

Menetemelkedési fluktuáció analízise kúpos menesztőcsappal hajtott spiroid csiga tengelyelállítással történő megmunkálása esetén

Pitch fluctuation analysis in case of shaft adjusted spiroid worm surface machining, driven with a conical driver pin

Dr. h. BALAJTI Zsuzsanna¹, MÁNDY Zoltán²

egyetemi docens¹, PhD doktorandusz²,
Miskolci Egyetem, Magyarország, H-3515 Miskolc-Egyetemváros,
Matematikai Intézet¹, Gyártástudományi Intézet²
¹balajtiz@uni-miskolc.hu, ²zoltan.mandy@uni-miskolc.hu

Abstract

The grinding operation of a conical helicoid surface using a classic thread grinding machine requires the shaft adjustment of the machined worm. In this paper has been sketched the examination in which the worm shaft is driven by a conical shaped driving pin through the lathe dog during the conical worm machining. The trajectory of the drive pin axis point is a circular in a plane perpendicular to the spindle shaft, and an elliptical trajectory in a plane perpendicular to worm shaft inclined with the half cone angle. In this case, due to the changing radius, the angular velocity of the adjusted worm shaft changes at a constant peripheral velocity of the spindle. As a result, the angular rotation and the pitch of the worm will also fluctuate during the machining. This paper presents the pitch parameter fluctuation due to the motion transmission from the conical drive pin to the lathe dog, compared to the parameter fluctuation caused by the cylindrical pin.

Keywords: Spiroid worm, driving pin, elliptic trajectory, affinity, pitch.

Kivonat

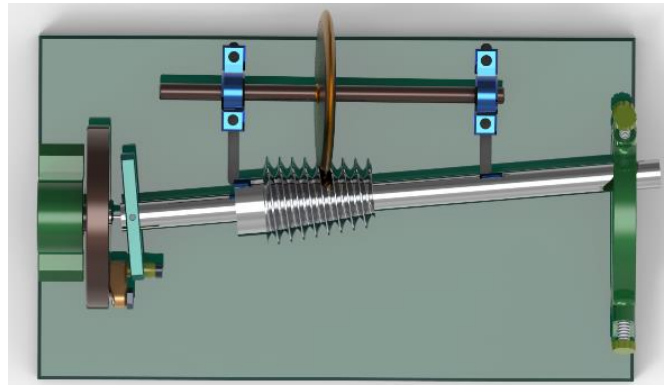
A kúpos csavarfelület megmunkálása hagyományos menetkőszörűgépen tengelyelállítással történik. Ezen írásban felvázolásra kerül annak az esetnek a vizsgálata, amelyben a kúpos csiga megmunkálása során a csigatengelyt egy kúp alakú menesztőcsap hajtja menesztővillán keresztül. A menesztőcsap bármely pontjának pályagörbéje a főorsó tengelyére merőleges síkban kör, viszont a félkúpszöggel elállított csigatengelyre merőleges síkban ellipszis pálya. Ebben az esetben a változó rádiusz miatt a főorsó állandó kerületi sebessége esetén az elállított csigatengely szögsebessége változik, ebből adódóan a szögelfordulás és a csiga menetemelkedése ingadozik a megmunkálás során. Ebben a cikkben bemutatásra kerül a kúp alakú menesztő csap mozgásátadása következtében fellépő menetemelkedési paraméter ingadozása összehasonlítva a henger alakú csap okozta menetemelkedési paraméter ingadozással.

Kulcsszavak: Spiroid csiga, menesztő csap, ellipszis pálya, affinitás, menetemelkedés.

