

AZ ARKHIMÉDÉSZI SPIRÁL FOGIRÁNYVONALÚ HENGERES FOGASKEREK BURKOLÁSÁNAK A BURKOLT FELÜLETSEREG ELOSZTÁSÁT JELLEMZŐ ASPEKTUSÁRÓL

ASPECTS OF THE REPARTITION OF THE MESHED SURFACE MANIFOLD BY THE MESHING PROCESS OF CYLINDRICAL GEARS WITH ARCHIMEDEAN SPIRAL SHAPED TOOTHLINE

Máté Márton¹, Hollanda Dénes²

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Műszaki és Humán Tudományok Kar,
Gépészmérnöki Tanszék, 540485 Târgu Mureș, O.p. 9, C.p. 4., Telefon/Fax: +40-
265-206210,¹mmate@ms.sapientia.ro, ²hollanda@ms.sapientia.ro*

Abstract

Manufacturing cylindrical gears with curved teeth is motivated by the purpose of increasing the load capacity. It is demonstrated that pairing of concave and convex tooth flanks leads to significant increasing of the bearing capacity of gear pair. The peculiar aspects of the kinematics regarding the generating of the curved teeth of the cylindrical gear cannot be described using the bi-parametrical meshing model. This drawback was eliminated through the model of the pulsating generating rack. Just solving the equation of gearing isn't sufficient, because the phenomenon of ante- and post-trimming cannot be identified through that. This aspects can be handled analyzing the relative kinematics at the level of the cutting edge. The study of the real generating surfaces is difficult due to the rugged distribution of the generating surfaces.

This paper presents the mathematical model of an alternative solution. The peculiarity of the proposed method consists in focusing on the repartition of the curves- resulted as traces of the cutting edge when this traverses a family of parallel planes disposed perpendicular to the gear's axis. Through this the spatial meshing will be reduced to n parallel plain curve meshing processes.

Keywords: *Cylindrical gear, spiral, meshing, family of curves.*

Összefoglalás

A görbe vonalú hengeres fogaskerek előállításának célja a terhelhetőség növelése. Bizonyított tény, hogy a konvex-konkáv kapcsolódó fogfelület-párosítás a terhelhetőség jelentős növelését eredményezi. A közleményben szereplő fogaskerék lefejtés-kinematikájának sajátos aspektusai a kétparaméteres burkolás modelljével nem írhatók le, ezért bevezettük a pulzáló fogasléc modelljét. A kapcsolódási egyenlet megoldása nem elegendő, ugyanis ki kell zárni az elő-, illetve az utólenyesés jelenségét. Ez a relatív mozgás vágóélszintre lehozott kinematikájának részletes elemzésével valósul meg. A valós generáló felületek eloszlása annyira egyenetlen, hogy a burkolás tanulmányozása nehézkessé válik.

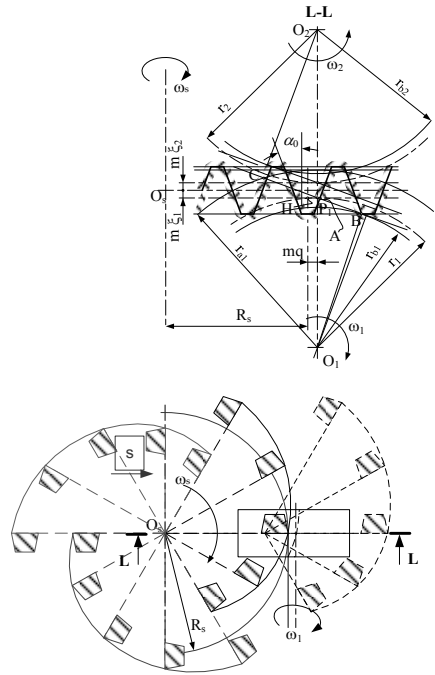
Jelen közleményben az előbb jelzett hátrány kiküszöbölésére kidolgozott alternatív módszer matematikai modelljét mutatjuk be. A módszer sajátossága abban áll, hogy a burkolt kerék tengelyére merőleges síkokban keletkező görbeseregek relatív elhelyezkedését vizsgáljuk.

