

ALUMÍNIUM ÖTVÖZET HOMLOKMARÁSSAL MEGMUNKÁLT FELÜLETI ÉRDESSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA AZ ELŐTOLÁS FÜGGVÉNYÉBEN

Nagy Antal

mérnök tanár, Gyártástudományi Intézet

3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: antal.nagy@uni-miskolc.hu

Krucssai Ádám

hallgató, Gyártástudományi Intézet

3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: krucssai95@gmail.com

Absztrakt

A cikk a szimmetrikus homlokmarással elkészített síkfelületek érdességének változását mutatja be az előtolás változásának függvényében. A kísérleteket rombusz alakú gyémánt lapkával végeztük, állandó fordulatszám és fogásmélység mellett. A mérési eredményeket három, az előtolási iránnyal párhuzamos síkban ismertetjük. Elemeztük az érdességi mérőszámok értékeinek változását, illetve a profilgörbéket is.

Kulcsszavak: homlokmarás, felületi érdesség, előtolás

Abstract

This paper describes the change in surfaces roughness as a function of feed rate change made with symmetrical face milling. The experiments were performed with a rhombic diamond-tipped insert at constant cutting speed and depth of cut. The measurement results are presented in three planes parallel to the feed direction. Changes in parameter values and roughness profile curves were also analyzed.

Keywords: face milling, surface roughness, feed rate

1. Bevezetés

A homlokmarás az egyik legszélesebb körben alkalmazott forgácsoló megmunkálás, általában síkfelületek megmunkálásra alkalmazzuk. A szerszám többélű, határozott élgeometriájú. A szerszám tengelye merőleges a megmunkált felületre, a forgó mozgást a szerszám, az előtolást a munkadarab vagy a szerszám végzi. Napjainkban a homlokmarással előállított felületek esetében arra törekednek, hogy minél termelékenyebben [1] minél jobb felületminőség legyen elérhető, akár úgy, hogy befejező megmunkálásként alkalmazzák [2].

A fejlődés eredményeként főleg a járműiparban próbálják az acél alkatrészeket helyettesíteni hasonló mechanikai tulajdonságú, de kisebb tömegű, esetleg könnyebben megmunkálható anyagokkal [3]. Ezen feltételeket jól teljesítik az alumínium ötvözetek vagy alumínium mátrixú kompozitok [4], így egyre elterjedtebbek. A legjobb kopásállóság érdekében célszerű gyémánt szerszámot használni. Előzetes vizsgálatok [4] azt mutatják, hogy a keményfémrel szemben a gyémánt lapkával végzett megmunkálások során a szerszám éltartama jóval nagyobb, ráadásul jobb felületi minőség érhető el, valamint nagyobb forgácsoló sebességekkel, sokkal termelékenyebben is dolgozhatunk.