1. BEVEZETÉS

A kúpos csiga hagyományos menetkőszörűvel történő megmunkálása esetén a csigatengelyt a tokmány homloksíkjára merőleges helyzetéből a menetkőszörű pályája irányába félkúpszöggel elállítottuk [1, 2]. A kúpos csiga tengelyének csúcstelállításakor a csiga hajtása menesztővillán át menesztőcsappal történik az 1. ábra szerint, mely kapcsolatot vizsgálataink során a továbbiakban pontszerű érintkezésként értelmezzük. Az eddigi kutatásaink folyamán [3] a hengeres menesztőcsappal történő hajtás modellezését vettük alapul. A menesztő csap pályagörbéje a főorsó tengelyére merőleges síkban kör, viszont a félkúpszöggel elállított csigatengelyre merőleges síkban ellipszis pálya [1, 2, 3, 4]. A tengelyelállított kúpos csavarfelület megmunkálása esetén a tengelyre merőleges síkban az ellipszis pályán a rádiusz folyamatosan változik, ezért a főorsó állandó kerületi sebességgel való forgása során folyamatosan az elállított csigatengely szögsebessége

is változni fog, majd ebből adódóan a szögelfordulás is, mely következtében változik a csiga menetemelkedése a megmunkálás során [5].

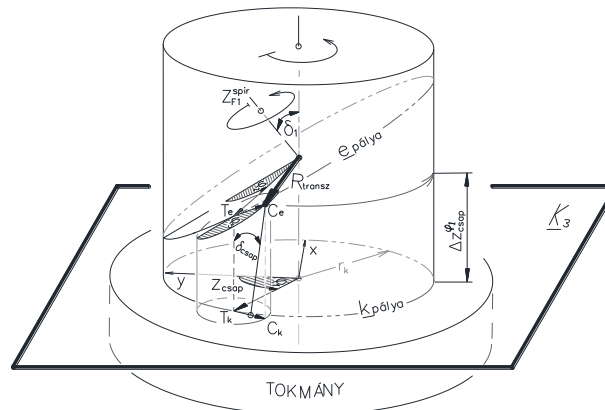


1. ábra Kúpos csiga tengelyállítással történő megmunkálásának modellezése a Solid Edge 2020 tervező szoftverrel.

Számos, számítógéppel segített szimulációs eljárás volt hatással kutatásainkra [6, 7, 8, 9, 10]. Több kiváló mozgásátadásra vonatkozó vizsgálat segítette az analitikus úton történő elemzést [11, 12, 13, 14], melyhez komoly matematikai háttérre volt szükség [15]. Jelen írásunkban algebrai eszköztárral megtámogatott konstruktív geometriai úton kívánjuk vizsgálatainkat elvégezni.

2. A MENESZTÉS VIZSGÁLATA HENGER ALAKÚ MENESZTŐCSAP ESETÉN

Az r_{csap} sugarú, henger alakú menesztőcsap tengelypontja r_k sugarú körpályát ír le a tokmány homloklapjának síkjában. A kúpos csiga tengelyének δ_1 félkúpszögével való elállítása esetén a φ_1 , a φ_2 , a φ_3 szögek közti kapcsolatot a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra A menesztőcsap elmozdulásából származó φ_1 , φ_2 és φ_3 szögelfordulások és a z_{csap} tengelymenti elmozdulás közti korreláció sematikus szemléltetése.

A menesztőcsap és a menesztővilla között pontszerű érintkezést feltételezve [7] a menesztőcsap és a menesztővilla közötti érintkezési pont útját vizsgálva a φ_1 , φ_2 és φ_3 szögelfordulások közötti analitikus összefüggések kerülnek felírásra az r_k , r_{csap} és δ_1 függvényében. A k körpálya pontjai az

$$x_k = -r_k \cdot \sin \varphi_1 \quad \text{és} \quad y_k = r_k \cdot \cos \varphi_1 \quad (1)$$

alakban, míg a neki affin megfelelő e ellipszispálya pontjai a következő alakba írható

$$x_e = x_k / \cos \delta_1 = -r_k \cdot \sin \varphi_1 / \cos \delta_1 \quad \text{és} \quad y_e = y_k = r_k \cdot \cos \varphi_1 \quad (2)$$

A φ_1 , φ_2 és φ_3 szögelfordulások közötti kapcsolatot a

$$\varphi_2 = \arctg(\tg \varphi_1 \cdot \cos \delta_1) \quad \text{és} \quad \varphi_3 = \arctg(-\tg \varphi_1 \cdot \cos^3 \delta_1) \quad (3)$$

formájú összefüggésekkel írtuk fel.