Kulcsszavak: *hengeres fogaskerék, spirális, burkolás, görbesereg*

1. A fogazat lefejtésének elve

Az Arkhimédész-féle spirális fogirány vonalú hengeres fogaskerekek alternatívát jelentenek az ismert Wildhaber–Novikov típusú egyenes vagy ferde fogú hengeres fogaskerekre. A célunk létrehozni olyan, helyesen kapcsolódó külső, hengeres hajtópárt, amely az erőátadást konvex-konkáv fogoldalak között valósítja meg. A Wildhaber–Novikov-fogazat a fogprofil magasságában konvex-konkáv, és igen érzékeny a tengelytáv-módosításra [3,4]. A javasolt hajtópár esetében a fogoldalak konvex-konkáv jellege az Arkhimédész-féle spirális vezérgörbe miatt alakul ki. A lefejtés elméletileg egyetlen származatófelülettel történik, Olivier első fogazási módszere szerint [1]. A tangenciális eltolásos lefejtés elvét az **1. ábrán** szemléltettük. A lefejtő szerszám egy $Z_0=3$ késcsoportból álló, egyenként 3-5 kést tartalmazó, az „Öerlikon”-féle marófejekhez igen hasonló felépítésű, a kések mikron pontosságú radiális állítását megengedő marófej. A késpofilok középpontjai (az osztóvonal és a fogprofil szimmetriavonalának metszéspontja) Arkhimédész-féle spirális vezérgörbére illeszkednek. Az **1. ábra** alsó vázlata a felülnézet, ahol jól látható a 3 Arkhimédész-féle spirális ív. A szerszám forgása miatt ennek tengelysíkjaiban egy pulzáló fogasléc jön létre [9,10], melynek elmozdulását két szuperponált mozgás adja: az első, gyors mozgás a spirális hatása miatt jön létre, és addig tart, ameddig a vizsgált késcsoport része a fogaskereket határoló, ennek tengelyére merőleges síkok között található – vagyis attól a pillanattól, hogy a késcsoport első kése begördül, az utolsó pedig kigördül az említett síkok közül. Az **1. ábrán** a virtuális fogaslécszelvényt a fogaskereket szélességében felező síkban szemléltetjük. Mivel ez a mozgás terjedelmében igen rövid, a lécs nem képes „befutni” akkora távot,

hogy a teljes fogaskerék-fogprofilal kapcsoljon.



1. ábra. A tangenciális eltolásos fogazat-lefejtés elve

Ezen tangenciális eltolással segítünk, vagyis a szerszám tengelye sugárirányban elmozdul. A fogaskerék eközben saját tengelye körül állandó szögsebességű forgómozgást végez, aminek következtében a görbült fogú, de szabályos profilú fogasléc kigenerálja a fogárkot.

A fogárkokban egyszerre egy késcsoport dolgozik, vagyis a kerék egy szögosztásnyi elfordulására a marófej $2\pi/Z_0$ értékű központi szöggel fordul el. Miután a fogaskerék vizsgált fogárka ismét lefejtési helyzetbe kerül, a marófej valamelyik késcsoportja a tangenciális eltolás hatására már előre-tolt helyzetben található, így a pulzálás (a gyors mozgás) a fogaskerék tengelyéhez

már közelebb történik. Az előbb ismertetett geometriai sajátosságok alapján kijelenthetjük, hogy a lefejtés diszkrét, egymás után következő fogasléc-fogaskerék kapcsolódási helyzetekből mint kiinduló helyzetből kezdődő, részleges legördülések halmazaként fogható fel.