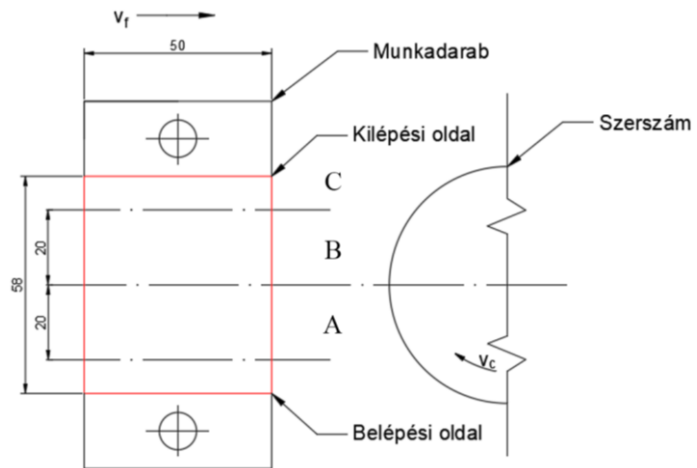
A Miskolci Egyetem Gyártástudományi Intézetében és a világ más részein is megfogalmazott korábbi eredményeket figyelembe véve végeztük a munkánkat. Kundra és kollégái a szerszámra ható erőket vizsgálták acél próbadaraboknál [2], valamint optimalizálást végeztek a megmunkálási időre alumínium munkadarabokon végzett kísérletek segítségével [5]. Kundra és Felhő több közleményben ismertette azt a saját fejlesztésű CAD-modellt, amellyel különböző geometriájú lapkával homlokmarat felületeknél összehasonlítja az elméleti és a kísérleti eredményeket, és megadja az elméleti és a tényleges érdességi értékek közötti összefüggést [6]. A [7] forrásban leírásra került, hogy az előtolás változtatása során megfigyelték, hogy az elméleti-valós értékpárok közel azonosak, és az egyes szerszám beállításokra felírható egyenletek az eredmények közti kapcsolatot precízen jellemzik. Varga és Kundra [8] alumínium ötvözetből előállított munkadarab homlokmarat felületének érdességét és síklapúságát vizsgálta. Arra a következtetésre jutottak, hogy az előtolás irányában a marási szimmetriavonaltól távolodva az érdességi paraméterek értékei jelentősen csökkentek. A síklapúság a legnagyobb forgácsoló sebességnél és a legkisebb előtolásnál volt minimális, továbbá ahogy az előtolást négyszeresére növelték, úgy az kisebb forgácsolási sebességnél csak 18%-kal növekedett, de nagyobb sebességnél drasztikus változást mutatott, több mint kétszerese lett. Homlokmarat alumínium felület érdességi vizsgálatának eredményeiből Yazdi és Chavoshi [9] megállapította, hogy az előtolás és a fogásmélység növeli, a forgácsolási sebesség pedig csökkenti a felületi érdességet. Az előtolást növelve az átlagos érdesség értéke folyamatosan emelkedett, az $f_z=0,02$ mm/fordulathoz képest, annak 17-szeresére történő beállítása az R_a -nak 5,5-szörös változását eredményezte. A fogásmélység szempontjából csak az $a_p=1$ mm-ről 2 mm-re történő váltás mutatta az érdesség romlását, ezenkívül a kisebb érték alatt és a nagyobb érték felett az R_a változása elhanyagolható.

Bajic és Majce [10] ugyanazon fenti három forgácsolási paraméter hatását vizsgálta az érdességre úgy, hogy az egyik adatot egy meghatározott értéken rögzítette, és a másik kettő együttes változását mutatta be háromdimenziós diagramokon. Azt tapasztalta, hogy két különböző forgácsoló sebességnél, ha azonos a_p - f_z értékpárokat vett figyelembe, a kapott érdességi értékek azonos jelleggel változnak – szinte ugyanolyan felületet mutat a két diagram –, annyi eltéréssel, hogy a nagyobb sebességnél az R_a értékek kisebbek. Azonban, ha két előtolás értéket vett fel állandónak, akkor megegyező a_p - v_c értékpárokat nézve a diagramok felületeinek jellege eltérő.

Jelen munkánk célja az alumínium ötvözetből készített próbadarabokon szimmetrikus homlokmarással előállított felületek 2D érdesség változásának vizsgálata, amely során állandó értéken tartottuk a fordulatszámot, valamint a fogásmélységet, és csak az előtolást változtattuk.

2. A kutatás célja és körülményei

Célunk annak vizsgálata, hogy különböző előtolás mellett hogyan változik a marat felület érdessége. Ennek jelentőségét az adja, hogy előtérbe kerültek azok a kutatások [11], amelyek az előtolás növekedésével kívánják a termelékenység növelést elérni. A kísérlet során előtolási iránnyal párhuzamosan a munkadarab középvonalában és attól egyenlő távolságokra felvett síkokban is mértük a 2D felületi érdességet. Ennek azért van jelentősége, mert a marat felület felületminőségi szempontból inhomogén, ugyanis azt különböző helyeken mérve változó érdességi eredmények adódnak [12].



1. ábra. A szerszámbeállítás és a mérési pozíciók

A kísérletet egy Perfect Jet MCV-M8 marógépen végeztük el. A Sandvik R590-080027A-11M homlokmaró fejen, amelynek névleges átmérője $D_s=63$ mm, csak egy fészekbe helyeztünk el Sandvik R590-1105H-PS2-NL CD10 PCD betétű lapkát, melyre $\kappa_r=90^\circ$ és $\kappa_r'=1^\circ$ élelhelyezési szög jellemző.

