

A FELÜLETI ÉRDESSÉG KIALAKULÁSÁNAK ELEMZÉSE ESZTERGÁLÁSI ÉS MARÁSI MŰVELETEKNÉL

ANALYSIS OF FORMATION OF SURFACE ROUGHNESS IN CASE OF TURNING AND MILLING PROCESSES

Palásti-Kovács Béla¹, Ács Dániel², Ráczai Viktor³

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5356, palasti@uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5391, danielacs2091@gmail.com

³Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5356, raczi.viktor@gmail.com

Abstract

Surface roughness and the quality of surfaces of machine elements play important role in safety and reliable operation of technical devices. Present study shows that different machining processes results dissimilar microgeometry with variety of surface parameters. Formation mechanisms of surface roughness are analysed based on turning and milling tests. It is indicated that significant changes occur in amplitude, average and shape of cut surface during wear and cutting edge degradation processes of tools. In case of milling, behind the cutting parameters and geometric data the run-out has significant effect for the roughness of milled surface.

Keywords: surface roughness, tool wear, tool accuracy, tool run-out.

Összefoglalás

Műszaki eszközeink megbízhatóságának és biztonságos működésének kulcsfontosságú része az alkatrészek felülete, a kapcsolódó gépelemek felületminősége, érdessége. Jelen munkában bemutatjuk, hogy az egyes forgácsolási eljárások különböző mikrogeometriát és eltérő érdességi értékeket hoznak létre. Kísérleti példákon elemezzük az érdesség kialakulásának mechanizmusát esztergálási és marási műveleteknél. Rámutatunk arra, hogy a gyártás során a szerszámok elhasználódása alatt bekövetkező kopás és vágóél-változás a megmunkált felületen jelentős magassági- átlagos- és formai eltéréseket okoz. Marásnál rámutatunk arra, hogy a forgácsolási és geometriai adatok mellett a szerszám, valamint a megmunkáló rendszer ütésének döntően meghatározó szerepe van a mart felület érdességére.

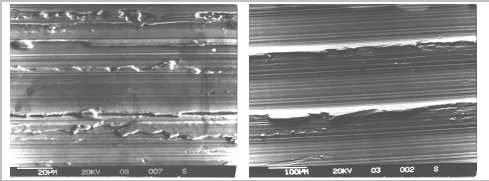
Kulcsszavak: felületi érdesség, szerszámkopás, szerszám pontosság, szerszámütés.

1. Bevezetés

Gyártás, minőség, működés – egymástól elválaszthatatlan fogalmak. Minden olyan előírás és probléma, amely a kapcsolódó alkatrészek gyártásánál felmerül, jelentős hatással lehet a működésre.

Az Óbudai Egyetem Bánki Karán közel négy évtizede foglalkozunk a felületi mikrogeometria vizsgálatával, a megmunkáláskor kapott felületprofilok, topográfiai kiértékelésével, a forgácsoló felület és a felületet kialakító szerszám közvetlen kapcsolatával, egymásra hatásával [1].

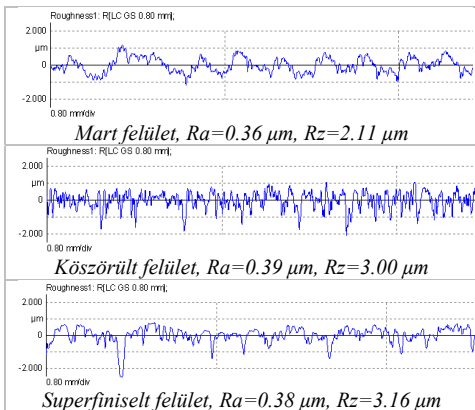
Számos forgácsolási eljárást (esztergálás, fúrás, marás, köszörülés, szuperfiniselés, stb.) vizsgáltunk meg abból a célból, hogy feltárjuk az egyes megmunkálások mikrogeometriai jellegzetességeit (1. ábra), az érdekesség kialakulásának mechanizmusát [2].



1. ábra. Köszörült, ill. finomesztergált felület elektronmikroszkópos képe

Vizsgálatainkból összegezhető, hogy egy adott megmunkálással előállított felület sem mérés technikai, sem gyártási szempontból nem tekinthető homogénnek. Ugyanazon felületet jellemző, egymáshoz közeleső mérésekből kapott érdekességi paraméterek jelentős eltérést mutathatnak, akár elérhetik a 70-100%-ot is [1].

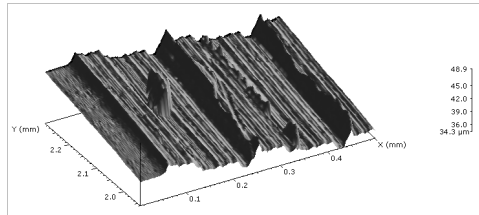
A 2. ábra közel azonos Ra értékű mart, köszörült és szuperfiniselt felület mikrogeometriai profilját mutatja. Jól elkülöníthetők az alak jellegzetességek, ami azt is előre vetíti, hogy működés közben is más-ként viselkednek.