A módszer egy korábbi változata radiális behatolással megvalósított [2]. Ennél a változatnál a szerszám inkább a „Mammano”-féle maróhoz hasonlít. A tangenciális előtolásos módszer több hordképlokalizációs lehetőséget rejt, és nagyobb várható termelékenységet ígér.

Mind a radiális behatolással történő lefejtés, mind a tangenciális előtolásos módszer esetében nemcsak a szerszám felépítéséből származó előnyös foggörbületkialakítást (a kések radiális elmozdítása), hanem a fogasléc egyenes profilja adta általános fogazási lehetőségeket is hatékonyan ki lehet használni a hordkép kialakítására [6].

A burkoláshoz szükséges kapcsolódási egyenletet kétparaméteres vagy egyparaméteres burkolásként is fel lehet írni [1, 5]. A numerikus kiértékelés során a [7,8]-ban is említett módszerekhez hasonló módszert alkalmaztunk.

A kapcsolódási egyenlet kimutatja a kapcsolódási pontokat adott pillanatban, adott helyen, és emellett a szinguláris pontokat is. Azt azonban nem mutatja ki, hogy a kapcsolódási egyenletet kielégítő felületpont meg is marad. Lehetséges, hogy az adott pontot a szerszám már azelőtt lesodorja, hogy valóban kapcsolódna (előlenyesés), vagy pedig a már kigenerált pontot egy újabb pulzáláskor forgácsba söpri (utólenyesés).

A generálás elméleti alapját a folytonos, azaz végtelenül sok vágóélet tartalmazó szerszámfogcsoport adja. A valóságban azonban a fogcsoportnak véges számú (3-5) tagja van, így a valós származtató felületsereget az egyes kések élei írják le a fogaskerekhez viszonyított relatív mozgás során.

A valós felületsereg végtelenítéséhez feltételezni kell, hogy a tangenciális előtolás értéke a nulla felé tart, így mindenik késél egyszerű végtelenségnyi felületet ír le. A burkolófelület z_s végtelenségnyi felületnek burkolójaként keletkezik. A kérdés az, hogy az i -edik végtelenségnyi felületsereg burkolója metszi-e, avagy kiegészíti a j -edik felületsereg burkolóját. A felületek vizualizálása rámutatott arra, hogy elhelyezkedésük és alakjuk erősen függ a virtuális lécs és a fogaskerék relatív helyzetétől. A könnyebb átláthatóság végett a burkolást a fogaskerék tengelyére merőleges, véges számú síkszeletben tanulmányozzuk, majd pedig az egyes szeletekben keletkező burkológörbőkre írjuk fel a fogazatot kielégítő módon közelítő spline-fogfelületet.

2. A késcsoport felépítése

A jelen elemzésben $Z_0 = 3$ késcsoportos és csoportonként $z_s = 5$ betétkéses marófejet tekintünk, amelyik egyetlen fogárokban dolgozik. Az ellenkerekét megmunkáló szerszám értelemszerűen [1, 5] a fogaskerék fogát öleli körül. Tehát a konkáv és konvex oldalak kései két, egymás után következő fogárokból fognak dolgozni.

A kések profilja *elméletileg* a generáló fogasléc profiljával és méreteivel megegyező. A valóságban a csoport első kése a nagyolókés, tehát mindkét éle aktív, míg a csoport többi kése felváltva vág a konkáv, illetve a konvex fogárokoldalon. Feltételezzük, hogy a késcsoport számára kijelölt központi szögtartomány valamivel kisebb, mint az elméleti felosztás:

$$\psi_0 = \frac{2\pi}{Z_0} - \delta_0 \cong (0,8 - 0,85) \frac{2\pi}{Z_0} \quad (1)$$

A tartományon belül a kések egyenletesen vannak felosztva, tehát az osztás értéke

$$\tau = \left(\frac{2\pi}{Z_0} - \delta_0 \right) \frac{1}{z_s} \tag{2}$$

A kések indexei sorban

$$i \in \{-2; -1; 0; 1; 2\} \tag{3}$$

A nulla indexű kés a referenciakés, mivel a referencialhelyzetet – a késcsoport közepét foglalja el. A kések tájolópontja a generáló fogaslécprofil osztóvonalí szakaszának középpontja. A referenciakés tájolópontja és a marófej tengelye közötti távolság a maró R_s névleges sugara, ami a görbe fogazat névleges görbületi sugara is egyben.

