

SZERSZÁMBEFOGÓ-MUNKADARAB ÜTKÖZÉS- VIZSGÁLATA GOLYÓSANYA KÖSZÖRÜLÉSEKOR

COLLISION DETECTION OF TOOLHOLDER-WORKPIECE ON BALLNUT GRINDING

Hegedűs György, egyetemi adjunktus, Takács György, egyetemi docens,
Patkó Gyula, egyetemi tanár Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Tanszéke

ABSTRACT

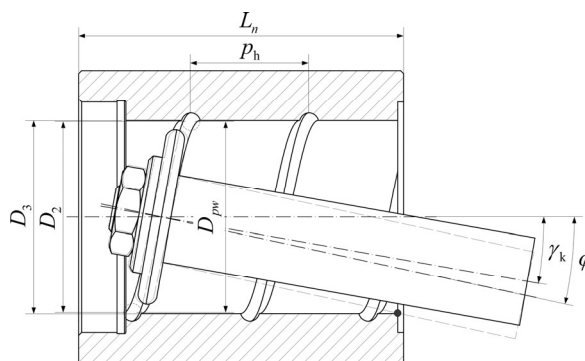
This paper presents a numerical method for the determination of collision detection of tool and workpiece on ballnut grinding. Beside the collision detection the method is capable of the determination of proper grinding angle with the prescribed safety gap between the toolholder and workpiece. The applied Newton-Raphson and Broyden numerical algorithms were executed with MATLAB computation software.

1. BEVEZETÉS

A csúcsíves profilú golyósanya-golyósorsó mozgás-átalakító mechanizmusokat számos helyen alkalmazzák a nagysebességű mozgások megvalósítására. A gótikus profil tulajdonképpen két azonos sugarú, adott értékkel eltolt középpontú körívből áll a menet normál metszetében vizsgálva. Az ilyen profilú precíziós golyósorsók befejező megmunkálására leggyakrabban profilköszörülést alkalmaznak 0. Nagypontosságú ultraprecíziós orsók esetén leppelési eljárást is használják befejező megmunkálásként [2]. A technológiai eljárás minden esetben hatással van a golyósorsó és anyja menetes pályáinak pontosságára és minőségére. A golyósanyák belső meneteit furatköszörülnek. Normál eljárásnál a furatköszörű szerszámprofiljának geometriája megegyezik az anyamenetprofil golyóközépponti átmérőjének normálmetszetében megadott geometriájával, a furatköszörű tengelyének bedöntési szöge és a golyósanya menetemelkedési szöge azonos. Nagy menetemelkedési szöggel és működő menethosszal rendelkező golyósanya megmunkálásakor azonban a szerszámtengetelt a menetemelkedési szöggel azonos értékben bedöntve szerszámbefogó és munkadarab ütközés állhat elő (1. ábra). Ennek elkerülésére a köszörütüske geometriáját módosítják; leggyakrabban az átmérőjét csökkentik, vagy kúposra készítik. Abban az esetben, amikor ezek a megoldások sem vezetnek eredményre a korongdöntési szög értéket módosítják. Az 1. ábra alapján a golyósanyán előírt menetemelkedési szög a

$$\varphi = \arctan\left(\frac{P_h}{\pi \cdot D_2}\right) \quad (1)$$

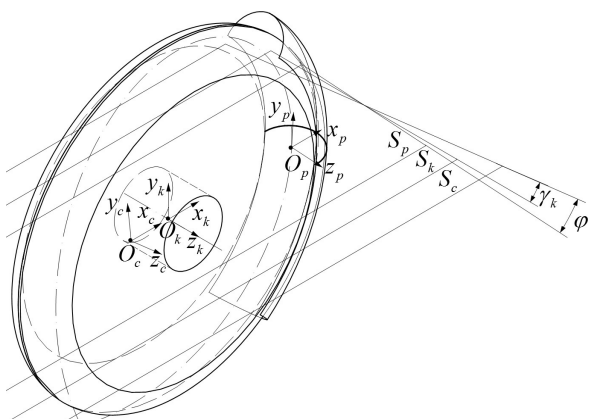
képlettel számítható. Normál megmunkálásnál a szerszám γ_k korongdöntési szöge megegyezik a φ menetemelkedési szöggel, azaz $\gamma_k = \gamma_{kmax} = \varphi$.