Az r_{csap} sugarú hengeres menesztőcsap síkmetszete a \underline{V}_2 síkban az \underline{e} ellipszispályához hasonló ellipszis, melynek kis- és nagytengelye r_{csap} és $r_{csap}/\cos\delta_1$ nagyságú, koordinátáinak paraméteres alakja φ_3 , illetve φ_1 függvényében

$$\left. \begin{aligned} x_{csap}^e &= -r_{csap} \cdot \sin\varphi_3 = -r_{csap} \cdot \sin(\arctg(-tg\varphi_1 \cdot \cos^3\delta_1)) \\ y_{csap}^e &= r_{csap}/\cos\delta_1 \cdot \cos\varphi_3 = r_{csap}/\cos\delta_1 \cdot \cos(\arctg(-tg\varphi_1 \cdot \cos^3\delta_1)) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

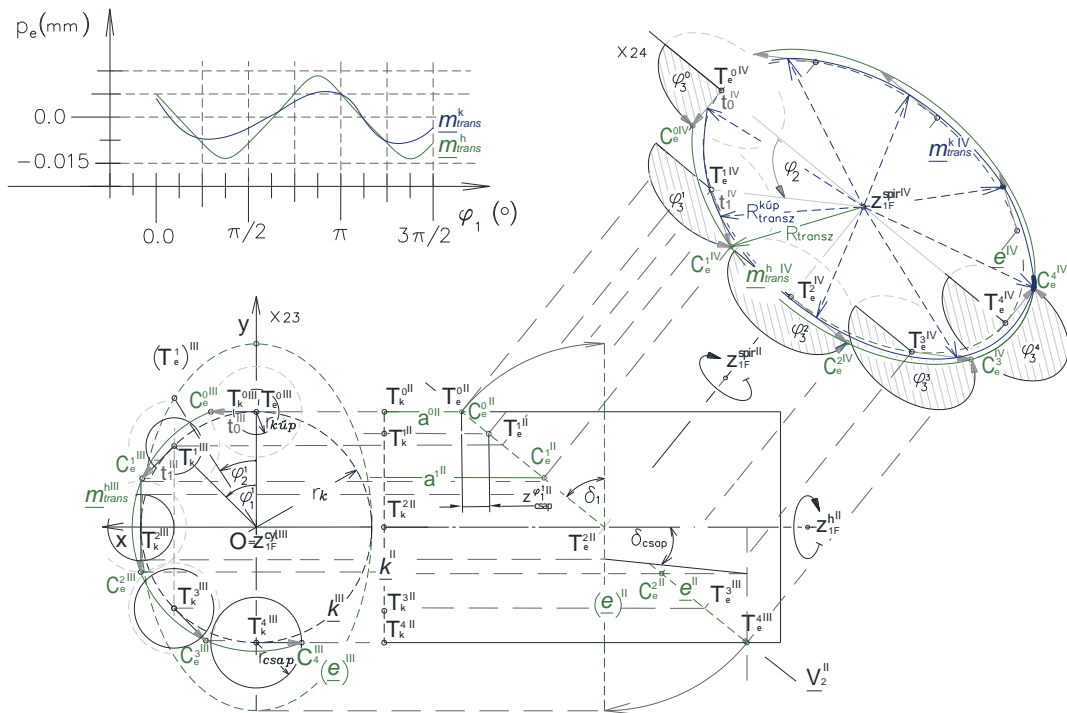
A (4)-ből adódóan a φ_3 szögparaméterhez tartozó menesztőcsap $r_{csap}^{\varphi_3}$ sugarának nagysága