A késcsoportok kései egyenlő szögtávolságra elhelyezett Arkhimédész-féle spirális vezérgörbén illeszkednek. A spirális emelkedése Z_0 -szor nagyobb, mint a fogasléc osztása, így a vezérspirális polár-egyenlete a következő lesz:

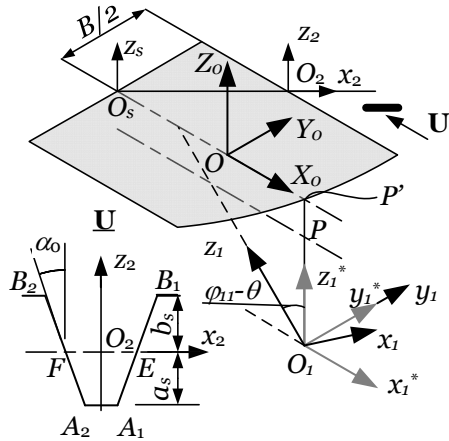
$$\rho(\theta) = R_s + \underbrace{\frac{Z_0 m \pi}{2\pi}}_{=p_{sp}} \theta \tag{4}$$

A késcsoport késeinek beállítási sugarai az i index alapján, a (2), (3) és (4) képletek figyelembevételével:

$$\rho_i = R_s + i \tau p_{sp} \tag{5}$$

3. Az alkalmazott koordináta-rendszerek

A matematikai modellt a következő koordináta-rendszerek definiálásával alapozzuk (2. ábra): $S_0(x_0, y_0, z_0)$ az állványhoz kötött, álló rendszer, $S_s(x_s, y_s, z_s)$ a szerzámhoz kötött, $S_1(x_1, y_1, z_1)$ pedig a fogazandó kerékhez kötött koordináta-rendszer. Ezekon kívül mindegyik kés elméleti profiljához csatoljuk az $S_2(x_2, y_2, z_2)$ koordináta-rendszert.



2. ábra. Az alkalmazott koordináta-rendszerek

A fogaskerék x_1z_1 osztósíkja és a rögzített rendszer X_0Z_0 síkja egybeesik. Az O_sOP' egyenes a virtuális lécc osztóvonalára. Az ezzel párhuzamos vonal a gördülővonal, a közöttük levő távolság pedig értelemszerűen az $m\xi$ profileltolás. P a virtuális léckerék hajtás pólusa. A fogaskerék φ_1 legördülési szögének nulla értékére a z_1 tengely áthalad a P póluson (z_1^* -gal jelöltük). A virtuális léccfogaskerék teljes legördülésének megfelelő szélső szöge értékeket egyszerű evolvens geometriai összefüggésekből számítjuk, $\varphi_1 \in [\varphi_{11}, \varphi_{12}]$.

Az elkövetkező számítások kezelését megkönnyíti, ha a legördülési szög határértékeit abszolút értéként kezeljük. Adott legördülési helyzetet a θ paraméter segítségével definiálunk, $\theta \in [0, \varphi_{11} + \varphi_{12}]$. A lefejtés adott késcsoport esetében akkor kezdődik el, amikor a késcsoport legelső ($i = -2$ indexű) késének O_2 profilközpontja benne van a fogaskerék felső, $y_1 = B/2$ határsíkjában. Az O_s és O origók távolsága a fogárokba való újabb belépés pillanatában

$$O_s O(\theta) = r_{d1}(\varphi_{11} - \theta) \quad (6)$$

A tangenciális eltolás paraméterét s^* -gal jelöljük, ami az egységnyi szerszám-szögelfordulásra eső eltolás értékét jelenti.

