

FORGÁCSOLÓ SZERSZÁM TERVEZÉSE GOLYÓSANYA MENETESZTERGÁLÁSÁHOZ

Kiss Dániel

egyetemi tanársegéd, Miskolci Egyetem, Szerszámgépek Intézeti Tanszéke
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: kiss.daniel@uni-miskolc.hu

Mihályi Gergő

tervezőmérnök, BekoMold Kft.
1037 Budapest, Bojtár u. 74., e-mail: mihalyi.gergo85@gmail.com

Absztrakt

A cikk a golyósanya menetfelületének különböző megmunkálási lehetőségeit ismerteti. A nagy menetemelkedésű golyósanyák forgácsolással történő megmunkálásának egyik hátránya, hogy módosított szerszámprofil előállítása szükséges, hogy elkerüljük a szerszámtartó és a munkadarab ütközését. Profilos forgácsolólapkával azonban lehetséges a golyósanya menetprofiljának előállítása esztergálással. A technológia alkalmazhatóságát a koncepcionális tervek alapján készült szerszámmal és kísérleti megmunkálással igazoljuk, amelyek eredményeit a cikk végén ismertetjük.

Kulcsszavak: esztergálás, szerszám, golyósanya

Abstract

This article shows different machining methods of the ball nut thread. A disadvantage of machining high pitch ball nuts by grinding process is to produce a modified tool profile to avoid collision between the tool holder and workpiece. However, by using profiled lathe inserts, it is possible to produce thread profile of the ball nut. The applicability of method is verified by tooling and experimental machining based on conceptual designs, the results are described at the end of article.

Keywords: turning, tool, ball nut

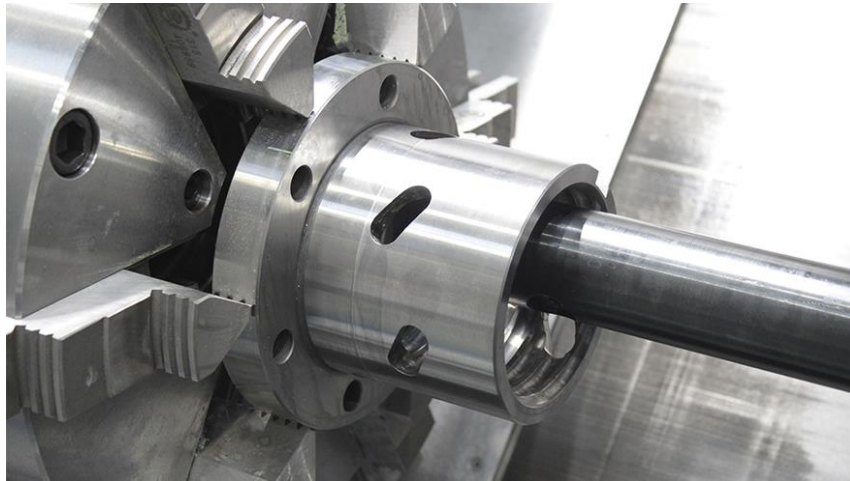
1. Bevezetés

A golyósanyák forgácsolására az alkatrész hőkezeltségi állapotától függően igen szűk forgácsolási technológia alkalmas [1], [2]. Lágýtott állapotban történő forgácsolásnál az esztergálást (1. ábra) és a marást (2. ábra) alkalmazzák edzett, betétedzett anyák befejező megmunkálására a köszörülést.

A golyósanya élettaramát figyelembe véve a martenzites szövetszerkezet terjedt el. A martenzites szövetszerkezet előnye a nagy keménység és kopásállóság, azonban ez a forgácsolást megnehezíti. Emiatt alkalmazzák a profilköszörülést befejező megmunkálásként a hagyományos gyártástechnológiai műveleteknél, ami bizonyos technológiai korlátok között (anya belső átmérő, menethossz) igen jól alkalmazható. Ezen tanulmány célja, hogy a keményesztergálás lehetőségét megvizsgálja a gótikus-profilú anyamenetek edzett/betétedzett állapotban történő megmunkálásra.

