

Új szempontok csigamaró újraélezés utáni beállításához

New aspects for post-sharpening adjustment of a cylindrical worm gear hob

ÁBEL József¹, Dr. habil. BALAJTI Zsuzsa²
PhD doktorandusz¹, egyetemi docens²

Miskolci Egyetem, Magyarország, H-3515 Miskolc-Egyetemváros,
Matematikai Intézet^{1,2}

¹abel.jozsef16@gmail.com, ²balajtizs@abrg.uni-miskolc.hu

Abstract

An important element of intelligent manufacturing is the continuous development of tool geometry. In case of the production of worm gear, in order to achieve the required quality, the hob must be continuously tested for wear and the cutting edge must be re-sharpened, which results reduction in the diameter of the hob. Changes in geometric conditions resulted from the increase in distance between the re-sharpened hob axis and the gear axis. The subject of this paper is the outlining of a new viewpoint of manufacturing with a decreased distance between the gear and the hob due to re-sharpening of the cutting edge of the tool and the fit of the drive.

Keywords: Worm gear, hob, re-sharpening, tool post-adjusting

Kivonat

Az intelligens gyártásnak lényeges eleme a szerszámgeometria folyamatos fejlesztése. A csigakerék gyártása során a megkívánt minőség eléréséhez a csigamaró folyamatos kopásvizsgálata és vágóélének újra-élezése szükséges, ami a maró átmérőjének csökkenésével jár. Az újra-élezett maró és a csigakerék tengelytávolságának csökkenése a geometriai viszonyok változását vonja maga után a további gyártási folyamatban. Jelen írás tárgya a maróél újra-élezésének következtében csökkenő tengelytávolság esetén történő megmunkálás és a hajtás jóságának vizsgálata.

Kulcsszavak: Csiga kerék, maró, újraélezés, szerszám beállítás

1. BEMUTATKOZÁS

A csavarfelületek és a csigakerék gyártása során a gyártási pontosság növelése az ipar számára folyamatos fejlesztési igény, a tudomány és a technika fejlődése pedig lehetőséget ad ennek biztosítására [1]. A csigakerék simító megmunkálására alkalmazandó szerszám burkolófelülete megegyezik a kerékkel kapcsolódó csigáéval a megmunkálás során (közvetlen mozgás leképezés). Ez a szerszám a csigából kialakított csigamaró a csigahajtások csigakerékének sorozatgyártása esetén [2]. A hajtópár két eleme viszonylagos mozgásban burkolja egymást, kapcsolódásuk az érintkezési vonal mentén történik [3]. A tengelymetszetben körív profilú csiga felülete az (η, ϑ) felületi paraméterekkel az 1. ábrán látható Dudás-féle kinematikai modell K_{1F} forgó koordinátarendszerében [2] a következő alakba írható

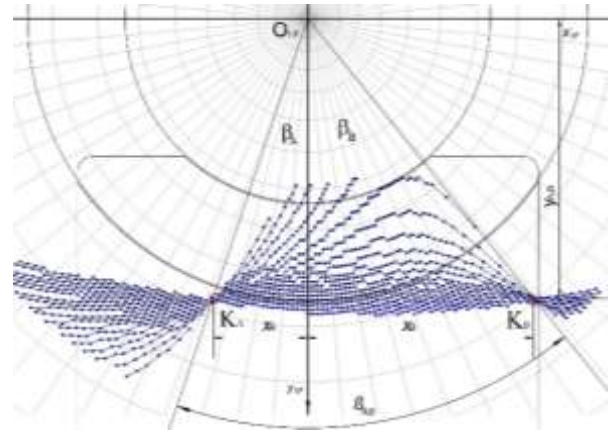
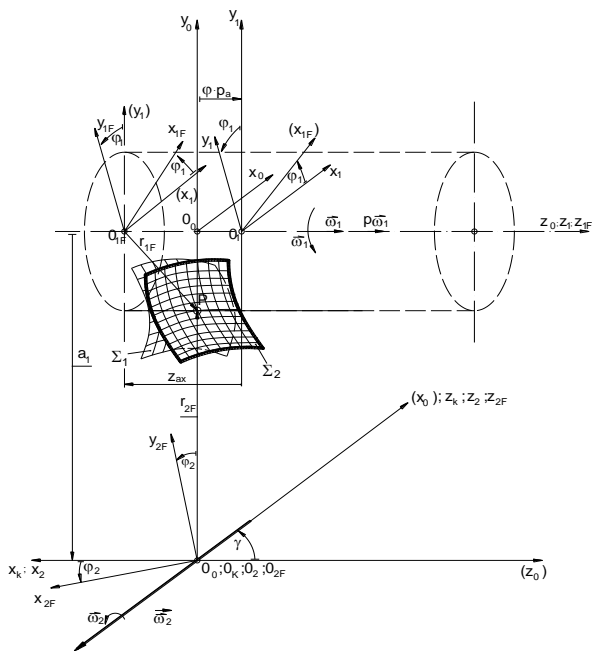
$$\left. \begin{aligned} x_{1F} &= -\eta \cdot \sin \vartheta; \\ y_{1F} &= \eta \cdot \cos \vartheta; \\ z_{1F} &= p \cdot \vartheta - \sqrt{\rho_{ax}^2 - (K - \eta)^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

