

CCD kamerák helyzetének meghatározása szerszám pozícionálásához

Determining the position of CCD cameras for tool positioning

ÁBEL József¹, Dr. h. BALAJTI Zsuzsanna², Prof. Dr. DUDÁS Illés DSc³
PhD doktorandusz, egyetemi docens, professzor emeritus

Miskolci Egyetem, Magyarország, H-3515 Miskolc-Egyetemváros,
Matematikai Intézet^{1,2}, Gyártástudományi Intézet³

¹abel.jozsef16@gmail.com, ²balajtizs@abrg.uni-miskolc.hu, ³illes.dudas@uni-miskolc.hu

Kivonat

A szerszámgeometria kulcsfontosságú szegmense az élgeometria és a felületminőség kapcsolatának elemzése. Kutatómunkánk egyik célja a megmunkáló szerszámok élgeometriájának CCD kamerákkal történő vizsgálata a konstruktív ábrázoló geometria ismereteinek felhasználásával. Írásunkban a szerszám beállítására és a vágóél kopásának vizsgálatára alkalmas kamerapozícionálás peremfeltételeit meghatározó, általunk kimunkált módjára mutatunk rá.

Kulcsszavak: szerszámbeállítás, élgeometria, CCD kamera, rekonstruálhatóság, Monge tégla

Abstract

An important segment of tool geometry is the analysis of the relationship between edge geometry and surface quality. One of the aims of our research is to study the geometry of machining tools using CCD cameras, based on the knowledge of constructive descriptive geometry. In this paper, we described the method developed by us to determine the boundary conditions for cameras positioning for the setting of the tool and the testing of cutting edge wear.

1. BEVEZETÉS

A DifiCAD Mérnökirodában Dudás Illés alapító professzor vezetésével működő Csiga Iskola egyik kutatási területe a csigahajtások elempárjait megmunkáló szerszámok beállítása és vágóélének kopásvizsgálata. Az általunk kimunkált eljárás szerint [1,2,4,5,9] a mozgásátadásra szolgáló mechanizmusok hajtópárjainak elemeit megmunkáló szerszámok vágóélének kopásvizsgálatát a pontosság növelése céljából célszerű két darab CCD kamerával végezni. A vizsgálatot olyan két, egymásra merőleges pozícióból végezzük (1. ábra), mely biztosítja, hogy a vágóél csupán a két kamerával készített képből egyértelműen rekonstruálható legyen. A kamerákat úgy kell elhelyeznünk az élgörbéhez az 1. ábra szerint, hogy a \mathbf{v}_1 és \mathbf{v}_2 irányokkal párhuzamos profil síkok mindegyike csak egy-egy pontját tartalmazza az élgörbe képgörbéinek. A \mathbf{v}_1 és \mathbf{v}_2 irányok lehetséges helyzetei három szabad paraméterrel jellemezhetők, melyeket egy újabb koordináta-rendszerben ábrázolva, együttesen a Monge tégla pontjait alkotják [9]. A Monge tégla (α, β, γ) koordinátájú pontjai közül azok, amelyekből a vizsgált szerszámél rekonstruálhatóságát biztosító vetítési irányok (2. ábra), illetve kameraállások származtathatók, az úgynevezett bijektív tartományt alkotják.

2. A MARÓ HOMLOKFELÜLETE

Vizsgálatainkat a Dudás-féle ProMAT matematikai kinematikai modellben végeztük [5]. A Csiga Iskola kiemelkedő kutatási területe a tengelymetszetben ívelt profilú csigahajtópárok (3. ábra) elempárjainak gyártásgeometriája, a megmunkáló szerszámok kopásvizsgálata.

A csigához kapcsolódó kerék magas precizitású megmunkálása szükséges a megkívánt jó határfok, az alacsony zajszint megvalósításához. [3,4,5,6,7,8] A csigakerék simító megmunkálásához

alkalmazott lefejtőmaró burkolófelülete megegyezik a kerékkal kapcsolódó csigáéval (közvetlen mozgás leképezés) [5,10,11]. A maró homlokfelületének származtatásakor a csavar tengelyére merőleges félegyenes a p_h homlokfelületi csavarparaméterének megfelelő haladó mozgást és a tengely körül egyenletes körmozgást végez (4. ábra). Jobbemelkedésű csigamaró esetén a homlokfelület bal emelkedésű, így az osztókörön a menetemelkedés szöge

$$\gamma_{oh} = 90^\circ - \gamma_o \quad (1)$$

A H homlokfelület egyenlete a [4] alapján

$$\left. \begin{aligned} x_h &= -\eta \cdot \sin(\vartheta + \varphi_{oh}); \\ y_h &= +\eta \cdot \cos(\vartheta + \varphi_{oh}); \\ z_h &= -p_h \cdot \sin(\vartheta + \varphi_{oh}); \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