Nagy menetemelkedésű golyósanyáknál a menetemelkedési szög miatt torzított profilú szerszámot kell tervezni. A profiltorzulás elkerülésének érdekében esztergáló- és marószerszámoknál is hátszög kompenzációval oldják meg ezt a problémát. Az alkalmazott (működő) hátszög nagyságát az anyagminőség forgácsolásához szükséges minimális hátszög és a golyósanya legkisebb átmérőjére

számított spirálemelkedési szög összegeként kapjuk meg. Emiatt nem alkalmazható a marási technológia hatékonyan szerszámbedöntés nélkül edzett állapotban történő megmunkálásnál, mivel a nagy hátszögek eredője a szerszám élkörnyezetét károsan befolyásolja. További hátrány, hogy bedöntés nélkül csak is kizárólag egy élű maró jöhet számításba, mivel a további maró élek elforgácsolnák a megmunkálatlan felületeket az előtolás irányban.



1. ábra. Golyósanya menetesztérgálása [3]



2. ábra. Golyósanya menetmarása [4]

Amennyiben a megmunkáláskor a marószerszámot ütközés nélkül bedönthetjük többélű szerszám is alkalmas a forgácsoláshoz. Előnye közt szerepel, hogy a több él nagyobb termelékenységet jelent, viszont az élék profilját nem lehet pontosan összehangolni, ezért nagy pontosságú menetek előállítására nem alkalmas. Ez az eljárás csak nagyoláshoz alkalmazható termelékenyen, mert profilsimításkor a kapcsolószám kisebb mint 1, így egy időben mindig csak egy él képes forgácsolni. A köszörülés technológiai korlátja a maximálisan alkalmazható golyósanya belső átmérője, a köszörűkorong átmérője és a golyósanya menethosszából adódik, mivel a korongot axiális irányban, a menetemelkedés szögének megfelelően be kell dönteni [5]-[7]. A kis- és közepes menetemelkedésű anyaváltozatokkal ellentétben az edzett profil köszörülése nem valósítható meg nagy menethossznál, aminek két fő oka van. A nagy menethosszból és a nagy menetemelkedésből eredő menetemelkedési szög a szerszám tartó ütközését eredményezi a magfurat átmérőjén. A másik fő probléma a menetemelkedési szögből ered, minél nagyobb mértékben kell megdönteni egy profilos szerszámot, annál nagyobb a profiltorzulás mértéke. A korongdöntési szög értékét a köszörűkorong átmérője is befolyásolja, ami hatással van a szerszám fordulatszámára. A kisebb korongátmérő hátránya, hogy

nagy fordulatszám alkalmazása mellett képes technológiailag jól üzemelni, valamint a korongdöntési szöveget csökkenti. Az 1. táblázat az adott technológiák alkalmazhatóságának korlátait tartalmazza golyósorsóknál a 20–80 mm-es tartományban. A fenti táblázatban jól megfigyelhető, hogy a hengerléssel készült előgyártmányok főként a táblázat baloldali, valamint az alsó táblázati régiókban érvényesülnek a legjobban. Ennek a fő oka a képlékeny alakítás erőszükséglete lehet, mivel a növekvő átmérővel a golyópályák mélysége is növekszik. A köszörülés technológiai korlátait a menetemelkedés korlátozza és a hozzátartozó menetemelkedési szög, mivel a köszörűkorongot a menetemelkedési szögnek megfelelően be kell dönteni. A cikkben a legfeljebb 6° menetemelkedési szöggel rendelkező golyósanyákat vizsgáljuk, ugyanis ezen paraméterrel rendelkező alkatrészeknél az esztergálási, marási, valamint a köszörülési technológiák is alkalmasak a megmunkálásra.

Az iparban szerzett tapasztalatok alapján az esztergálás felső határértéke golyósanya gyártásakor megközelítőleg $P/D \approx 0,63$. A vizsgált esetben ez a hányad kisebb ($\approx 0,48$), de a korábbi tapasztalatokkal ellentétben jóval nagyobb fogásmélység mellett kellett a forgácsolást végezni.

1. táblázat. Golyósorsók megmunkálási technológiája a méretek függvényében

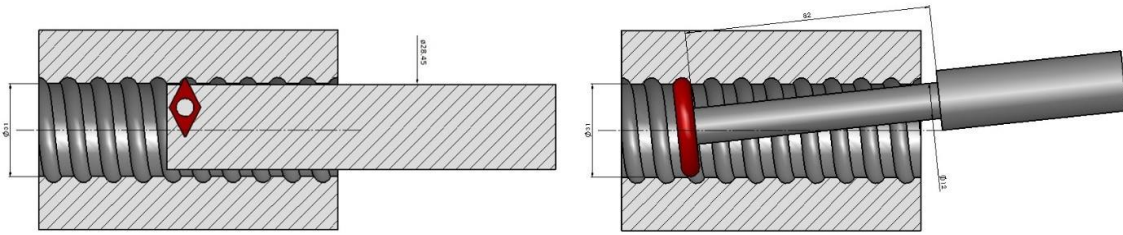
		Névleges átmérő (D) [mm]						
		20	25	32	40	50	63	80
Névleges menetemelkedés (P) [mm]	5	●○	●○	●○	●○			
	10	○	●○	●○	●○	●○	●○	●○
	15			○	○		○	
	20	●	●	●	●○	●○■	●○■	○■
	25					■	○■	○■
	30							○
	32			●				
	40			●	●			
	50	●	●					