A próbadarabok AlSi9Cu3 ötvözött alumíniumból készültek. A megmunkált felület szélessége 58mm, hossza pedig 50mm. Öt munkadarabot forgácsoltunk változó előtolással, azonos fogásmélység és fordulatszám mellett, a forgácsolási paraméterek az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat. Forgácsolási adatok

Sorszám	f_z [mm/ford.]	n [1/min]	a_p [mm]
1.	0,24	állandó 10.000	állandó 1,5
2.	0,30		
3.	0,36		
4.	0,42		
5.	0,48		

Az érdességet AltiSurf 520 típusú 3D érdességmérő gépen mértük. A vizsgálat során mérési síkot vettünk fel a középvonalban és a középvonaltól egyenlő távolságra kétoldalt, ezeket az 1. ábrán A, B, C betűkkel jelöltük meg. A próbadarabokon valamennyi síkban az ISO 4287:1997 szabvány előírása alapján az 1-3. sorszámú darabokon 4 mm, a többin 12,5 mm hosszon mértünk. Az eredményeket AltiMap Premium 6.2 szoftverben értékeltük ki.

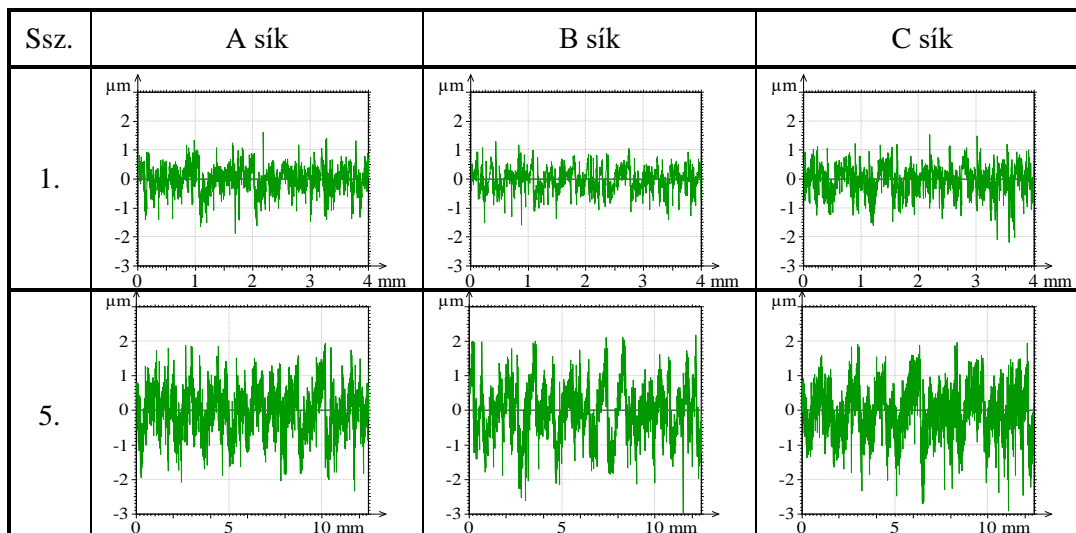
3. Mérési eredmények

Az elvégzett mérések során az érdességi paraméterek közül az R_a , R_q és R_z értékeket vizsgáltuk (2. táblázat). A legkisebb és a legnagyobb vizsgált előtoláshoz tartozó profildiagramokat a 3. táblázatban mutatjuk be, a három mérési síknak megfelelően.

