

GOLYÓSANYA SZERSZÁMPROFILJÁNAK VALIDÁLÁSA CAD RENDSZERBEN

Hegedűs György

egyetemi docens, Szerszámgépészeti és Mechatronikai Intézet,
Szerszámgépek Intézeti Tanszéke

3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: hegedus.gyorgy@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

Jelen cikkben a gótikus körívprofilú golyósanyák – egy általunk alkalmazott módszerekkel meghatározott – szerszámpofiljának validálását mutatjuk be virtuális forgácsolással. Az eljárás lehetővé teszi, hogy a költséges gépidő igénybevétele nélkül kísérleti vizsgálatokat végezzünk, és azok eredményeit elemezzük. A virtuális forgácsolást az előzőleg előállított munkadarab geometriai modelljét, és a számításokkal meghatározott profillal rendelkező szerszámot felhasználva integrált CAD rendszerben hajtjuk végre a valós forgácsolás kinematikai láncának figyelembe vételével. A kapott eredmények lehetőséget nyújtanak a különböző eljárásokkal meghatározott közelítő szerszámpofilok várható megbízhatóságának ellenőrzésére.

Kulcsszavak: golyósanya, szerszámpofil, virtuális forgácsolás, validálás

Abstract

In this article the validation of tool profiles of gothic-arc profile ball nuts by virtual machining presented based on CAD oriented method. The method allows to carry out experimental tests and result analysis without expensive manufacturing machine time. The virtual machining is carried out by the previously modeled work piece and determined tool profile by CAD approach using an integrated engineering system. The differences between the theoretical surface of the work piece and the virtual manufactured surface are analyzed and compared to various interpolating and approximating tool profiles.

Keywords: ball nut, tool profile, virtual machining, validation

1. Bevezetés

A szerszámgépek pozicionálási pontossága jelentősen befolyásolja az adott szerszámgép megmunkálási pontosságát, a gyártott termékek méret és alakhűségét. A gördülőelemes hajtásokat kedvező tulajdonságai miatt a mellékajtások pozicionáló rendszereiben széles körben alkalmazzák NC és CNC számjegyvezérlésű szerszámgépekben, de megtalálhatók különböző mérőgépek orvosdiagnosztikai műszerek, berendezések hajtásaiban is.

A mellékidők csökkentésének igénye megkövetelte, az újabb szerszámanyagok és fejlett vezérlések lehetővé tették a nagy menetemelkedésű golyósorsók gyártását. Ezekkel az igényekkel összefüggésben újabb gyártási problémák merültek fel a golyósanyák forgácsolásakor. A pontos megmunkálás nagymértékű hatással van a golyósorsós mechanizmus futás közben mérhető zaj, rezgés és nyomatéki tulajdonságaira. Nagy menetemelkedésű golyósanyáknál a megnövekedett menetemelkedési szög következtében a furatköszörű

szerszámtengelyét az optimális technológiai paramétereknek megfelelő értékre nem tudjuk beállítani, mert ez a szerszám kifutásakor ütközést okozna a munkadarab és a szerszámtartó között. Emiatt a szerszám tengelyét az optimális korongdöntési szögtől csak kisebb mértékben tudjuk beállítani, ami a szerszámprofil módosítását vonja maga után. Korábbi cikkekben ezeket a problémákat megvizsgáltuk. A módosított szerszámprofil meghatározására több módszert is javasoltunk és kidolgoztunk, ebben a cikkben az előállított módosított profil által forgácsolt munkadarab-felület és az elméleti felület közötti eltérést vizsgáljuk, illetve validáljuk.

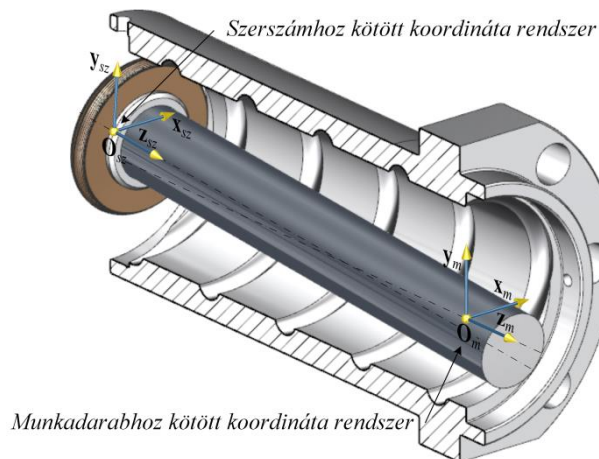
2. Előzmények

A Miskolci Egyetem Szerszámgépek Intézeti Tanszéke a kecskeméti székhelyű Szimikron Kft.-vel több, mint tíz éve tart fenn kutatási-fejlesztési kapcsolatot. Elsősorban szerszám gép építőelemek, mint például különböző trapézmenetes és golyósorsók kutatására és fejlesztésére történtek javaslatok [1], [7].