A csigához kapcsolódó csigakerék fogazatát a csiga fogazata határozza meg, mivel az érintkező fogfelületek egymást kölcsönösen burkoló felületek [4]. A csiga felület (η, ϑ) paraméter értékpárja legyen egy u paraméter függvénye. Az érintkezési vonalak egyenletét a kapcsolódás I. törvénye szerint a következő függvénykapcsolat írja le egy-egy rögzített φ_1 mozgásparaméter értékek mellett

$$f(\eta(u), \vartheta(u), \varphi_1) = f(u, \varphi_1) = \mathbf{n}_{1F} \cdot \mathbf{v}_{1F} = 0 \quad (2)$$

A 2. ábrán látható érintkezési vonalak előállítását szolgáló számítógépes programunk a bemenetként átadott csiga hajtás adataiból kiszámolja az eljárás megkezdéséhez szükséges implicit formájú egyenletrendszer. A szintén bemenő adatok alapján lehatárolásra kerül a vizsgálat kiterjedése, így a peremfeltételeknek megfelelően a kereső eljárás kiszámolja az érintkezési pontokat. Az eredményül előállt ponthalmazt egy-egy érintkezési görbe sorbarendezett pontjainak sorbarendezett csoportjává alakítja a program. Programunkat egy megtervezett és legyártott csigahajtás esetére futtattuk a $z_1=3, m=12,5, \gamma_0=21^\circ 2' 15'', \rho_{ax}=50, \bar{S}_{a1}=10, \bar{S}_{n1}=13^{+0,0}_{-0,125}, a=280, d_{o1}=97,5, H=117,809722, \delta_{ax}=24^\circ 31' 10'', z_2=35,$

$F_{r1}=\pm 0,017, f_{p1}=\pm 0,016, f_\gamma=\pm 0,018, f_f=0,08$ alapadatokkal az érintkezési pontok a 2. ábrán kerültek bemutatásra.



$i_{21}=0,0857142$	$\rho_{ax} = 55\text{mm}$
$K = 69,5\text{mm}$	$\varphi_1=-30-200^\circ$
$a = 280\text{mm}$	$\eta=38,75-$
$p = 18,75\text{mm}$	$58,75\text{mm}$
$z_{ax} = 0\text{mm}$	$\vartheta = -60-60^\circ$
	$nv \leq 0,001$

1. ábra Alkalmazott koordináta-rendszerek kapcsolata hengeres csiga hajtás esetén $a=0, c=0, p_r=0, \alpha=0, \gamma=\Sigma=-90^\circ$ paraméterértékekkel [5]

2. ábra Az érintkezési vonalak az általunk kifejlesztett számítógépes program alapján az $[(x_2), (y_2)]$ síkban

1.1. Feladat

A csigakereket megmunkáló csigamaró kialakításához rendkívül komoly ismeretek szükségesek a gyártástechnológia, a geometria és a matematika terén [6,7,8]. A maró vágóélének a helyettesítő csiga fogfelületein kell elhelyezkednie, melynek nagyobb a fejkör átmérője és a fogvastagsága, közös geometriai tengelyeik vannak, a d_0 osztóhengereik átmérője megegyeznek, és az ugyanazon az oldalon lévő fogfelületük egybeesnek a megfelelő tengelyirányú elmozdulással. A maró V vágóéle a hátra esztergált R oldalfelület, valamint a H homlokfelület metszésvonalaként jön létre. Ezért a hátmegmunkálást és a megmunkálási technológiát oly módon kell végrehajtani hogy a kapott V él a helyettesítő csiga fogfelületén legyen [2]. A maró H homlokfelülete a tengelyre merőleges félegyenes összetett mozgásából származik, amely tengelyirányú mozgás a homlokfelület p_h csavarparaméterével, és ezzel egyidejűleg a tengely körüli elfordulás. A jobbmenetű maró esetében a H homlokfelület balmenetű, egyenlete

$$\left. \begin{aligned} x_h &= -\eta \cdot \sin(\vartheta + \varphi_{oh}); \\ y_h &= +\eta \cdot \cos(\vartheta + \varphi_{oh}); \\ z_h &= -p_h \cdot \sin(\vartheta + \varphi_{oh}); \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