2. táblázat. Felületi érdességi értékek

Sor-szám	Mért érték	A sík [μm]	B sík [μm]	C sík [μm]
1.	R_a	0,318	0,322	0,339
	R_z	2,807	2,556	2,957
	R_q	0,415	0,405	0,440
2.	R_a	0,362	0,373	0,365
	R_z	2,919	2,805	3,103
	R_q	0,465	0,466	0,469
3.	R_a	0,360	0,385	0,355
	R_z	2,716	3,344	2,918
	R_q	0,446	0,488	0,444
4.	R_a	0,422	0,574	0,488
	R_z	3,573	4,237	4,256
	R_q	0,528	0,709	0,616
5.	R_a	0,527	0,641	0,524
	R_z	4,288	4,507	4,431
	R_q	0,658	0,789	0,659

3. táblázat. A legkisebb és a legnagyobb vizsgált előtöláshoz tartozó profildiagramok

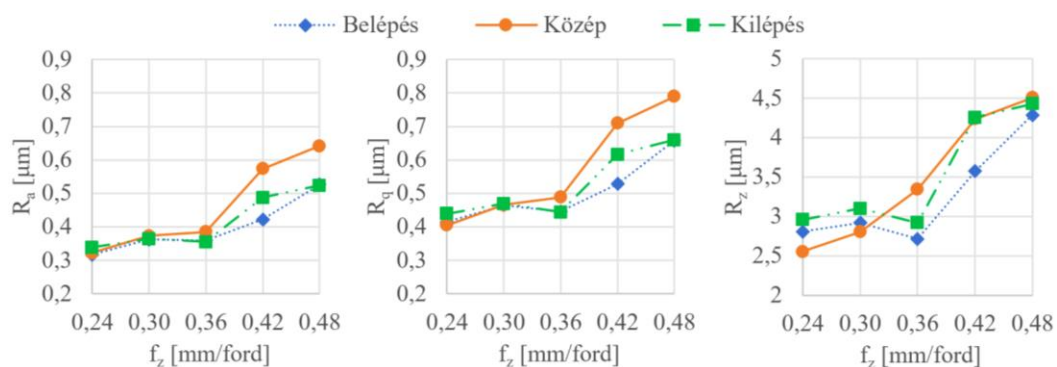


4. Eredmények kiértékelése

A 2. táblázatban szereplő érdességi értékek vizsgálatánál eltérés látható a szélső síkok között. Ez azzal indokolható, hogy a belépési oldalon ellenirányú, azután a kilépési oldalon egyenirányú marás történik. A mérési eredmények vizsgálatából megállapítható,

hogy az előtolás növelésével romlik a felületek érdessége. A vizsgált előtolási tartományban az R_a értéke $0,63\mu\text{m}$ alatt marad, ami megfelel egy síkköszörült felületnek. Az egy élre jutó előtolás kétszeresére történő növelésével az átlagos érdesség értéke a belépési oldalon 1,66-szorosára, a középsíkban 1,99-szeresére, a kilépő síkban pedig 1,55-szeresére nőtt. Az R_z értéket tekintve a belépési oldalon 1,53-szoros, a középsíkban 1,76-szoros, a kilépő síkban 1,5-szörös növekedés tapasztalható. Az R_q értéke a belépő síkban 1,59-szeresére, a középsíkban 1,95-szörösére, a kilépési síkban 1,5-szörösére nőtt.

A 3. táblázatban szereplő profilgörbék a fenti megállapításokkal összhangban vannak. Látható, hogy az előtolás növelésére az érdesség a mérési síkokban változik, de különböző mértékben: a görbék magassága a belépési oldalon jól láthatóan növekszik, a szimmetriasíkban is észrevehető a differencia, kilépésnél pedig szinte azonosak.



2. ábra. Érdességi értékek ábrázolása az előtolás függvényében

Az érdességi értékek alakulását a 2. ábra diagramjai mutatják a három vizsgált paraméterre. Itt az egymásnak megfelelő görbék igen hasonló jelleget mutatnak. Az előtolás növelésével az érdesség növekedése tapasztalható, amely $f_z=0,24\dots0,36$ mm/fordulat között többnyire minimális, afölött viszont sokkal intenzívebb. A középsíkban mért eredmények a legkisebb vizsgált előtolásnál a minimumok, $f_z=0,3$ mm/fordulatnál közel azonosak a szélső síkokban kapott értékekkel, majd az ettől nagyobb vizsgált előtolási intervallumban mindig maximálisak. A be- és kilépő oldalon mért érdességek legtöbb esetben közel megegyezők.