1. ábra. A golyósanya menetköszörülésének vázlatja. Vastag vonal a normál, szaggatott vonal a módosított eljárás.

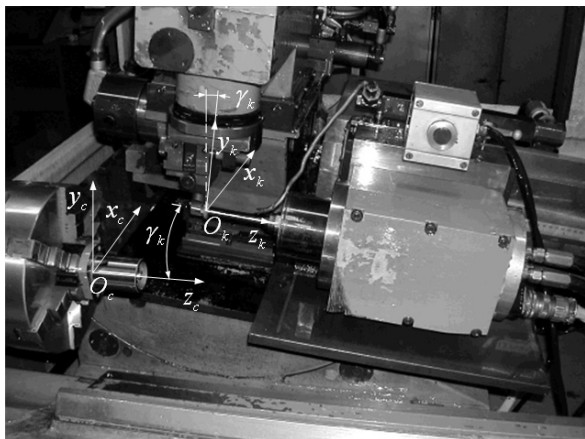
Módosított eljárásakor – a szerszám-tüske és a munkadarab belső furatvállának ütközésének elkerülésére (1. ábra) – a γ_k korongdöntési szöget csökkentik, vagyis $\gamma_k < \varphi$. Ezáltal a szerszám ideális $\gamma_k = \varphi$ korongdöntési szögét $\varphi - \gamma_k$ szöggel csökkentik, ennek következtében a menetprofil S_p , és a szerszám S_k síkban lévő normálmetszete nem egyezik meg egymással (2. ábra). A korongdöntési szög ideálistól való eltérése miatt a szerszámprofil módosítani kell. A módosított esetekben a nagy menetemelkedésű és hosszú golyósanyák gyártása, valamint a menet köszörülő megmunkálása nehézkes. Ezzel a kérdéssel kevés tanulmány foglalkozik. Az új szerszámprofil meghatározásakor figyelembe kell venni azt is, hogy a golyósanya menetköszörülő megmunkálása konvencionális vagy korszerű CNC megmunkálógépen történik-e. A 2. ábra egy golyósanya megmunkálását szemlélteti egy konvencionális furatköszörűgépen. Az ábrán látható a golyósanya me-

nethez kötött O_c , valamint a szerszámhoz kötött O_k középpontú koordinátarendszer.



2. ábra. A munkadarab és a szerszám geometriai kapcsolata a golyósanya menetkösörülésekor

Itt a merev kinematikai lánc miatt a szerszámprofil szabályzó mechanizmus csak egy szűk tartományban képes megfelelő származtatott profilú szerszám előállítására. A megmunkálendő menetprofil, a származtatott szerszámprofil és a származtató profil létrehozásakor figyelembe kell venni a szerszám gép által megvalósítható paramétereket, amely az R_{pr} szerszámprofil sugara, és a c csúscsörívek középpontjai közötti távolság, mely csak pozitív értékű lehet. A korongszabályzó-készülékkel csak az adott gép tartományain belül lehet R_{pr} sugarú köríves profilt a szerszámra munkálni. A szerszámprofil előállítását e két paraméter kötöttsége megnehezíti a mechanikus működtetésű gépeken.