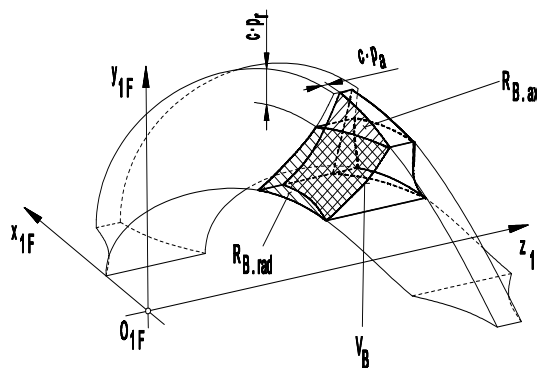
A V forgácsolóél egyenletét a vizsgált esetben a következő formába írhatjuk

$$\left. \begin{aligned} x_v &= -\eta \cdot \sin \frac{\sqrt{\rho_{ax}^2 - (K - \eta)^2} - z_{ax}}{p + p_h} \\ y_v &= \eta \cdot \cos \frac{\sqrt{\rho_{ax}^2 - (K - \eta)^2} - z_{ax}}{p + p_h} \\ z_v &= -p_h \cdot \frac{\sqrt{\rho_{ax}^2 - (K - \eta)^2} - z_{ax}}{p + p_h} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

A V forgácsolóél újraélezés után is ugyanannak a csigának a fogfelületén kell maradnia, hogy a maró újraélezése után is profiltorzulás nélküli fogfelületet alakítson ki a keréken.



3. ábra. A tengelymetszetben körív profilú csigahajtás lefejtőmaróval [9]



4. ábra A lefejtőmaró fog felületei a K_{F1} forgó koordináta-rendszerben [2]

A radiális hátramunkálás esetén a szerszám újraélezése után sugárirányú méretváltozás lép fel, mely az a tengelytáv csökkenését és a γ menetemelkedési szög változását vonja maga után, amit a szerszám beállításakor figyelembe kell venni, ezért ezen geometriai összefüggések vizsgálata szükséges.

2. MEGOLDÁS

A mozgásátadás elemzéséhez a csiga és a kerék gördülő hengereinek sugara közti összefüggés a csiga alapadatainak ismeretében a következő módon írható fel

$$r_{w1} = r_{m1} + x_2 \cdot m_{ax} = (q/2 + x_2) \cdot m_{ax} \quad (5)$$

A csiga és a kerék osztóhengereinek sugara közti összefüggés a következő módon adható meg

$$r_{m2} = r_{w1} + x_2 \cdot m_{ax} \quad (6)$$

A csiga osztóhengerén a menetemelkedés szögére felírható a következő összefüggés

$$\operatorname{tg} \gamma_{m1} = z_1 / q \quad (7)$$

A csúszásnélküli gördülésből következően, derékszögű hajtás esetében

$$r_{w1} = a - p \cdot i_{12} \quad (8)$$

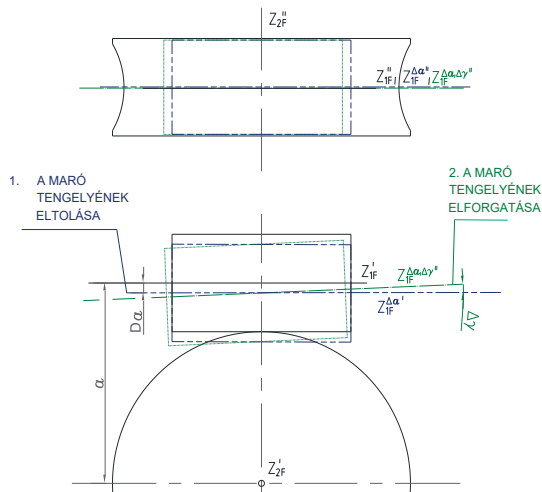
A profileltolások csigahajtás gyártásakor a tengelytávolság az alábbiak szerint számítható