Az egyes síkokban jelentkező nyomgörbék meghatározásához ismernünk kell az i_{1s} szerszám-munkadarab áttételi arányt. Ezt a virtuális hajtás kapcsolódási feltételéből írjuk fel, a szögsebességek felhasználásával:

$$\begin{aligned} (p_{sp} + s^*)\omega_s &= r_{d1}\omega_1, \text{ ahonnan} \\ i_{1s} &= \frac{\omega_1}{\omega_s} = \frac{Z_0}{z_1} + \frac{2s^*}{m z_1} \end{aligned} \quad (7)$$

3. A nyomgörbék általános egyenletei

3.1 A nyomgörbéképzés geometriája

Feltételezzük, hogy a kések élei a marófej forgástengelyén áthaladó síkokban illeszkednek. Könnyen belátható, hogy ez esetben csak az $Y_0 = 0$ központi síkba érkezik egyidejűleg a vizsgált él összes pontja. Az α_0 lécpofilszögnek köszönhetően az él különböző pontjai az előbbtől eltérő síkokba egymáshoz viszonyítva késéssel érkeznek, miközben a szerszám halad. A modell akkor hatékony, ha az egyes szeletekben képződő görbék közötti távolságokat is ki tudja fejezni, hogy a későbbiekben a burkolt felület síkszeleteit helyesen lehessen tájolni. Emiatt a (6) egyenlettel megadott tengelytávolság adott θ -ra akkor érvényes, amikor a késcsoport legelső ρ_{-2} sugarú késének O_2 profilközpontja az $y = B/2$ síkba jutott. Az i indexű kés profilközpontjának sugara ehhez képest $(2+i)\tau$ szögnyi késéssel jut el az első kés induló helyzetébe. A levezetésekben szögkompenzációkat kell alkalmaznunk, egyrészt a kések referenciasugarainak különbsége, másrészt a kiválasztott sík helyzete

függvényében. Négy esetet tanulmányozunk:

- a konkáv oldali él és a pozitív féltérben levő sík helyzete (**3. ábra**);
- a konkáv oldali él és a negatív féltérben levő sík helyzete (**4. ábra**);
- a konvex oldali él és a pozitív féltérben levő sík helyzete (**5. ábra**);
- a konvex oldali él és a negatív féltérben levő sík helyzete (**6. ábra**).

3.1.1 Az i -edik konkáv oldali él pozitív féltérbeli síkba generált görbéjének szögparamétere

A geometriai viszonyokat a **3. ábrán** szemléltettük. A szerszám koordináta-rendszer origóját O_s^* -gal jelöljük, mivel az elfordulási szögek vizsgálatakor a tangenciális eltolást leállítjuk. A valóságban a szerszámközpont elmozdul a tangenciális eltolás és az elfordulási szög szorzatának értékével. A kiválasztott él pont távolsága a szerszám tengelytől az u paraméter függvénye:

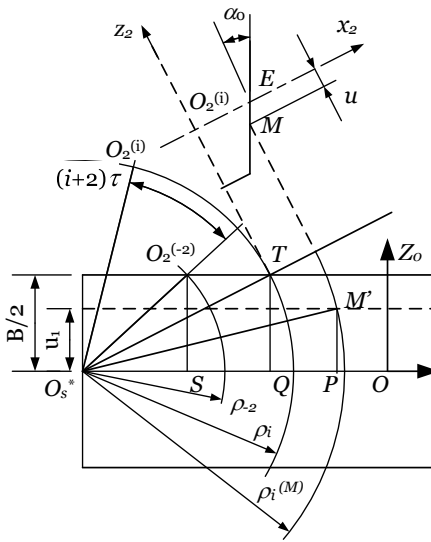
$$\rho_i^{(M)} = \rho_i + \frac{m\pi}{4} + u \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (8)$$