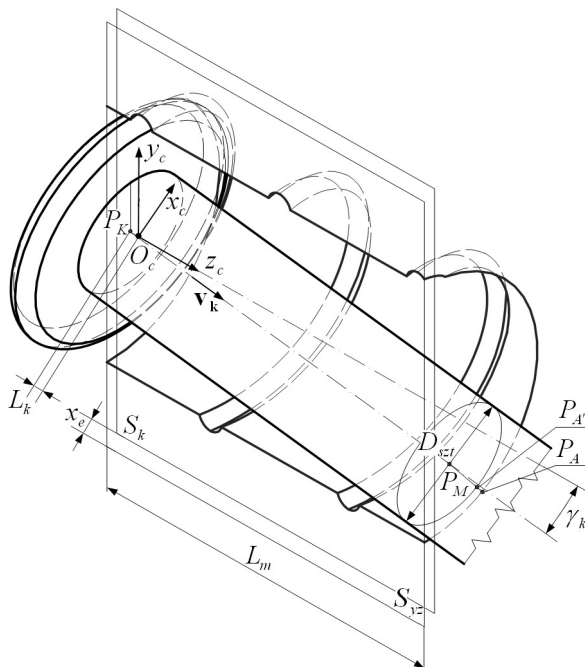


3. ábra. Golyósanya megmunkálása konvencionális furatkösörűgépen

Ezzel szemben számjegyvezérlésű korongszabályzó berendezéssel a szerszámprofil pontonként megadva gyakorlatilag azok a megoldások is megvalósíthatók, melyek a hagyományos gépeken a merev kinematikai lánc kötöttségei miatt már nem. A CNC vezérlések képesek polinom függvények kezelésére is, így a szerszámprofil nagy pontossággal lefejthető.

2. A KORONGDÖNTÉSI SZÖG MEGHATÁROZÁSA

Vizsgáljuk meg azt az esetet, amikor a $\gamma_{kmax} = \varphi$ feltétel nem teljesül, vagyis a maximális korongdöntési szög kisebb, mint a golyósmenta menetemelkedési szöge. A γ_{kmax} szögérték beállításánál a szerszám tartó külső és a golyósanya belső felülete a P_A pontban érintkezik (4. ábra).



4. ábra. A szerszám-munkadarab térbeli helyzete

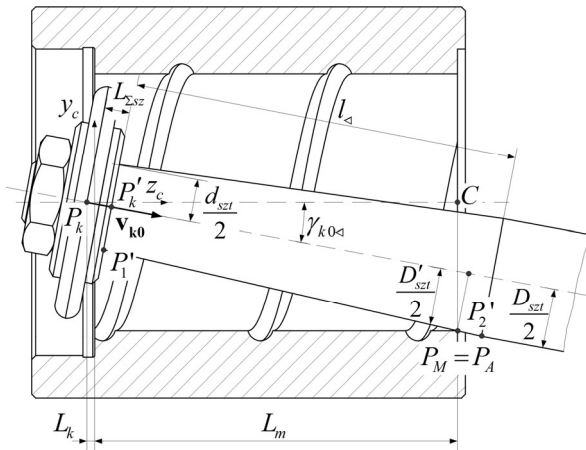
Ennek elkerülésére egy $b_h = \overline{P_A P_{A'}}$ biztonsági hézagot kell beállítani. Az előírt b_h biztonsági hézaggal beállított γ_k korongdöntési szög meghatározásához a golyósanya belső felületét egy hengerrel helyettesítjük, így a feladat megoldásához két henger egymás közötti minimális távolságát kell meghatároznunk. A gyakorlatban négy különböző eset fordul elő:

- a két henger palástfelülete között minimális a távolság, ebben az esetben keressük a tengelyek normáltranszverzálisát,
- a palástfelület és alapél között minimális a távolság, az ilyen feladatok egyenes-kör távolságának meghatározására vezethetők vissza,
- a két henger alapéle közötti minimális távolság, a cél két kör közötti távolság meghatározása,
- az alapsík és alapél között minimális a távolsága, amit sík és kör közötti távolság számításával oldhatunk meg.

A fenti négy statikus esettel részletesen a [3] irodalomban olvashatunk, azonban a dinamikus esettel is találkozhatunk – amikor a cél két vagy több test ütközés-vizsgálata – például a [4] szerinti mechanizmusoknál.

Esetünkben a korongdöntési szög meghatározásához az alapél (golyósanya) és szerszám tengelye közötti mini-

ságát is (6. ábra). A kezdeti értékek meghatározása a hengeres szerszámbe fogóhoz hasonlóan történhet.