Tervezésinformatikai eszközöket régóta alkalmaznak a szerszám- és géptervezéshez [3]-[6], ahol a szerszámparaméterek meghatározása történhet kereskedelmi forgalomban kapható szoftverekkel, vagy saját fejlesztésű programokkal [2]. Az itt bemutatásra kerülő gótikus körívprofilú golyósanya köszörű szerszámprofiljának $CAXx$ szilárdtest modellezéssel előállított eredményének elemzését vizsgáljuk egy konkrét példán keresztül.

3. A CAD modell, paraméterek

A szerszámprofil előállítását megelőzi a munkadarab geometriai modelljének előállítása. A geometriai modell létrehozását és a szerszámprofil validálását *Siemens PLM NX 9.0* rendszerben, míg a szerszámprofil pontjait *CATIA V5* rendszerben határozzuk meg. Mindkét rendszer rendelkezik hatékony modellező és geometriai vizsgálatokat megvalósító tulajdonságokkal. A rendelkezésre álló méretek alapján előállított golyósanyát és a megmunkáláskor alkalmazott származtatott szerszámot az ütközés nélkül bedönthető korongdöntési szögnek megfelelően az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A származtatással előállított szerszám és a munkadarab geometriai modellje.

Az 1. táblázat tartalmazza a vizsgált golyósanya és szerszám paramétereit.

1. táblázat. A vizsgált munkadarab és szerszám paramétereit.

D_3	L_m	D_2	R_{pr}	c	D_w
$54_{0}^{+0,05}$	133	$51,69_{-0,1}^0$	$4,22_{0}^{+0,02}$	$0,264_{0}^{+0,02}$	8
b_{sz}	D_k	d_1	d_{szl}	D_{szl}	$l_{<}$
12	42	12	20	20	-

Az 1. táblázatban szereplő jelölések értelmezése:

D_3 : a golyósanya belső átmérője [mm];

L_m : a működő menet hossza [mm];

D_2 : a golyóközépponti átmérője [mm];

R_{pr} : a golyósanya profilsugara [mm];

c : a gótikus körívek középpontjai közötti távolság [mm];

b_{sz} : a szerszámkorong kezdeti szélessége [mm];

D_k : a szerszámkorong kezdeti átmérője [mm];

d_{szl} : a szerszámtartó kis átmérője [mm];

D_{szl} : a szerszámtartó nagy átmérője [mm];

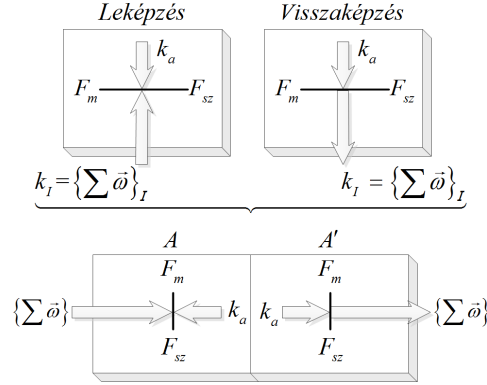
$l_{<}$: a kúpos szerszámtartó hossza [mm].

Megjegyezzük, hogy a d_{szl} és D_{szl} méretek egyezésekor a szerszámtartó szár hengeres felülettel kerül kialakításra, valamint a $l_{<}$ méretet a számításkor nem vesszük figyelembe.

4. Virtuális forgácsolás

A szerszámprofil származtatását a munkadarab névleges és a szerszám kezdeti méreteivel modellezett szilárdtestek kivonásaival állítjuk elő, a folyamatot addig végrehajtva, míg a munkadarab határoló felülete a szerszám teljes burkolófelületét létre nem hozza. A szerszám pontjai a munkadarab koordináta-rendszerében egy összefüggő térrészt írnak le mozgásuk során. A munkadarab felülete a szerszám által metszett tér határfelületeként áll elő a munkadarab határfelületének korlátai alapján (*leképezés*). Az alakítási mechanizmus és a származtató felületek közötti kapcsolatot a 2. ábra szemlélteti. A származtató felület hasonlóan definiálható (*visszaképezés*): a kész munkadarab felületének pontjai a szerszámhoz kötött koordináta-rendszerben viszonyított mozgásuk során összefüggő térrészt leíró pályákat futnak be. A származtató felület a munkadarab által metszett térrész határfelülete.

A virtuális forgácsoláskor két származtatást kell végrehajtanunk, az első az indirekt származtatás, amikor a munkadarab határoló felületét felhasználva előállítjuk a szerszám burkolófelületét (*visszaképezés*). Az így származtatott szerszámot felhasználva előállíthatjuk a munkadarab felületét (*leképezés*). A szerszám származtatott profilpontjaival interpolációs és approximációs görbék előállításával megadhatjuk a teljes szerszámprofil közelítő görbét.