● Hengerelt ○ Köszörült ■ Nagy terhelhetőségű köszörült

Az egyes technológiai korlátok nem csak a megmunkálás erő, valamint teljesítmény szükségletéhez köthetők, hanem a szerszám gyárthatóságához is. A forgácsoló lapkák gyártása nem a forgácsolásban eltöltött pozíciójához tartozó szerszámtestben történik, hanem úgynevezett dönthetőségét tekintve $\gamma_{\text{radiális}}=0^\circ$, vagy $\gamma_{\text{axiális}}=0^\circ$ szerszámtestben, tehát torzított profillal készülnek a szerszámlapkák. Az elsődleges hátszög köszörülési korlátja hozzávetőlegesen 30° , de szikraforgácsolással és megfelelő készülékkel nagyobb is lehet. A gyártástechnológiai korlátot a lapka bedöntési $\gamma_{\text{axiális}}$ homlokszöge is korlátozza, mivel a lapka hasznos profilszélessége annak bedöntésével csökken, ami az előírt profil gyárthatóságát korlátozza.

Az irodalmak eltérnek a keményforgácsolás technológiájának definiálásában, de kijelenthető, hogy az 55–64HRC keménységgel rendelkező acéloknál beszélhetünk kemény forgácsolásról. A technológia velejárója, hogy a nagy keménység miatt nem alakul ki a nyírási sík és a forgácslemek egy repedés megindulásával szakadnak le a munkadarab felületéről, miközben jelentős erőhatások ébrednek a lágyított állapotú forgácsoláshoz képest.

A 3. ábra egy golyósanya megmunkálási folyamatát mutatja keményesztergálás és köszörülés esetén. A különböző megmunkálási paramétereket és az elérhető pontosságokat a 2. táblázat ismerteti.



3. ábra. Golyósanya meneteszgálása (bal) és menetkösörülése (jobb) [8]

2. táblázat. Technológiai jellemzők meneteszgálás és menetkösörülés esetén

	Meneteszgálás	Menetkösörülés
Anyagválasztás	150 – 1500 mm ³ /min	10 – 60 mm ³ /min
Szerszám merevsége	15 – 100 N/μm	0.1 – 8 N/μm
Menetemelkedési hiba	0.5 – 2 μm	0.5 μm*
Felületi érdesség Ra	0.2 – 0.5 μm	0.1 – 0.4 μm*
Pontossági fokozat	IT 1 – 2	IT 1 – 5

