FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2002. március 22-23.

KINEMATIKAI FELÜLETEK ELŐÁLLÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES SZERSZÁMPROFILOK MEGHATÁROZÁSA SPLINE ALKALMAZÁSÁVAL

DSc. Dudás Illés, Dr. Bányai Károly, Óváriné dr. Balajti Zsuzsanna
Miskolci Egyetem

Abstract

The analysis of helicoid surfaces is generally applicable to all tools having helicoidal surfaces. The aim is to create a mathematical procedure to investigate such tools. Until now the tool profile for the manufacturing of the worm surfaces could have been determined by point to point, because the equations of the contact characteristics are very difficult. Solving of the problem was made by a mathematical procedure done by the authors. So the equation of the tool profilé could be obtained.

1. BEVEZETÉS

A spiroid hajtások (kúpos csiga kapcsolódása tányérkerékkel kitérő tengelyekkel) egyre nagyobb szerepet kapnak a hajtástechnikában előnyös tulajdonságai miatt (nagy áttételi tartomány, a jó hatásfok, a kis helyszükséglet nagy átvihető teljesítmény mellett, stb.).

Előnyeihez méltó elterjedését gyártási nehézségei okozták, amelyek a bonyolult gyártásgeometriájából adódnak. Ezek a következők:

- Mind az edzett csiga, mind pedig a lefejtőmaró köszörülése egzakt módon a változó átmérő miatt - amelyet a kúposág okoz - a köszörűkorongnak állandó változását igényli. [1].
- A csigának és a lefejtőmarónak a felületazonossága így nehezen tartható, a csiga és a tányérkerék kapcsolódása nem tervezhető (hordkép lokalizálása, átviteli hibák csökkentése stb.).
- Az edzett csigák gyártásához szükséges köszörűkorong profil meghatározása - ezideig a hagyományos eljárással - pontonként történt.

Kutatási témáink fő célja a fent említett problémák kiküszöbölése, így új geometriai, valamint egy új eljárás a korongprofil analitikai meghatározására a vizsgálatok és a korongprofilozás vezérlésének egzaktabbá tétele.

Eljárásunk a következő:

- A hagyományos gyártási eljárást elfogadva (csiga-lefejtőmaró-tányérkerék) a csigát kettősen domborított geometriával, a lefejtőmarót hagyományos geometriával feltételezve a hordkép és az átviteli hibák tervezhetővé válnak [1] [2].
- A tengelymetszetben pontonként meghatározott korongprofilok helyett a pontokra illeszkedő Ferguson-spline-ok alkalmazása.

2. ÚJ GEOMETRIA A KAPCSOLÓDÁS TERVEZHETŐSÉGÉRE

2.1. Alkalmazott koordináta-rendszerek

A Σ_2 tányérkerék fogfelület származtatására használt koordináta-rendszerek S_1 és S_2 , amelyek fixen rögzítettek, az egyik a maróhoz (Σ_1), a másik a tányérkerékhez (Σ_2) és a segéd koordináta-rendszerek S_m és S_n , amelyek az állványhoz mereven rögzítettek (1. ábra).

1. ábra

A kapcsolódó elemek koordináta-rendszerei

2.2. A maró és tányérkerék kapcsolódási egyenlete

Mint említettük a maró felülete hosszirányban kúpos, profilja egyenes, míg a csigáé mind hosszirányban, mind profil irányban parabolikusán domborított.

Az előzők alapján a kapcsolódás I. törvénye szerint meghatározható a fogfelületek közötti kapcsolódási pontok, vonalak egyenlete.

Itt példaként - a tányérkerék fogfelületének meghatározásához - a maró és a tányérkerék közötti kapcsolódási egyenletet írjuk fel.

$$\begin{aligned}
 f^{(i)}(u_1^{(i)}; \theta_1; \phi_1) &= N_1^{(i)} \cdot v_1^{(12),i} = 0 \\
 f^{(i)}(u_1^{(i)}; \theta_1; \phi_1) &= -N_{1x}^{(i)} [m_{21} (\sin \gamma_m \sin \phi_1 z_1^{(i)} + L \sin \phi_1 - E \cos \gamma_m \cos \phi_1)] - \\
 &\quad - N_{1y}^{(i)} [m_{21} (\sin \gamma_m \cos \phi_1 z_1^{(i)} + L \cos \phi_1 + E \cos \gamma_m \sin \phi_1)] + \\
 &\quad + N_{1z}^{(i)} \{ p_s + m_{21} [-p_s \cos \gamma_m + \sin \gamma_m (\sin \phi_1 x_1^{(i)} + \cos \phi_1 y_1^{(i)} + E)] \}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Ez a kapcsolódási egyenlet implicit alakú, így a ϕ_1 paraméter különböző rögzített értékei mellett az u_1 és θ_1 paraméterek értékének változtatásával keressük meg a megoldást adó értékeket.

2.3. A csiga köszörülése, a köszörűkorong profilja

A kettős domborítású edzett csigát köszörülni kell. A köszörűkorong profilja a kívánt csigafelület generálásához a csiga pillanatnyi átmérőjének (tengelyirányban változó) a függvénye.

A korongprofil meghatározásához először a csiga és a korong kapcsolódását kell vizsgálnunk [1] az 1. ábrán látható elrendezés szerint.