2. ábra. Forgácsolt felület - érdekességi profilok (Ra=0,36...0,43 μm, Rz/Ra=5,8...9,5)

2. Az esztergált felület kialakulása a forgácsolási folyamatban

Egy esztergált felületet megfelelő nagytásban vizsgálva jól megfigyelhetők a megmunkálás geometriai nyomai (3. ábra). Ezek ismétlődő csúcsok, barázdák, kiemelkedések (felrakódások) és mélyedések (kitépődések).



3. ábra. Esztergált felület mikrogeometriai jellegzetességei

A megmunkálási folyamat kinematikája, a szerszám geometriai jellemzői és a megmunkálandó anyag fizikai-mechanikai tulajdonságai határozzák meg a felületen kialakuló mikrogeometriai alakzatot. E tényezők változása a megmunkálási folyamatban lényeges különbségeket okozhatnak a felület mikrogeometriájában [2]. Sorozatgyártás esetén mindez komoly kihívást jelent a felületérdességi mérőszámok előírt értékének folyamatos betartásában.

A főbb tényezők hatását elméleti összefüggések írják le, ilyenek a Bauer-képlet és a Brammertz-formula:

$$Rz \approx R_e = 125 \cdot \frac{f^2}{r_e} [\mu m], \quad \text{illetőleg}$$

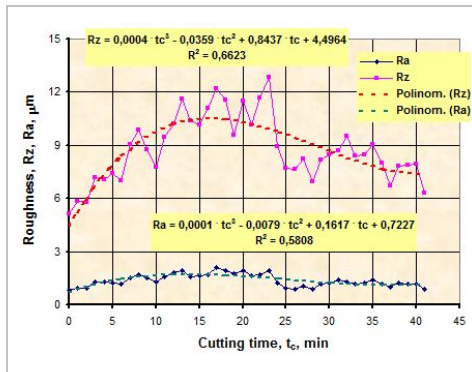
$$Rz \approx R_{eBr} = 125 \cdot \frac{f^2}{r_e} + h_{min} \cdot \left(0.5 + \frac{r_e \cdot h_{min}}{2000 \cdot f^2} \right) [\mu m]$$

ahol: f – beállított előtolás, mm, r_e – a szerszám csúcsgugara, mm, h_{min} – a leválasztható minimális forgácsvastagság, azaz $h_{min} = f(v_c, r_n, \text{stb.}) = 3 \dots 8 \mu m$, r_n – a szerszámél éllekerkedése.

A további befolyásoló tényezők között az időbeli változásnak igen jelentős szerepe lehet. Simító esztergálásra köztölt kutató-

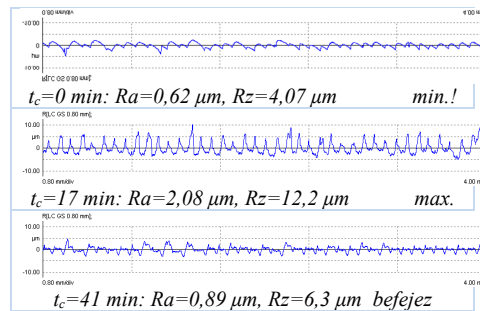
sokból [3] az szűrhető le, hogy 15-20 perc forgácsolási idő alatt az Ra érték kb. 1 µm-rel való növekedését eredményezi. Ez csak a változás trendjét és nagyságát prognosztizálja, kevésbé mutat rá a szerszámkopás hatására bekövetkező módosulásokra.

C50 anyagon végzett vizsgálataink Ra, Rz értékeit a **4. ábra** mutatja be. Az Rz paraméternél a szerszámkopás hatására bekövetkező eltérések mértéke több mint háromszoros. A forgácsolási folyamat alatt a szabályos élalak eltűnik és sajátos átmásolási mechanizmus alakul ki [2].



4. ábra. Az Ra és Rz értékek alakulása esztergáláskor ($v_c=300$ m/min;)

A felületi mikrogeometria alakulását jól szemléltetik az **5. ábra** érdességi profildiagramjai, amelyeken az előzőekben leírt, az élalak és az esztergált felület közötti kölcsönhatások jól érzékelhetőek.



5. ábra. Az érdességi profildiagramok alakulása a forgácsolási idő alatt

3. A mart felület kialakulása

Itt az általános hatások hasonlóak, mint esztergálásnál, de mivel több fog dolgozik egy körülfordulási ciklus alatt, a szerszám geometriai hibái sokkal nagyobb szerepet kapnak. Ezt a tényt az elméleti levezetések, illetve a szakirodalomban közölt vizsgálati adatok részben már jelzik [4]. Legtöbb cikkben viszont a forgácsoló sebesség v_c , az előtolás f_z , illetve a megmunkált anyag hatását elemzik a kapott felületi érdességre, és nem veszik figyelembe a szerszám fogainak, illetve a szerszám befogó orsó pontosságának hatását.

Egyetemünkön végzett kutatások igazolják, hogy a felület messze nem egyenletesen alakul a marás során [5]. A mart felület érdességét többségében a legnagyobb ütésű fog alakítja ki (**6. ábra** - Szerszám: Ø8mm ujjmaró, Anyag x20Cr13 Technológiai paraméterek: $v_c=100$ m/min, $a_c=2,5$ mm $a_p=10$ mm $f_z=0,1$ mm).