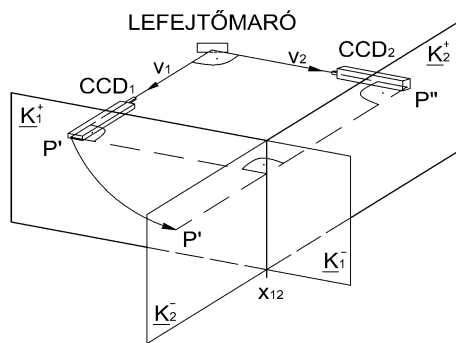
ahol szintén a [4] alapján a homlokfelület emelkedési paramétere

$$p_h = \frac{d_{o1} \cdot \pi \cdot \operatorname{tg} \gamma_{oh}}{2 \cdot \pi} \quad (4)$$

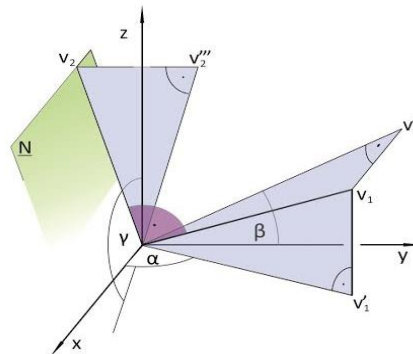
A maró osztóhengerének d_{o1} átmérője azonos kell hogy legyen a csiga osztóhenger átmérőjével. A homlokfelület paramétereire a

$$90^\circ \leq \vartheta \leq 270^\circ \text{ és az } r_{f1} \leq \eta \leq r_{a1} \quad (5)$$

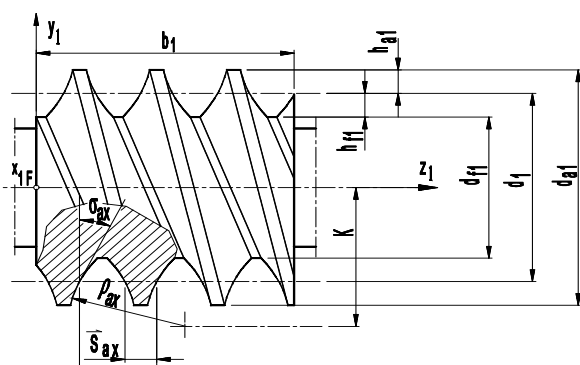
feltételek teljesülnek, ahol r_{a1} a maró fejhengerének sugara, míg r_{f1} a lábhengerének sugara.



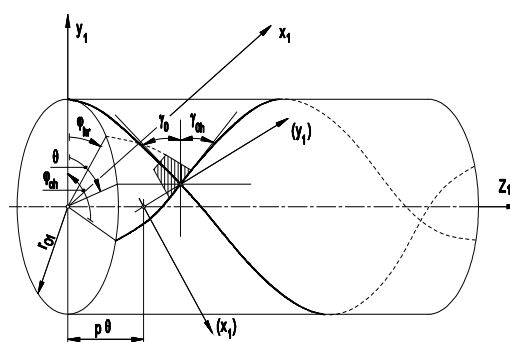
1. ábra A vágóél vizsgálatához beállított CCD kamerák és a két merőleges vetület [1]



2. ábra A v_1, v_2 vetítési irányok és az (α, β, γ) szöghármas közötti kapcsolat [1]



3. ábra Tengelymetszetben körív profilú csiga geometriai paramétere [4]



4. ábra A kapcsolódó kereket megmunkáló maró vágóéle a K_1 koordinátarendszerben [4]

3. A CCD KAMERÁK ELHELYEZÉSE SZERSZÁM POZÍCIONÁLÁSHOZ ÉS KOPÁSMÉRÉSHEZ

A maróél kopásának működés közben történő többszöri méréséhez a marót minden alkalommal ugyanabba a pozícióba kell állítani. A pozícionáláshoz a fog olyan elemét választottuk, mely a működés

során nincs kitéve kopásnak. A maró H homloklfelületén az $r_{f1} = \eta$ paraméterű, lábhengerre illeszkedő, szögelfordulással arányosan felvett P_0, P_1^L, P_2^L, P_3^L pontjaira illesztünk egy harmadrendű, L -el jelölt Bézier görbét (5. ábra).