$$r_{csap}^{\varphi_3} = \sqrt{(x_{csap}^e)^2 + (y_{csap}^e)^2} \quad (5)$$

Az \underline{e} ellipszispálya φ_1 -től függő φ_2 szögelfordulásához tartozó C_e pont által meghatározott \underline{m}_{transz} mozgásátadó pályagörbe pontjaihoz tartozó R_{transz} sugar nagysága

$$\begin{aligned} (R_{transz}^{\varphi_1})^2 &= (r_{csap}^{\varphi_1})^2 + r_k^2 \cdot (\sin^2\varphi_1/\cos^2\delta_1 + \cos^2\varphi_1) \\ &+ r_{csap}^{\varphi_1} \cdot r_k \cdot \sqrt{\sin^2\varphi_1/\cos^2\delta_1 + \cos^2\varphi_1} \cdot \cos(\arctg(-tg\varphi_1 \cdot \cos^3\delta_1)) \end{aligned} \quad (6)$$

Az R_{transz} sugár nagysága a Z_{IF}^{spirIV} középponttól befolyásolja a menetemelkedési hibát, mely a 3. ábra diagrammján zölddel jelölt görbe szerint ingadozik.



3. ábra A menesztőcsap elmozdulásából származó φ_1 , φ_2 , φ_3 szögelfordulások, a z_{csap} tengelymenti elmozdulás, valamint a δ_{csap} félnyílásszög közti összefüggések vázlatos szemléltetése, valamint diagramm a hengeres és kúpos csappal menesztés esetén a menetemelkedési hibák zölddel és kézzel jelölt összevetésével.

A menesztőcsap φ_1 szögelfordulása esetén a menesztővillával való érintkezési pontjának z_{IF}^h irányú elmozdulása a T_e^0 ponthoz viszonyítva

$$z_{csap}^{\varphi_1} = tg\delta_1 \cdot r_k \cdot (1 - \cos\varphi_1) \quad (7)$$

nagyságú.

3. A MENESZTÉS VIZSGÁLATA KÚP ALAKÚ MENESZTŐCSAP ESETÉN

Az r_{csap} sugarú, henger alakú menesztőcsapot δ_{csap} félnyílásszöggel kúp alakú menesztőcsappá alakítva a geometriai összefüggések a 2. ábrán látható módon értelmezhetők. A kúp alakú menesztőcsap síkmetszetei a

V_2 síkban az e ellipszispályához hasonló ellipszisek. A $\varphi_1 = 0^\circ$ esetén a T_e^0 középpontú ellipszis kis- és nagytengelye $r_{kúp}$, illetve $r_{kúp} / \cos\delta_1$ nagyságú, míg a $\varphi_1 = 180^\circ$ esetén T_e^4 legmagasabb középpontú ellipszis kis- és nagytengelye r_{csap} , illetve $r_{csap} / \cos\delta_1$ nagyságú a 3. ábrán a \underline{K}_3 képsíkon jelöltek szerint. Az ellipszismetszetek $r_{csap}(\varphi_1)$ kis- és $r_{csap}(\varphi_1)/\operatorname{tg}\delta_1(\varphi_1)$ nagy tengelyeinek nagysága φ_1 szögelfordulás esetén számítható az

$$r_{csap}(\varphi_1) = \operatorname{tg}\delta_{csap} \cdot z_{csap}(\varphi_1) \quad (8)$$

alapján, úgymint az e ellipszis pályája \mathbf{t}^{φ_1} érintővektorainak a hossza.

Az $R_{transz}^{kúp}$ sugár mértéke a $z_{IF}^{spir IV}$ középponttól változó, következésképpen a menetemelkedési hiba is a 3. ábra diagramján felvázolt kék görbe szerint.