5. Összefoglalás

A kutatómunka során vizsgáltuk alumínium hasábokon szimmetrikus homlokmarással előállított felületek érdességének változását különböző előtolás értékek esetén. A próbadarabok 2D felületi érdességét három párhuzamos mérési síkban kövöltük.

Megállapítottuk, hogy a próbadarabon gyémánt szerszámmal történő megmunkálásnál az előtolás növelésének hatására az érdesség növekedett, de a vizsgált előtolási tartományban az $R_a=0,65\mu\text{m}$, az $R_q=0,79\mu\text{m}$, illetve az $R_z=4,51\mu\text{m}$ fölé nem emelkedett. Továbbá bemutattuk a párhuzamos mérési síkokban az érdesség változását. Megfigyeltük, hogy a középsíktól eltérő síkokban az érdességi értékek is eltérnek, amely nemcsak a szimmetriasíktól való távolság, hanem annak függvénye is, hogy a középsíktól jobb vagy bal oldalon helyezkednek el. Ennek oka a szerszámél kinematikája, ebből kifolyólag pedig az ellen- és egyenirányú marás váltakozása. A szimmetriasíkban mértük a maximális

értékeket, a kilépési oldalon pedig a kisebbeket a legtöbb esetben. Az érdességi értékek változása a belépési oldalon a legintenzívebb, míg a kilépésnél kismértékű különbségek olvashatók le.

6. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó 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] Kundrák, J., Gyáni, K., Felho, C., Deszpoth, I.: The effect of the shape of chip cross section on cutting force and roughness when increasing feed in face milling, *Manufacturing Technology* 2017, 17(3):335-342. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.261.3>
- [2] Kundrák, J., Markopoulos, A. P., Makkai, T., Karkalos, N. E.: Correlation between process parameters and cutting forces in the face milling of steel. *Vehicle and Automotive Engineering* 2018:255-267. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_21
- [3] Miller, W.S., Zhuang, L., Bottema, J.W., Wittebrood, A.J., Smet, P.D., Haszler, A.J., & Vieregge, A.: Recent development in aluminium alloys for the automotive industry, *Materials Science and Engineering* 2000, 280(1):37-49. [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(99\)00653-X](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(99)00653-X)
- [4] Szalóki, I., Viharos, Zs. J.: Keményfém és gyémánt élananyagok teljesítőképességének elemzése alumínium mátrixú kompozit síkmarásakor, *Gépgyártás* 2015, 15(2):87-92.
- [5] Kundrák, J., Molnár, V., Deszpoth, I., Makkai, T.: Productivity Considerations in Face Milling, *Materials Science Forum* 2019, 952:66-73. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.952.66>
- [6] Felho, C., Kundrak, J.: Comparison of theoretical and real surface roughness in face milling with octagonal and circular inserts, (2014) *Key Engineering Materials* vol.581, pp.360-365. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.581.360>
- [7] Kundrak, J., Felho, C.: 3D roughness parameters of surfaces face milled by special tools, (2016) *Manufacturing Technology* vol.16(3), pp.532-538.
- [8] Varga, G., Kundrák, J.: Effects of technological parameters on surface characteristics in face milling, (2017) *Solid State Phenomena* vol.261, pp.285-292. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.261.285>
- [9] Yazdi, M.R.S., Chavoshi, S.Z.: Analysis and estimation of state variables in CNC face milling of AL6061, (2010) *Production Engineering* vol.4(6), pp.535-543. <https://doi.org/10.1007/s11740-010-0232-7>
- [10] Bajić, D., Majce, I.: Optimization of parameters of turning process. *International Scientific Conference on production Engineering*. Zagreb, 2006. 258p.
- [11] Karpuschewski, B., Kundrák, J., Emmer, T., Borysenko, D.: A new strategy in face milling - inverse cutting technology, (2017) *Solid State Phenomena* vol.261, pp.331-338. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.261.331>
- [12] Nagy, A., Kundrak, J.: Investigation of surface roughness characteristics of face milling, (2019) *Cutting & Tools in Technological System* vol.90, pp.62-71. <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2019.90.08>