Az $O_s^* O_2^{(-2)} S$, $O_s^* TQ$ és $O_s^* M'P$ háromszögek segítségével felírjuk a konkáv szerszámél kiválasztott M pontjának a pozitív u_1 paraméterrel tájolt síkba kerüléséhez szükséges elfordulást:

$$\begin{aligned} \varepsilon(i; u_1; u) &= \arcsin \frac{B}{2\rho_{-2}} - \arcsin \frac{u_1}{2\rho_i^{(M)}} + \\ &+ (i+2)\tau \end{aligned} \quad (9)$$

A (8) és (9) egyenletek együttes vizsgálatából következik, hogy az él behatolása a síkba az élcsúccsal kezdődik, és fokozatosan halad az éltő felé, tehát a (9) szög növekszik az u paraméterrel,

$$u \in [-(h_{0a} + c_0)m, h_{0a}m]$$



3. ábra. Konkáv oldali nyomgörbe generálása, ha $u_1 > 0$

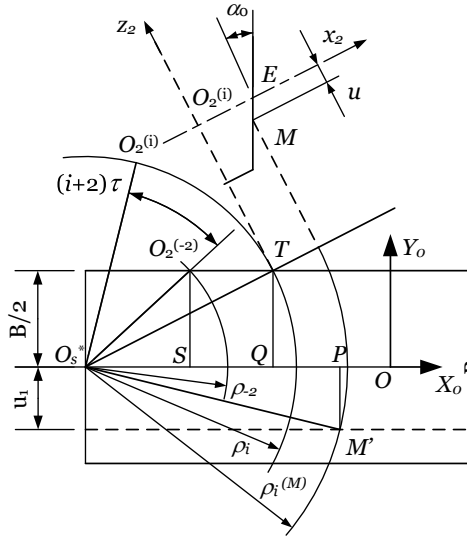
3.1.2 Az i -edik konkáv oldali él negatív féltérbeli síkba generált görbéjének szögparamétere

A levezetés az előbbi pontban bemutatottéhoz hasonló. A geometriai viszonyokat a 4. ábrán szemléltettük. Az $O_s^*O_2^{(-2)}S$, O_s^*TQ és O_s^*PM' háromszögek segítségével felírjuk a ρ_i sugárnak az $O_s^*O_2^{(-2)}$ irányra való kerülése és a vizsgált M pont $y = u_1, u_1 < 0$ síkba érése között letelt elfordulás szögét:

$$v(i; u_1; u) = \arcsin \frac{B}{2\rho_{-2}} - \arcsin \frac{B}{2\rho_{-i}} + \arcsin \frac{B}{2\rho_{-i}} + \arcsin \frac{-u_1}{\rho_i^{(M)}} \quad (10)$$

Ha a (10) kifejezéshez hozzáadjuk az i -edik él és az első él közötti szöget, akkor a (9) egyenlettel formálisan azonos egyenletet kapunk. Megfigyelhető, hogy ez esetben az első élpont, amelyik a vizsgált síkba ér, az él tőpontja, tehát az áthaladás az élcsúc

felé történik, vagyis az élpont sugarának csökkenésével. Ez esetben a kérdéses pont a gyártott fogaskerék tengelyétől távolodik.



4. ábra. Konkáv oldali nyomgörbe generálása, ha $u_1 < 0$

3.1.3 Az i -edik konvex oldali él által generált görbe szögparamétere

A konvex él által generált görbe szögparamétereit az 5. és 6. ábrákon szemléltettük. A számításokat az előbbieken bemutatott módon végezzük el.