$$a_w = [(q + z_2) + x_2] \cdot m / 2 \quad (9)$$

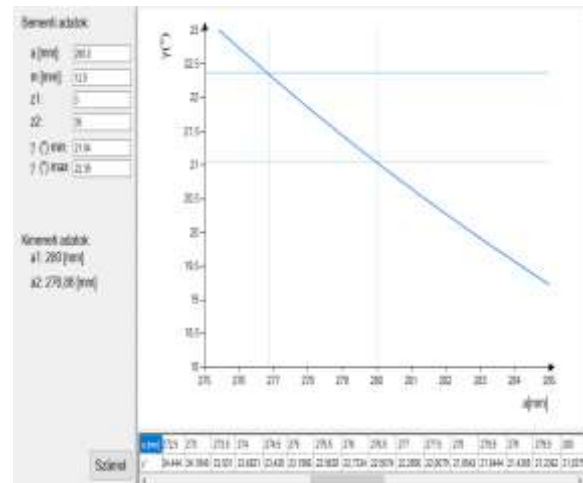
Mindezekből a tengelytáv és a menetemelkedés közti összefüggés

$$\gamma_1 = \operatorname{arctag} \frac{z_1 \cdot m}{2 \cdot \left(a - \frac{(z_2 + x_2) \cdot m}{2} \right)} \quad (10)$$

melynek függvényalakja a 6. ábrán került feltüntetésre.



5. ábra. Az újraélezett csigamaró beállításának sematikus elrendezése



6. ábra. Az a tengelytáv és a γ menetemelkedés közötti összefüggés

3. EREDMÉNY

A szokásos újraélezési tartalék ($0,05 - 0,1$) modul biztosítása mellett a sugárirányú méretváltozásból nem adódott számottevő profileltérés, ugyanis annak értéke kisebb volt a megengedett profilhibánál. A mérerhiba a fogazó szerszám és a csigakerék a tengelytávolsága a γ menetemelkedési szög-különbség korrigálásával bizonyos határig csökkenthető, mivel a csigakerekek kis tőrése egy kevés szerszám-újraélezést lehetővé tesz. Ez a határ a 6. ábrán feltüntetésre került a tervezett és legyártott konkrét példánk esetében, ahol a $\gamma_{ml} = 21,04^\circ$ értéket vesz fel. A megengedett emelkedési hiba $f_\gamma = \Delta\gamma = \pm 0,018 \text{ rad} = \pm 1,031^\circ$. Megengedett menetemelkedési szög eltérése maximuma pedig $\gamma_{ml} + f_\gamma = \gamma_{ml} + \Delta\gamma = 21,04^\circ + 1,031^\circ = 22,35^\circ$.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Ezen írás a hengeres csigakerék fogfelületének csigamaróval történő megmunkálása esetén az újraélezett csigamaró beállításának geometriai paraméterei közti összefüggéseket vizsgálja. A csigamaró kopás utáni újraélezése átmérő csökkenéssel jár, mely a tengelybeállítás szükségességét vonja maga után. A vizsgálat a kétparaméteres burkolás elve mentén került tárgyalásra. A maró pontos beállításával elkerülhető a legyártott kerék fogfelületének torzulása, alakhibája.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Dudás I.: *The extension of the general mathematical model developed for helicoidal surfaces to the whole system of manufacturing technology and production geometry (ProMAT)*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. London: Springer. ISSN 0268-3768 2016; 86(5–8):1557–1572.
- [2] Dudás I.: *The Theory & Practice of Worm Gear Drives*. London: Penton Press ISBN 1 9039 96619 9; 2004.
- [3] Máté M., Hollanda D.: *A hengeres fogaskerék-lefejtő csigamaró működő élgeometriájának vizsgálata*, MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 6., 2017., ISSN 2393 – 1280, pp.: 137-146.
- [4] Litvin F. L., Fuentes A.: *Gear Geometry and Applied Theory*. Englewood Cliffs: NJ Prentice Hall; 1994.
- [5] Óváriné Balajti Zs.: *Kinematikai hajtópárok gyártásgeometriájának fejlesztése*, PhD értekezés, Miskolc, (2007)
- [6] Sipos B., László S., Máté M.: *Kúpos hengeres fogaskerékpár generálására alkalmas csigamaró tervezése*. (The Design of a Hob for Bevel-Cylindrical Gear Couple Cutting). The XXIII.-th International Conference of Mechanical Engineering, Şumuleu-Ciuc, April 23-26, 2015. Proceedings of the Conference. Coordinator: Acad. Csibi Vencel József. Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania . ISSN 2068-1267., p.317-320.
- [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] Vadászné Bognár G.: *Matematika informatikusok és műszakiak részére 2.*, Miskolc, Magyarország: Miskolci Egyetemi Kiadó (2003), ISBN: 9636615764, p. 347.
- [9] Óváriné Balajti Zs.: *A Monge ábrázolás elméleti elemzése és alkalmazása a mérnöki gyakorlatban*, Miskolc, 2015., ISBN: 978-963-358-097-4, 101 o.