6. ábra. A szerszám-munkadarab helyzete a kezdeti érték meghatározásához kúpos szerszámbe fogónál

5. EREDMÉNYEK

A számításokat az 1. táblázatban és 2. táblázatban megadott munkadarabokra és szerszámokra végeztük el Newton és Broyden numerikus eljárásokat alkalmazva. Az eredményeket a 3. táblázatban foglaltuk össze, ahol γ_k a számított korongdöntési szög, i az iterációk száma és ε az iterációs hiba az i . iterációs lépésben. A számítások során az előre definiált biztonsági hézag a munkadarab és a szerszámszár között $b_h=1\text{mm}$ volt. Az 1. táblázatban D_3 a golyósanya belső átmérője, L_m a menet hossza, D_02 a menet átmérője, R_{pr} a profilsugar, c a profilsugarak középpontjai között a távolság és D_w a golyó átmérője.

1. táblázat. Golyósanya méretei

	Golyósanya jellemző méretei					
	D_3 [mm]	L_m [mm]	D_{02} [mm]	R_{pr} [mm]	c [mm]	D_w [mm]
1.	$34^{+0,05}_0$	60	$32,71^{0}_{-0,1}$	$2,68^{+0,01}_0$	$0,25^{+0,01}_0$	5
2.	$43,5^{+0,1}_0$	90	$41,69^{0}_{-0,1}$	$3,77^{+0,01}_0$	$0,28^{+0,01}_0$	7,144
3.	$42^{+0,05}_0$	100	$39,47^{0}_{-0,1}$	$3,38^{+0,01}_0$	$0,255^{+0,01}_0$	6,35
4.	$54^{+0,05}_0$	133	$51,69^{0}_{-0,1}$	$4,22^{+0,02}_0$	$0,264^{+0,02}_0$	8

A 2. táblázatban b_{sz} a korong szélessége, D_k a korong átmérője, d_1 a korong belső átmérője, d_{sz} és D_{sz} a szerzszámszár kis és nagy átmérője (hengeres szár esetén megegyeznek), l_{\triangleleft} a kúpos szerszámbe fogó hossza.

2. táblázat. Maximális korong és tuskeméreték

	Maximális korong- és tuskeméreték					
	b_{sz} [mm]	D_k [mm]	d_1 [mm]	d_{sz} [mm]	D_{sz} [mm]	l_{\triangleleft} [mm]
1.	7	26,5	12	12	12	-
2.	10	37	12	14	16,5	100
3.	10	31,5	12	14	16,5	100
4.	12	42	12	20	20	-

3. táblázat. Numerikus számítási eredmények

	Módszer	γ_k	i	ε
1.	Newton	7,653505	5	$7,151210 \cdot 10^{-8}$
	Broyden	7,653505	8	$2,708951 \cdot 10^{-8}$
2.	Newton	6,952027	5	$4,675239 \cdot 10^{-7}$
	Broyden	6,952027	7	$4,859574 \cdot 10^{-8}$
3.	Newton	5,260079	5	$7,800237 \cdot 10^{-8}$
	Broyden	5,260079	8	$8,030855 \cdot 10^{-9}$
4.	Newton	5,651421	5	$3,449851 \cdot 10^{-9}$
	Broyden	5,651421	7	$6,958383 \cdot 10^{-9}$

6. SUMMARY

Numerical method was presented for the determination of grinding angle with safety gap on the grinding of ballnut. The theoretical results is shown on Newton and Broyden methods.

This research was carried out as part of the TAMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 project with support by the European Union, co-financed by the European Social Fund.

7. IRODALOM

- [1] HARADA H., KAGIWADA T.: Grinding of high-lead and gothic-arc profile ball-nuts with free quill-inclination, Precision Engineering 28 (2004), 143–151
- [2] D. S. GUEVARRA, A. KYUSOJIN, H. ISOBE, Y. KANEKO: Development of a new lapping method for high precision ball screw (1st report), Precision Engineering Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, 25 (2001), 63–69
- [3] D. VRANEK: Fast and accurate circle-circle and circle-line 3D distance computation, Journal of Graphics Tools, 7(1) (2002), 23–32
- [4] KETCHEL, J. AND LAROCHELLE, P.: Collision Detection of Cylindrical Rigid Bodies Using Line Geometry, Proceedings of the 2005 ASME International Design Engineering Technical Conferences, 2005, DETC2005-84699.