Az alkalmazott koordináta-rendszerek a következők:

- S_w - a csigához kötött koordináta-rendszer
- S_g - a köszörűkoronghoz kötött koordináta-rendszer
- S_o - az állványhoz kötött álló koordináta-rendszer

2. ábra

A csiga köszörülésénél alkalmazott koordináta-rendszerek

Az [1] irodalom alapján bizonyított, hogy a csiga tengely menti átmérőváltozása a korongprofil szükségszerű változását követeli meg a profilállandóság érdekében. Ezért a korongprofil folyamatos meghatározása a pontos megmunkáláshoz elengedhetetlen.

Tekintettel arra, hogy a kapcsolódás egyenletéből meghatározható érintkezési pontok alapján generálható köszörűkorong profil is csak pontjaival határozható meg, szükséges ezek analitikus meghatározása is, mind a kapcsolódási vizsgálatok, mind pedig a korongprofilozás vezérlése szempontjából.

3. A KÖSZÖRŰKORONG PROFIL ANALITIKUS MEGHATÁROZÁSA

Az adott $p_0, p_1, \dots, p_n$ pontokhoz $u_0, u_1, \dots, u_n$ paramétereket kell rendelni. Mivel a görbén a pontok egy irányba sűrűsödve helyezkednek el, ezért célszerű a húrhosszal arányos paraméterezést bevezetni: Keressük az $\vec{r}(u)$ görbét, melyen $\vec{r}(u_i) = p_i$ ($i=0, \dots$) teljesül, és $\vec{r}(u)$ másodrendben folytonosan kapcsolódó harmadrendű ívekből áll.

3. ábra

Ferguson spline diszkrét pontokon

Egy lehetséges megoldása a problémának az úgynevezett Ferguson-spline, mely egymáshoz másodrendben folytonosan kapcsolódó Hermite-ívekből áll.

A másodrendű folytonos kapcsolódás miatt

$$\begin{aligned} & \Delta^2 u_i t_{i-1} + 2(\Delta^2 u_i + \Delta^2 u_{i-1}) t_1 + \Delta^2 u_{i-1} t_{i+1} = \\ & = 3[\Delta^2 u_i (p_i - p_{i-1}) + \Delta^2 u_{i-1} (p_{i+1} - p_i)] \end{aligned} \quad (2)$$

ahol:

$$i = 1, \dots, n-1.$$

Ez egy tridiagonális egyenletrendszer, mely az

$$\begin{aligned} \alpha_i &= \Delta^2 u_i, \\ \beta_i &= 2(\Delta^2 u_i + \Delta^2 u_{i-1}), \\ \gamma_i &= \Delta^2 u_{i-1}, \\ q_i &= 3[\Delta^2 u_i (p_i - p_{i-1}) + \Delta^2 u_{i-1} (p_{i+1} - p_i)] \end{aligned} \quad (3)$$

jelöléseket bevezetve az egyenletrendszer a

$$\begin{bmatrix} \beta_0 & \gamma_0 & & & \\ \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 & & \\ & & & 0 & \\ & & & & \alpha_{n-1} & \beta_{n-1} & \gamma_{n-1} \\ & & & & & \alpha_n & \beta_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_0 \\ t_1 \\ M \\ t_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_0 \\ q_1 \\ M \\ q_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

alakban írható.

Így a $t_0, \dots, t_n$ érintők egyértelműen meghatározhatók. Mindezek alapján az adott pontokból analitikusan is meghatározható lesz a köszörűkorong profilja.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A különböző geometriájú csigahajtások gyártásgeometriája, kapcsolódásnak vizsgálata a jelenlegi legkorszerűbb módszerrel, a TCA (Tooth Contact Analysis) számítógépes programmal történik. Ez a program a fent említett módszerrel pontról pontra adja meg a jellemzőket és jeleníti meg az eredményeket és a kiértékeléseket.

Az előadásban említett módszer szerint a spline-ok alkalmazásával lehetőség nyílik az analitikus megoldásokra, mely meggyorsíthatja, illetve megkönnyítheti ezeket a feladatokat, vizsgálatokat.

Irodalomjegyzék

- [1] DUDÁS, I.: **Theory and Practice of Worm Gear Drives**. 2000. Penton Press, London, p.332
- [2] F.L. LITVIN, M. De DONNO: **Computerized Design and Generation of Modified Spiroid Worm Gear Drive with Low Transmission Errors and Stabilized Bearing Contact**. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 162 (1998) 187-201
- [3] ÓVÁRINÉ, B. Zs.: **A Monge-féle ábrázolás bijektivitásának Vizsgálata**. Egyetemi doktori értekezés.
- [4] I. DUDÁS - K. BÁNYAI: **Optimization of generation of helicoidal surfaces**. The International Conference on Mechanical Transmissions (ICMT'2001), Chongqing University, Chongqing, P.R. China, 2001, pp.313-317.

Dudás Illés, Prof Dr., Tanszékvezető egyetemi tanár

Dr. Bányai Károly, egyetemi adjunktus

Óváriné dr. Balajti Zsuzsanna egyetemi tanársegéd

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék

H-3515 Miskolc, Egyetemváros

Tel.: (36-46) 565-160 Fax.: (36-46) 364-941

E-mail: ggytdi@gold.uni-miskolc.hu

Készült a T 038288 sz. OTKA téma támogatásával.