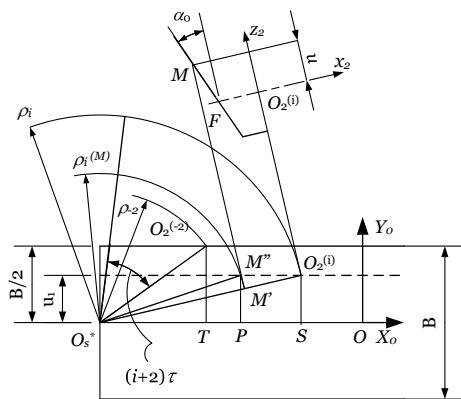
A vizsgált M pont sugarát a

$$\rho_i^{(M)} = \rho_i - \left(\frac{m\pi}{4} + u \operatorname{tg} \alpha_0 \right) \quad (11)$$

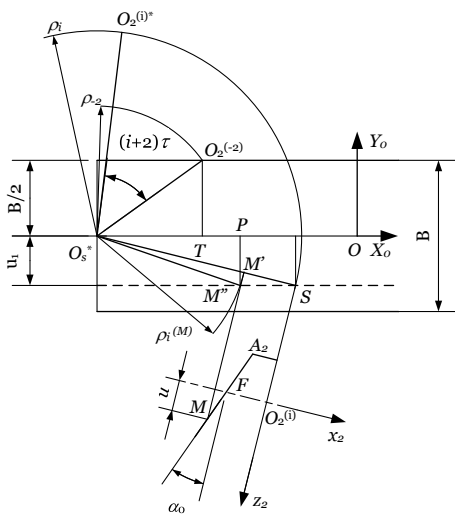
képlettel számítjuk.

3.2 A nyomgörbék általános egyenletei az S_0 koordináta-rendszerben

A 3-6 ábrákból észre lehet venni, hogy a vizsgált M pont távolsága a szerszám origótól az x tengely mentén a



5. ábra. Konvex oldali nyomgörbe generálása, ha $u_1 > 0$



6. ábra. Konvex oldali nyomgörbe generálása, ha $u_1 < 0$

$$\Delta_i^{(M)} = \sqrt{[\rho_i^{(M)}]^2 - u_1^2} \quad (12)$$

képlettel számítható. Figyelembe véve, hogy a szerszámorigó közeledik az álló rendszer origójához, valamint azt, hogy a z irány mentén a vizsgált pont nem mozdul,

felírhatók a nyomgörbe álló rendszerbeli parametrikus egyenletei:

$$\begin{cases} X_0(i; u_1; u) = -r_{d1}(\varphi_{11} - \theta) + s^* \varepsilon(i; u_1; u) + \Delta_i^{(M)} \\ Y_0(i; u_1; u) = u_1 \\ Z_0(i; u_1; u) = u \end{cases} \quad (13)$$

3.2 A nyomgörbék általános egyenletei a fogaskerekhez kötött koordináta-rendszerben

A fogaskerek koordináta-rendszere a szerszámfej $\varepsilon(i; u_1; u)$ szöggel való elfordulására $i_1 s \varepsilon(i; u_1; u)$ szöggel fordul el. Az 1. ábrát figyelembe véve, az S_1 rendszer x tengelyének és az X_0 iránynak a pillanatnyi szöge

$$\sigma_1 = \varphi_{11} - \theta - i_1 s \varepsilon(i; u_1; u) \quad (14)$$

Az S_0 -ból az S_1 -be az alábbi koordináta transzformációt alkalmazzuk:

$$\begin{cases} \mathbf{r}_1 = \mathbf{M}_{10} \mathbf{r}_0, \\ \mathbf{M}_{10} = \begin{pmatrix} \cos \sigma_1 & 0 & \sin \sigma_1 & E_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \sigma_1 & 0 & \cos \sigma_1 & E_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{cases} \quad (15)$$

Az E_1, E_2 kifejezések a következők:

$$\begin{cases} E_1 = -R_s \cos \sigma_1 + (r_{d1} + m\xi) \sin \sigma_1 \\ E_2 = R_s \sin \sigma_1 + (r_{d1} + m\xi) \cos \sigma_1 \end{cases} \quad (16)$$

A (13), (14), (15) és (16) képletek egybevetésével fel lehet írni a valós szerszámélek által hagyott nyomgörbékét a fogaskerek tengelyére merőleges síkokban.