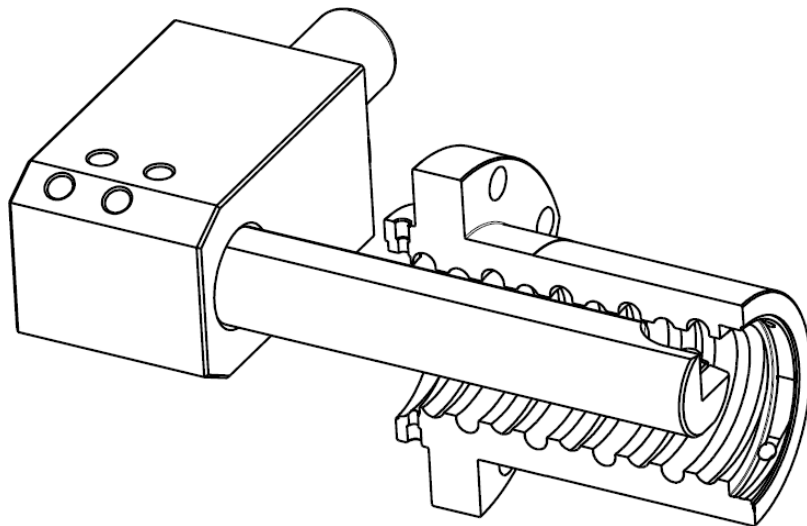
*A bibliográfiai hivatkozások szerint

A keményforgácsolás korai szakaszában befejező megmunkáláshoz a köszörülést használták. A köszörülés alkalmazásának egyik környezetvédelmi hátránya, hogy a köszörülés során a munkadarab anyagából és a köszörűkorong komponenseiből úgynevezett „köszörűiszap” képződik. Ezért fejlesztették ki a CBN/PCBN anyagminőséget, amelyet WIPER geometriával alkalmazva keményesztérgálásnál a köszörült felületre jellemző felületi és mikrotopográfiai jellemzőket eredményez. A CBN technológiának is vannak korlátai, ilyen például a keménység, azaz a CBN-t 48HRC alatt nem gazdaságos használni. A CBN szerszámanyagot nagysorozatnál 60HRC felett javasolt alkalmazni, ahol a megtérülés esélye nagyobb. A golyósanya gyártásához a CBN technológia több technológiai problémát okoz. A vizsgált alkatrésznél a golyósanya profilja túl széles, így a CBN betét forrasztásakor fellépő nagy hőmérséklet különbség miatt a keményfém ágy összeroppanthatja a CBN betétet, így a CBN bevonati rétegek alkalmazása lenne célszerű. Léteznek bór tartalmú bevonatok, amelyek szintén nagy keménységűek, mint pl. Ti_2B_2 vagy $TiBN$ [9]. További probléma, hogy a CBN betéteket nagy forgácsolósebességeken lehet használni, szemben a menetvágás technológiájával. Így a menetvágó ciklusok a kis forgácsolósebességek és nagy eltolások miatt nem alkalmazhatók. Másik megoldás lehet az OERLIKON BALZERS ALDURA fantázianévvel ellátott bevonat típus, amelyet kifejezetten nagy keménységű anyagminőségek megmunkálásához javasolnak. Keményesztérgálás területéhez sorolhatók a kerámia lapkás szerszámok. A szilícium-nitrid (Si_3N_4) az egyik ismert kerámia, amely igen előnyösen alkalmazható megszakított forgácsoláshoz, mivel törőszilárdsága még a CBN-ét is meghaladja. A szilícium-nitrid emellett nagy oxidációs ellenállással rendelkezik és nagyobb forgácsolósebességeknél gazdaságos az alkalmazása. Vastartalmú fémek nagyolási stratégiákhoz kifejezetten alkalmas, valamint használata nagy forgácsolósebességeknél és közepes volumenű gyártásnál gazdaságosabb. A javasolt munkadarab keménység korlátja 50–55HRC, költség szempontjából a keményfém lapkák és a CBN betétes lapkák között helyezkedik el.

Folytonos felületek forgácsolásához (simítási technológiákhoz) használatos az alumínium-oxid (Al_2O_3) kerámia, amit még nagyobb forgácsolósebesség tartományban érdemes használni, mint a szilícium-nitridet. Hasonlóan a szilícium-nitrid kerámiákhoz, az alumínium-oxid szintén nagy oxidációs ellenálló képességgel rendelkezik. Mindkét kerámiát csak szárazforgácsoláshoz ajánlják, mivel a hűtés hatására a szerszámanyag elpattan. A nagy oxidációs ellenállással a többi szerszámanyaghoz képest kifejezetten a magasabb hőmérsékleti tartományokban hasznosul. A hagyományos keményfém lapkaminőségek is alkalmazhatóak kemény forgácsoláshoz, de alacsony forgácsolósebesség mellett és maximum 55HRC keménységig.

2. Forgácsoló szerszám tervezése golyósanya menetesztergálásához

A szerszám koncepcionális tervezése egy $D=50mm$ névleges átmérőjű és $P=25mm$ menetemelkedésű jellemző méretekkel adott golyósanyához lett elvégezve. A koncepcionális tervezéshez a CATIA V5R19 szoftvert alkalmaztuk, melynek eredményét a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra. A menetesztergáló szerszám koncepcionális terve

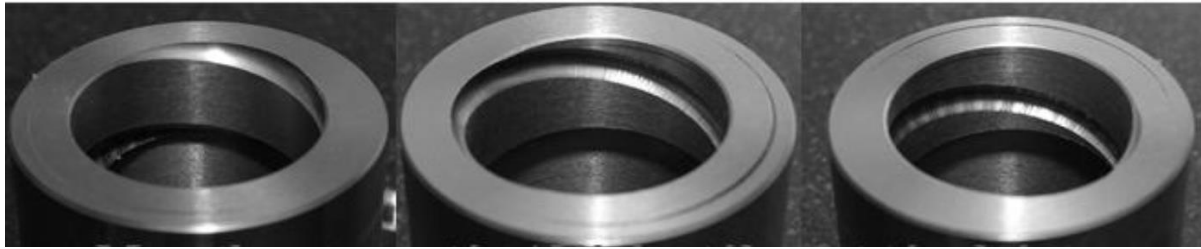
A próbaforgácsoláshoz szükséges volt a megtervezett szerszámlelapka és szerszámszár legyártása, melyeket az 5. ábra szemléltet.