2. ábra. A virtuális forgácsolás alakítási mechanizmusa [8].

Az ábrán szereplő jelölések értelmezése:

F_m : a munkadarab felülete;

F_{sz} : a szerszám felülete;

k_a : a gép alapkényszereit magába foglaló kinematikailag határozott mechanizmus;

k_j : a kinematikai lánc alakítási mechanizmuson kívüli halmaza;

$\{\sum \bar{\omega}\}$: a kinematikai lánc által közölt mozgások.

A szerszámprofil validálásához három különböző görbetípust adunk meg. Az egyik a származtatással előállított szakaszonként interpoláló harmadfokú *B-szplájn* görbe, a másik egy negyedrendű interpoláló *B-szplájn* görbe melynek egyenlete a

$$\mathbf{C}(t) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i N_{i,p}(t) \quad (1)$$

képlettel definiálható, ahol

\mathbf{P}_i a görbe vezérlőpontja;

$N_{i,p}$ a *B-szplájn* alapfüggvény, melyre érvényes, hogy

$$N_{i,0}(t) = \begin{cases} 1 & \text{ha } t_i \leq t \leq t_{i+1} \text{ és } t_i < t_{i+1}, \\ 0 & \text{egyébként} \end{cases} \quad (2)$$

$$N_{i,j}(t) = \frac{t-t_i}{t_{i+j}-t_i} N_{i,j-1}(t) + \frac{t_{i+j+1}-t}{t_{i+j+1}-t_{i+1}} N_{i+1,j-1}(t), \quad (3)$$

ahol $j=1,2,\dots,p$ és a csomóponti vektor $\mathbf{T} = \{t_0, t_1, \dots, t_m\}$, $t_i \in [0,1]$ és a *B-szplájn* görbe fokszáma $p=m-n-1$, ahol n a vezérlőpontok száma.

A harmadik görbetípus egy közelítő orientációs ellipszis, melynek koordinátáit az

$$\begin{aligned} x(t) &= x_c + a \cdot \cos(t) \cdot \cos(\theta) - b \cdot \sin(t) \cdot \sin(\theta) \\ y(t) &= y_c + a \cdot \sin(t) \cdot \sin(\theta) + b \cdot \sin(t) \cdot \cos(\theta) \end{aligned} \quad (4)$$

képletekkel számíthatjuk, ahol

x_c : az ellipszis középpontjának x koordinátája;

y_c : az ellipszis középpontjának y koordinátája;

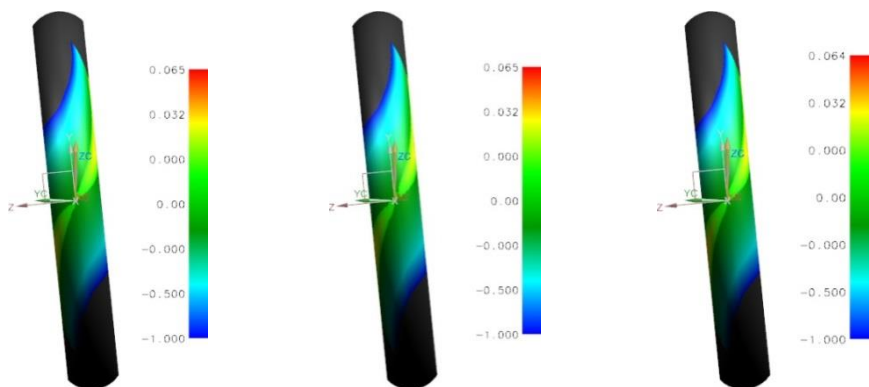
a, b : az ellipszis nagy- és kistengelyének félhossza;

θ : az ellipszis orientációs szöge.

A szerszámprofilok vizsgálatát a fentebb ismertetett képletekkel meghatározott görbékre végezzük el, melynek eredményeit a következő fejezetben ismertetjük.