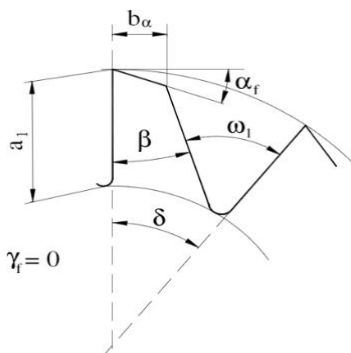
5. ábra A maró-fog H homloklfelületének lábhenger pontjaira illesztett L és vágóél pontjaira illesztett V Bézier görbe

A [9] szerint az L érintőinek iránykúpja és annak csúcspontjára illeszkedő v_1, v_2 irányokkal párhuzamos \underline{P} profil sík kölcsönös helyzetéből kerültek meghatározásra a Monge-tégla (8) feltételt teljesítő (α, β, γ) számhármasai. Ezen számhármaskból a 2. ábra alapján meghatározható v_1, v_2 vetítési irányokba elhelyezett CCD kamerákkal készített képekből a lábhengerre illeszkedő L görbe rekonstruálható. Ugyanígy járunk el a CCD kamerák helyes pozicionálásának számítására vonatkozóan a V vágóél kopásvizsgálatához. A mérnöki innovációhoz matematikailag megfogalmazandó [12] egy további szükséges peremfeltétel, miszerint a v_1 és v_2 irányoknak a H homloklfelülettel bezárt ε_{h1} és ε_{h2} szöge teljesíti a

$$\varepsilon_{h1}, \varepsilon_{h2} \leq \omega_1 \quad (6)$$

feltételt. A 6. ábra alapján a (6) feltétel akkor teljesül, ha a H homloklfelület (2)-ből számítható n_h normálisa és a v_1 és v_2 vetítési irányok szöge nagyobb, mint $90^\circ - \omega_1$

$$90^\circ - \omega_1 \leq \arcsin\left[\frac{(n_h \cdot v_1)}{|n_h| \cdot |v_1|}\right] \quad \text{és} \quad \arcsin\left[\frac{(n_h \cdot v_2)}{|n_h| \cdot |v_2|}\right] \quad (7)$$



6.a. ábra Az ω_1 forgácshoronyyszög



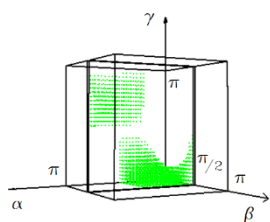
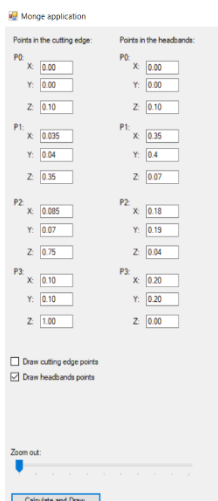
6.b. ábra A H homloklfelület és a v_1, v_2 vetítési irányok

A Monge tégla azon belső pontjai, melyekből a vágóél vizsgálatához a vágóél rekonstruálhatóságát biztosító v_1 és v_2 irányok származtathatók, az $\alpha, \beta, \gamma \neq 0, \pi, \pi/2$ feltétel mellett a [9] alapján

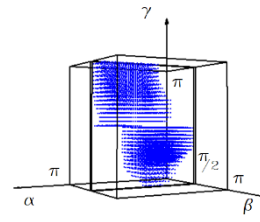
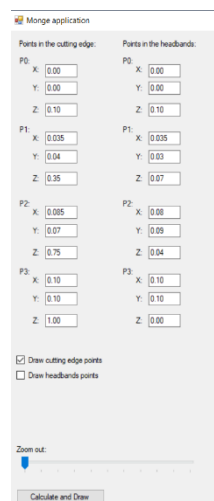
$$c_1 \cdot ((\text{tg}\alpha \cdot \text{ctg}\gamma + \text{tg}\beta + \text{ctg}\alpha \cdot \text{tg}^2\beta \cdot \text{tg}\gamma) / (-\text{ctg}\alpha - \text{tg}\beta \cdot \text{ctg}\gamma - \text{tg}\alpha))^2 + c_2 \cdot ((\text{tg}\alpha \cdot \text{tg}\beta - \text{ctg}\gamma) / (-\text{ctg}\alpha - \text{tg}\beta \cdot \text{ctg}\gamma - \text{tg}\alpha))^2 + c_3 + c_{12} \cdot (\text{tg}\alpha \cdot \text{ctg}\gamma + \text{tg}\beta + \text{ctg}\alpha \cdot \text{tg}^2\beta \cdot \text{tg}\gamma) \cdot (\text{tg}\alpha \cdot \text{tg}\beta - \text{ctg}\gamma) / (-\text{ctg}\alpha - \text{tg}\beta \cdot \text{ctg}\gamma - \text{tg}\alpha)^2 + c_{13} \cdot (\text{tg}\alpha \cdot \text{ctg}\gamma + \text{tg}\beta + \text{ctg}\alpha \cdot \text{tg}^2\beta \cdot \text{tg}\gamma) / (-\text{ctg}\alpha - \text{tg}\beta \cdot \text{ctg}\gamma - \text{tg}\alpha) + c_{23} \cdot (\text{tg}\alpha \cdot \text{tg}\beta - \text{ctg}\gamma) / (-\text{ctg}\alpha - \text{tg}\beta \cdot \text{ctg}\gamma - \text{tg}\alpha) < 0 \quad (8)$$

feltételt, ahol a $c_1, c_2, c_3, c_{11}, c_{12}, c_{13}$ konstansok a p_0, p_1, p_2, p_3 adatokból kerülnek meghatározásra.