4. Következtetések

A bemutatott modellen az (1)... (16) képletek a fogprofil középpontjához viszonyítják a nyomgörbék helyzetét, ennek következtében az egyes síkokban keletkezett

profilok egymáshoz viszonyított távolsága és helyzete nem torzul.

Az álló koordináta-rendszerben levezetett parametrikus egyenletek a virtuális főgátléc síkszelveit burkoló véges görbesereget adják. Ki lehet mutatni, hogy a θ paraméter változtatásával a léccprofilja módosul.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

This research was supported by the European Union and the State of Hungary, co-financed by the European Social Fund in the framework of TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 ‘National Excellence Program’.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Litvin, F.L.: *A fogaskerékkapcsolás elmélete*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
- [2] Máté, M., Hollanda, D.: *The Cutting of Cylindrical Gears Having Archimedean Spiral Shaped Tooth Line*. 13th International Conference on Tools, 27-28 March 2012, Miskolc, ISBN 978-963-9988-35-4, 357–362.
- [3] Litvin, F.L., Pin-Hao, F., Lagutin, S.A.: *Computerized Generation and Simulation of Meshing and Contact of New Type of Novikov-Wildhaber Helical Gears*, R-2000-209415' [Online]. Available: http://gearexpert.free.fr/fichiers_pdf/engrenage_Novikov_Wildhaber_NASA_report.pdf [Accessed: 30-Jun-2012]
- [4] Nacy, S.M., Abdullah, M.Q., Mohammed, M.N.: *Generation of Crowned Parabolic Novikov gears*. Adept Scientific Knowledge Base. <http://www.adeptscience.co.uk/kb/articleprint.php?noteid=6E9E>. [Accessed: 19-Mar-2012].
- [5] Dudás, I.: *The Theory and Practice of Worm Gear Drives*. Penton Press, 2005, ISBN 978-1-85718-027-5.
- [6] Máté, M., Hollanda, D., Tolvaly-Rosca, F., Popa-Müller, I.: *The localization of the contact patch by cylindrical gear having an Archimedean toothline using the method of setting the tangential displacement*. XXI-ik OGÉT-2013 – XXI-th International Conference of Mechanical Engineers), Arad, 25–28 apr. 2013, Conference Proceedings, ISSN 2068-1267, 265–268.
- [7] Dudás, I., Banyai, K., Varga, G.: *Simulation of meshing of worm gearing*. American Society of Mechanical Engineers, Design Engineering Division (Publication) DE 88, 141–146, 1996.
- [8] Varga, G., Balajti, Z., Dudás, I.: *Advantages of the CCD camera measurements for profile and wear of cutting tools* 2005, Journal of Physics: Conference Series 13 (1), pp. 159-162. “Zotero Style Repository,” Roy Rosenzweig Center for History and New Media. <http://www.zotero.org/styles>. [Accessed: 19-Mar-2012].
- [9] Máté, M.: *Hengeres fogaskerekek teherbírásának növelését és hordkép-lokalizációját megvalósító alternatív lefejtési módszerek elemzése*. XIX.- F.M.T.Ü., Kolozsvár, március 20–21. Konferenciakötet, ISSN 2067-6808, 33–40.
- [10] Máté, M., Hollanda, D., Faluvégi, E.: *Arkhimédész-féle spirál fogvonalú hengeres fogaskerekek tangenciális előtolásos lefejtésének kinematikája egyparaméteres burkolás esetében*. XXII. Nemzetköz Gépész Találkozó, Nagyszeben, 2014. ápr. 24–27. Konferenciakötet, ISSN 2068-1267, 244–247.