5. ábra. A legyártott forgácsolólapka és befogószár

A menetfelület kísérleti megmunkálásának vizsgálati feltételei:

- alkalmazott szerszámgép: DMG CTX Alpha 500 (vezérlő: SINUMERIK 840D),
- hűtő-kenő folyadék alkalmazása a forgácsolás alatt,
- főorsó fordulatszáma: $n = 180 \text{ min}^{-1}$ (forgácsolási sebesség: $v_c \approx 30 \text{ m/min}$),
- előtolás: $f = 25 \text{ mm}$.



6. ábra. A próbaforgácsolás eredménye

A forgácsolásban résztvevő elemek öngerjesztési jelensége látható az előbbi. A forgácsolás kezdeti szakaszában, amikor még a lapka nem dolgozik a profil teljes keresztmetszetében a rezgések nem számottevőek. A profilszakasz teljes működésével (a munkadarab megfogó felé haladva) a rezgések erősödnek és az öngerjesztés jelensége onnan érzékelhető, hogy a menethossz mentén fokozatosan mélyülnek a barázdák a munkadarab felületén. A kép baloldali részén a menet kezdete és a vége is megfigyelhető összehasonlításképp. A fogásbalépéskor sima egyenletes a menetfelület, a kilépéskor azonban a felületi érdesség durvább. Az öngerjesztés ilyen jellegű megnyilvánulása a szerszámszám hibát is jelenthet.

3. Összefoglalás

A cikkben röviden összefoglaltuk a golyósanyák belső menetfelületének megmunkálására alkalmas gyártástechnológiai lehetőségeket. Az irodalmak és korábbi tapasztalatok alapján látható, hogy a golyópályák nagyoló forgácsolására elsősorban a lágy állapotban történő esztergálás és menetmarás alkalmas. Kísérleti megmunkálásra alkalmas szerszámozást terveztünk egy adott méretű golyósanya menetfelületének készítésére, ahol a megmunkálás eredményeit kiértékelve látható, hogy a megfelelő méretpontosság és felületi érdesség eléréséhez a hagyományos menetkőszőrülést és keménysztergálást célszerű választani, amennyiben a keménysztergáláshoz megfelelő merevségű és stabilitású megmunkológép áll rendelkezésre.

4. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatallodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] Rech, J., Moisan, A.: *Surface integrity in finish hard turning of case-hardened steels*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 43 (5), (2003) pp. 543-550. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(02\)00141-4](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(02)00141-4)
- [2] Bartarya, G., Choudhury, S.: *State of the art in hard turning*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 53 (1), (2012) pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2011.08.019>
- [3] <https://danobatgrinding.com/en/balls-screw-nut-machining> (accessed: 15. September 2020)
- [4] Introducing Drake GS: VTM-LM (brochure)

- [5] Harada, H., Kagiwada, T.: *Grinding of high-lead and gothic-arc profile ball-nuts with free quill-inclination*, *Precis Eng.* 28 (2), (2004) pp. 143-151.
<https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2003.07.003>
- [6] Hegedűs, Gy., Patkó, Gy., Takács, Gy.: *Determination of tool profile for ballnut grinding by numerical methods*, 2012 Proceedings of the 13th International Conference on Tools, ICT 2012, ISBN:9789639988354
- [7] Hegedűs, Gy.: *Newton's method-based collision avoidance in a CAD environment on ball nut grinding*, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2015.
<https://doi.org/10.1007/s00170-015-7796-5>
- [8] *Shorter cycle times and fewer process steps for complex contours, all thanks to hard turning*, Article- Hembrug Machine Tools, www.hembrug.com
- [9] More, A., Jiang, W., Brown, W., Malshe, A.: *Tool wear and machining performance of CBN–TiN coated carbide inserts and PCBN compact inserts in turning AISI 4340 hardened steel*, *Journal of Materials Processing Technology*, 180 (1-3), (2006) pp. 253-262.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.06.013>