként 4 pontból határoztuk meg a geometriai adatokból. A modell pontosságát nagyban befolyásolja a koordináták száma.

Az így kapott 3D modell látható a következő ábrán:

6. ábra

Spiroid hajtás 3D-s geometriai modellje

5. VÉGESELEMES ANALÍZIS

A cél az, hogy szimulálva a kapcsolódás közben ébredő terheléseket (befogás és egyéb erők) kimutassuk a károsodás, deformáció helyét és mértékét, valamint tájékozódjunk a feszültségek nagyságáról.

A végeselemes vizsgálatokat az MSC.Marc programmal végezzük. Ez a rendszer képes arra, hogy a kontakviszonyokat speciális kontaktelemek használata nélkül, térfogatelemek kapcsolódásának vizsgálatával oldja meg. Ez nagyban megkönnyíti az ilyen típusú elemzések elvégzését.

A végeselem-háló MSC.PATRAN rendszerben készült, automatikus hálógenerálással, 4 csomópontos tetraéder elemekből, a kapcsolódásban lévő fogpárok felületein megfelelő sűrítéssel. A csiga végeselem-modellje 64100 elemet és 15600 csomópontot tartalmaz.

A csigakerék végeselemes modellje a teljes kerék helyett csak 5 fogat vizsgál, mivel a legördülés során 3-5 fogpár van egyidejűleg kapcsolatban, a többi a kapcsolódáson kívül esik, merevítő hatásuk kicsi, és a teljes kerék modellje olyan nagy csomópontszámot eredményezne, amelyet az alkalmazott végeselemes szoftver már nem tud kezelni. Így a kerék végeselem-modellje 36000 elemet és 8700 csomópontot tartalmaz. Peremfeltételként, a csigakerék nem modellezett részéhez kapcsolódó csomópontokban, merev rögzítés került megadásra. A terhelés a kerék esetében is az érintkezési vonalakhoz lehető legközelebb eső csomópontokban, koncentrált erőként lett modellezve. A számítást acél csiga és bronz csigakerék esetére végeztük el.

7. ábra

Végeleemes módszer (VEM) folyamatábrája [1]

8. ábra

A végeleemes térháló

9. ábra

Egyenértékű feszültségeloszlás a csiga fogfelületén

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Elemzéseink alapján megállapíthatjuk, hogy a tervezés alapjaként felvett főpont helyzete nagyon jó közelítéssel egybeesik az általunk korábbi kutatásaink során megállapított optimális koronglehúzási hellyel, mellyel a spiroid hajtás csigáját köszörüljük [1].

Különböző φ mozgásparaméterekhez tartozó kapcsolódási helyzeteket végeselemes analízissel vizsgálva megállapítható, hogy a pillanatnyi érintkezési vonalsereg által meghatározott kapcsolódási mező szélein található az érintkezési feszültségek maximális értéke, mely kb. 1,5 -szer nagyobb az átlagos érintkezési feszültségnél.

Az érintkezési feszültségek értékelése módosíthatja a geometriai méretezés kiindulási adatait is.

Ez a dolgozat a T038288 számú OTKA pályázat támogatásával készült (Témavezető: Dr. Dudás Illés) az MTA-ME Gépgyártástechnológiai Kutatócsoport keretében.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DUDÁS, I.: **Theory and Practice of Worm Gear Drives**, Penton Press, London, p 332
- [2] DUDLEY, D. W.: **Gear Handbook. The Design, Manufacture, and Application of Gears**, McGraw-Hill Book Company, New York, 1962
- [3] BÁNYAI, K., DUDÁS, I.: **Geometrical Development Of Spiroid Drivings**, microCAD 2003
- [4] Hegyháti J.: **Untersuchungen zur Anwendung von Spiroidgetrieben**, Diss.A.TU.Dresden, 1988. p.121.
- [5] LITVIN, F. L.: **Development of Gear Technology and Theory of Gearing**, National Aeronautics and Space Administration, Lewis Research Center, 1997, p.: 113

Dr. Bányai Károly tanszéki mérnök

Prof.Dr.Dr.h.c. Dudás Illés tanszékvezető, egyetemi tanár, a műszaki tudomány doktora

Felhő Csaba tanszéki mérnök

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék

3515. Miskolc, Egyetemváros, Magyarország

Tel: +36-46-565-160; Fax.: +36-46-364-941

E-mail: ggvtfcs@uni-miskolc.hu