4. ÖSSZEZÉS

A kúpos csiga megmunkálásakor a mozgásátadás során a forgáshenger alakú menesztőcsap és menesztővilla érintkezési pontjának pályagörbéje a főorsóra merőleges síkban kör, a csigatengelyre merőleges síkban elliptikus görbe. A két pályagörbe és metszetgörbe közti szögelfordulások és tengelyirányú elmozdulások feltárára kerültek mind hengeres, mind kúpos menesztőcsap esetén. Kimutatható, hogy kúpos menesztőcsappal történő menesztés esetén a menetemelkedési hiba csökken a csap félnyílásszögének függvényében.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett kutató munka a Miskolci Egyetemen együttműködési megállapodásban lévő DifiCAD Mérnökiroda támogatásával valósulhatott meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Dudás, I. *The Theory & Practice of Worm Gear Drives*, Kogan Page US. Sterling, USA, 2000.
- [2] Balajti, Zs. *Kinematikai hajtópárok gyártásgeometriai fejlesztése*. PhD disszertáció, Miskolc, 126. old. 2007.
- [3] Balajti Zs., Mátyás Z., Dudás I. *Kúpos csavarfelület csúcstelállítással való megmunkálásának konstruktív geometriai elemzése menetemelkedési probléma kiküszöböléséhez*, OGÉT, XXVIII. Nemzetközi Gépészeti Konferencia, 2020, ISSN 2668-9685, 21-24. old.
- [4] Balajti, Zs. *Kapcsolódó felületek gyártásgeometriai fejlesztése, ábrázoló geometriai alkalmazással*, Habilitációs Tézisfüzet, Miskolc. 80. old. 2016.
- [5] Dudley, D. W. *Gear Handbook*. The Design, Manufacture, and Application of Gears, McGraw-Hill, New York, 1962.
- [6] Dudás, L. *The effect of worm profile on contact lines*. microCAD, XXIV. International Scientific Conference 2010, ISBN:978 963 661 919 0, Miskolc, Hungary, pp.: 39-44.
- [7] Dezső G., Szigeti F. *A műszaki szimulációs módszerek helye a mérnökképzésben*, Műszaki Tudományos Közlemények (HU) 6., 2017., ISSN 2393 – 1280, pp.: 63-71.
- [8] Tolvaly-Roşca F., Máté M., Forgó Z. Pásztor J. *CAD Solution to Determine Points from Chipping Tool Solid Model Cutting Edges*, MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (EN) 2020., 12 : 1 pp.: 67-70.
- [9] Popa-Müller I., Tolvaly-Roşca F. *A körív alakú kúpkerék generálásának szimulálása a Gleason fogazógépen, a generáló síkkerék segítségével*, XVII OGÉT, Gyergyószentmiklós, 2009, ISSN 1454-0746, pp.:331-335.
- [10] Popkonstantinovic B, Stojicevic M, Jeli Z, Obradovic M, Popa D L. *Simulation and Motion Study of Mechanical Integrator 3D Model*. FME Transactions, 2019, Vol. 47, No.2. pp.: 299-303.
- [11] Bercsey, T., Horák, P. *Modelling of the contact and tribological relations of spatial gear pairs*, International Conference on Gears, München, 2002., ISBN: 3-18-091665-6, pp.: 91-105.
- [12] Felhő, Cs., Szentesi, A., Tóth, G. *Geometrical Dimensioning of Worm Drives*, Proceeding of the 11th International Conference on Tools: ICT-2004. Miskolc, Hungary, University of Miskolc, pp.: 177-182.
- [13] Máté, M., Hollanda, D., Faluvégi, E. *Arkhimédész-féle spirál fogvonalú hengeres fogaskerekek tangenciális eltolásos lefejtésének kinematikája egyparaméteres burkolás esetében*, OGÉT 2014, XXII. Nemzetközi Gépészeti Találkozó, Kolozsvár, Románia, EMT, ISSN 2068-1267, pp. 244-248.
- [14] Kelemen, Cs., Máté, M. *An Analysis of Manufacturing Precision of Involute Worms Using a Kinematical Model*, Műszaki Tudományos Közlemények, 2021., Vol. 14. pp.: 44-50.
- [15] Vadászné Bognár, G. *Matematika informatikusok és műszakiak részére 2.*, Miskolci Egyetemi Kiadó, Magyarország, ISBN: 9636615764, p. 347. 2003.