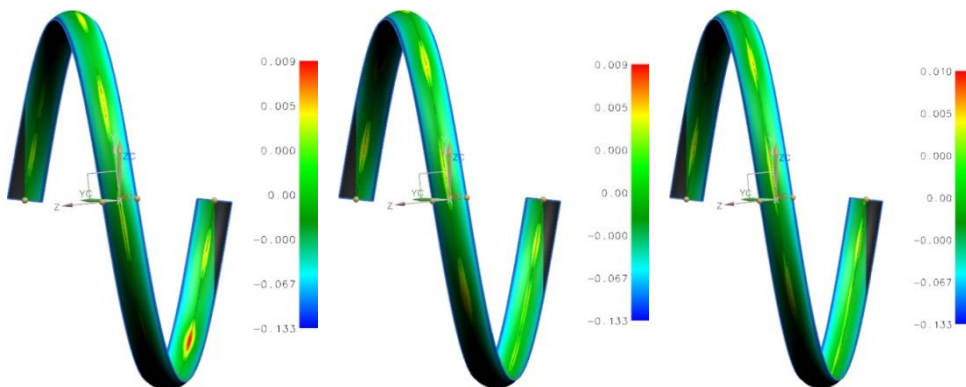
5. A szerszámprofil validálása

Az (1) és (4) egyenletekkel leírt szerszámprofilok validálását a 3. fejezetben ismertetett virtuális forgácsolással visszaképzett munkadarab-felületet, és a szerszám leképzéséhez használt származtató felületet felhasználva végezzük el. A származtatott szerszámfelülettel előállított munkadarab alakhűségét a két felület közötti eltéréssel minősíthetjük. A minősítéshez a CAD rendszer biztosította interferencia és metszeti analízis lehetőségeit.



a.) Szärmaztatott profil b.) Interpolációs szplájn c.) Közelítő ellipszis
 3. ábra. A felületek közötti eltérések különböző szerszámprofiloknál.

A 3. ábra szemlélteti a különböző profilokkal meghatározott szerszámfelületek és a golyós-anya elméleti felülete közötti eltéréseket a fogásvétel pillanatában. Az ábrákon láthatók, hogy viszonylag nagy eltérések adódhatnak függetlenül a görbék típusától, ami látszólag nem pontos megmunkálást eredményezne. Azonban forgácsoláskor a szerszám gép kinematikai láncának megfelelő alakítási mechanizmuson keresztül a szerszám felülete a munkadarab felületét elmozdítja, kialakítva az adott szerszámra jellemző geometriai felületet.



a.) Szärmaztatott profil b.) Interpolációs szplájn c.) Közelítő ellipszis
 4. ábra. A származtatott szerszámokkal előállított eltérések különböző szerszámprofiloknál.

A 4. ábra az alakítási mechanizmusnak és a szerszámprofilnak megfelelően kialakított munkadarab és az elméleti modell közötti eltéréseket szemlélteti. Az eredményekből kitűnik, hogy a származtatással meghatározott pontokkal előállított görbék alkalmasak a golyósanya befejező megmunkálásához, ezek kísérleti forgácsolással történő igazolása a távlati célkitűzéseink között szerepel.

6. Összefoglalás

Jelen cikkben egy golyós anya származtatással előállított szerszámprofiljának CAD rendszerben történő ellenőrzését és validálását vizsgáltuk. A módszer eredményei alapján kijelenthető, hogy az eljárás alkalmas különböző szerszámprofil-görbék elemzésére. További célkitűzések között szerepel egy teljesen automatizált számítógépi algoritmus kidolgozása, mellyel a szerszám és munkadarab paraméterek ismeretében az adott megmunkálási körülmények között ideális szerszámprofil meghatározható és ellenőrizhető. Az eljárást olyan ipari felhasználók hasznosíthatják, akik alakos köszörű szerszámmal végeznek forgácsoló megmunkálásokat. A gyakorlati alkalmazhatóság vizsgálatát a jövőben ipari partnerekkel való együttműködés keretében tervezzük.

7. Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

8. Irodalom

- [1] Csáki, T., Makó, I., Kiss, D.: *Nagy menetemelkedésű golyósanya CNC esztergán történő megmunkálási lehetőségeinek vizsgálata*, GÉP 63:(3) pp. 19-22. (2012)
- [2] Dudás, L.: *New possibilities in Computer Aided Design of Gear Mesh*, Publ. Univ. of Miskolc, Series C, Mechanical Engineering. Vol. 49. (1999) pp. 39–47
- [3] Hegedűs, Gy., Takács Gy.: *Tool profile generation by boolean operations on ball nuts*, Key Engineering Materials 581: pp. 462-465. (2014)
- [4] Nehéz, K., Takács, Gy.: *CAD environment for Machine Tools Design*, microCAD 2000: International Computer Science Conference. pp. 139-144.
- [5] S. Berbinschi, V. Teodor, N. Oancea, “3D graphical method for profiling gear hob tools,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 1–4, pp. 291–304, 2013 [Online]. Letölthető: <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-012-3989-3>
- [6] Oancea N., Popa I., Teodor V.: *Tool profiling for generation, of discrete helical surfaces*, *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 50:37–46 (2010)
- [7] Szabó, T., Szilágyi, A., Takács, Gy., Lajtos, G.: *Golyós orsók élettartam becslése*, GÉP 62:(9-10) pp. 35-38. (2011)
- [8] Tajnafői, J.: *Mechanizmusok származtatás-elméletének alapjai és hatása a kreatív gondolkodásra. (Diszkrét és végtelen megoldáshalmazok szemléletére és a funkció-összevonás elveire épülő tervezési módszerek.)*, Doktori értekezés, Miskolc, 1991