A (8) feltételnek eleget tevő számhármaskok, illetve azok határfelülete a Monge-téglában egy saját fejlesztésű programunk segítségével a 7. ábrán kerül bemutatásra egy általunk legyártott lefejtő-maró fog esetében. A (8) feltételeknek megfelelő (α, β, γ) koordinátájú pontokhoz tartozó CCD kameraállásokból az L beállításra és a V vágóélre vonatkozóan rekonstruálható képek készíthetők az L és a V görbéről.



7.a ábra A Monge téglá határfelülete az *L*-re vonatkozóan a maró pozícionálásához



7.b.ábra A Monge téglá határfelülete az *V* vágóélre vonatkozóan a kopás méréséhez

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatómunkánkban kifejlesztett eljárás lehetőséget ad a lefejtő-maró pozícionálására és a vágóéllal történő megmunkálás elemzésére, a vágóél kopásának folyamatos megfigyelésére az újra-élezés meghatározása céljából. A CCD kamerák elhelyezésének legszigorúbb peremfeltétele is megfogalmazásra került. A vágóél kopásának folyamatos mérése a matematikailag egzaktan meghatározott kamerapozíciókból biztosított.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] ÁBEL J., BALAJTI ZS.: *Szerszámél geometriai vizsgálatához szükséges feltétel, a Monge-tégla bijektív tartományának határfelülete*, OGÉT 2019, XXVII. Nemzetközi Gépészeti Konferencia, Nagyvárad, ISSN 2068-1267 22-26.o.
- [2] BALAJTI ZS., DUDÁS I.: *The Monge Theorem and Its Application in Engineering Practice*, Springer-Verlag, London 2016, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Article 9763, DOI: 10.1007/s00170-016-9763-1
- [3] DEZSŐ, G., SZIGETI, F.: *A műszaki szimulációs módszerek helye a mérnökképzésben*, MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 6., 2017., ISSN 2393 – 1280, pp.: 63-71.
- [4] DUDÁS I.: *The Theory & Practice of Worm Gear Drives*, Kogan Page US, Sterling, USA, ISBN 1 9039 96619 9, 2004., p. 320
- [5] DUDÁS I.: *The extention of the general mathematical model developed for helicoidal surfaces to the whole system of manufacturing technology and production geometry (ProMAT)*, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, VOLUME82 NUMBER 1-4 2016 Springer, ISSN 0268-3768, Int J Adv Manuf Technol, DOI 10.1007/s00170-015-8233-5, p. 16
- [6] GYENGE CS.: *Lefejtőmarók oldalhátszögeinek pontos meghatározása és optimalása*, 1996, GÉP 48:(10) pp. 38-40.
- [7] MÁTÉ, M., HOLLANDA, D.: *A hengeres fogaskerék-lefejtő csigamaró működő élgeometriájának vizsgálata*, MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 6., 2017., ISSN 2393 – 1280, pp.: 137-146.
- [8] MÁTÉ, M.: *Hengeres fogaskerek gyártószerszámjai* Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2016, ISBN 978-606-739-070-4, 372 old.
- [9] ÓVÁRINÉ BALAJTI, ZS.: *A Monge ábrázolás elméleti elemzése és alkalmazása a mérnöki gyakorlatban*, Miskolc, 2015., ISBN: 978-963-358-097-4, 101 o.
- [10] POPA-MÜLLER, I., PAPP, I.: *Ötoldalú térmechanizmus kinematikai vizsgálata*, MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 6., 2017., ISSN 2393-1280, p.: 147-150.
- [11] TOLVALY-ROSCA, F., FORGÓ, Z.: *Relatív vágómozgásokkal generált pontfelhők szűrési nehézségei* MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK (HU) 6., 2017., ISSN 2393 – 1280, pp.: 163-168.
- [12] VADÁSNÉ BOGNÁR, G.: *Matematika informatikusok és műszakiak részére 2.*, Miskolc, Magyarország: Miskolci Egyetemi Kiadó (2003), ISBN: 9636615764, p. 347.