6. ábra. Valós érdességmérés eredményei

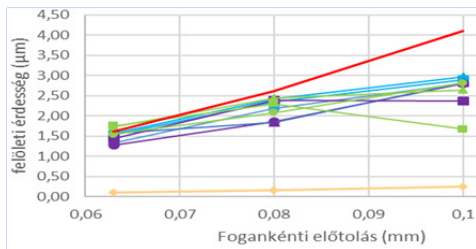
Ez azt jelenti, hogy a fogankénti előtolás f_z hatása elvész, s szerepét a fordulatonkénti előtolás f veszi át. Ideális esetben, ha sem a szerszám befogásnak, sem a szerszám fogainak nincs ütése, akkor adódik az f_z és a maróátmérő geometriai hatására a minimális elméleti Rz felületi érdesség, a maximális értéket pedig a fordulatonkénti előtolás ($f=f_z$) hatásaként kapjuk.

$$R_z = \frac{f_z^2}{8 * R_{sz}}, \quad \text{és} \quad R_z = \frac{f^2}{8 * R_{sz}},$$

ahol R_{sz} – a marószerszám sugara.

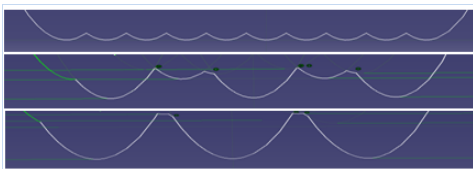
A várható valós R_z egyenlenség-magasság érdességi értékek tehát a fenti képletek által meghatározott (min...max) tartományban helyezkednek el, függően attól, hogy a forgácsoláskor adódó szerszámütések milyen mértékűek.

$R_{sz}=4$ mm sugarú, $z=4$ fogú ujjmaróval $f_z=0,1$ mm fogankénti előtolással forgácsolva ez kb. $R_z=0,3$ μm és $R_z=4$ μm értékek között alakul (lásd **7. ábrát**). A minimális-hoz közeli R_z érték kialakulását még elvétve sem tapasztaltuk!



7. ábra. A valós marási kísérletek eredményei

Az előbb említett problémát vizualizálja a **8. ábra**, amely az elméleti érdesség, és az egyre nagyobb ütéssel rendelkező szerszám által előállított elméleti felületeket mutatja.



8. ábra. Az elméleti érdességi profilok alakulása (R_{zmin} ... R_{zmax})

A szerszám és a befogórendszer pontatlanságait ismerve, illetve bemérve, a várható R_z felületi érdesség a fenti szimulációval jól modellezhető. A fentiekből viszont egyértelműen következik, hogy marásnál a felületi érdesség és a technológiai paraméterek, illetve a megmunkálendő anyag kap-

csolata, az igen pontos gép és szerszám feltételek mellett is csak fenntartásokkal vizsgálható és elemezhető.

4. Összegzés, következtetések

Gyártásnál és minőségellenőrzésnél mindig figyelemmel kell lenni arra, hogy a felületképzés a forgácsoló szerszám elhasználódási folyamata közben valósul meg.

A szerszám kopása és annak időbeli változása visszahat a megmunkált felületre. Ez esztérgálásnál a megmunkált felület érdességét alakító csúcshatlap kopási jellegzetességeire vezethető vissza: megváltozik a mikrogeometriai profil jellege, az általánosan ismert R_a és R_z érdességi paraméterek értékei pedig akár 200-300%-os eltérést is mutathatnak a szerszám éltartama alatt.

Több élű szerszámoknál, így főként marásnál a szerszámok eltérő gyártási pontossága, éleinek ütése meghatározóan befolyásolja a forgácsoláskor kialakuló felületi érdességet. Ezért más technológiai paraméter érdességre való hatásának vizsgálatakor ezt feltétlenül figyelembe kell venni.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] G. N. Tóth, Á. Drégelyi-Kiss and B. Palásti-Kovács: *Analysis of microgeometrical parameters of cutting surfaces*, Pollack Periodica, Vol. 8, No. 2, pp. 55–66 (2013)
- [2] B. Palásti-Kovács, S. Sipos, Sz. Bíró: *The Mysteries of the Surface First Part: The Characteristic Features of the Microgeometry of the Machined Surface*, Acta Polytechnica Hungarica, Vol.11 No.5 2014. p.5-25
- [3] J-E. Stahl, F. Schultheiss, S. Hagglund: *Analytical and Experimental Determination of the R_a Surface Roughness during Turning*, Procedia Engineering, 19 (2011) p. 349-356.
- [4] M. Krüger, B. Denkena: *Model-based identification of tool runoff in end milling and estimation of surface roughness from measured cutting forces*, Int J Adv Manuf Technol (2013) 65:1067–1080
- [5] Rácz V.: *Az élpreparáció hatása nehezen forgácsolható anyagok marásakor*, 2015.11.18. ÓE-BGK, TDK-dolgozat.