A FELÜLETI ÉRDESSÉG KIALAKULÁSÁNAK ELEMZÉSE TÖBBÉLŰ SZERSZÁMOK FORGÁCSOLÁSI MŰVELETEINÉL

ANALYSIS OF FORMATION OF SURFACE ROUGHNESS IN CASE OF MULTI-BLADE CUTTING TOOL PROCESSES

Ráczai Viktor¹, Palásti-Kovács Béla², Szalóki István³

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5470, raczi.viktor@gmail.com

²Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5356, palasti@uni-obuda.hu

³Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081 Budapest, Népszínház u. 8. Telefon: +36-1-666-5327, szaloki.istvan@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Present study shows the effects that form the significantly different microgeometry and surface roughness parameters compare to the theoretical surface in case of cutting processes with multi-blade cutting tools. Based on experimental tests the development of surface roughness is presented in case of drilling, face- and plain milling processes. It is proved that the production inaccuracy (run-out) of applied tools and the tool wear and cutting edge degradation in cutting processes causes amplitude, average and form deviation on machined microgeometry during the surface formation. It is pointed that the run-out of tool holder shaft – beside the cutting parameters and geometry – also plays significant role in formation of surface roughness.

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

Összefoglalás

Jelen munkában bemutatjuk, hogy a többélű szerszámokkal dolgozó forgácsolási eljárások felületkialakításánál milyen hatások okozzák az elméletitől jelentősen különböző mikrogeometriát és az eltérő érdességi értékeket. Kísérleti példákön elemezzük az érdesség kialakulásának mechanizmusát fúrás, homlok- és palástmarás műveleteknél. Rámutatunk arra, hogy a felületképzés során az alkalmazott szerszámok gyártásakor keletkező pontatlanságok (ütések), valamint az él-elhasználódás alatt bekövetkező kopás és vágóél-változás a megmunkált felületen jelentős magassági, átlagos- és formai eltéréseket okoz. Rámutatunk arra, hogy a forgácsolási és geometriai adatok mellett a szerszámtartó tengely ütésének is meghatározó szerepe lehet a kialakuló 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 forgácsolt felület és a felületet kialakító szerszámmal közvetlen kapcsolatával, egymásra hatásával [1]. Számos forgácsolási eljárást (esztergálás, gyalulás, fúrás, marás, köszörülés, szuperfiniselés, stb.) [2] vizsgáltunk meg abból a célból, hogy feltárjuk az egyes megmunkálások mikrogeometriai jellegzetességeit (**1. ábra**), az érdesség kialakulásának mechanizmusát.

1. ábra. Gyalult, ill. mart felület topografikus és 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 érdességi paraméterek jelentős eltérést mutathatnak, akár elérhetik a 70-100%-ot is [1].

Az előző évi konferencián részletesen elemeztük az esztergálással kapott felületi mikrogeometria létrejöttét. Megállapítottuk, hogy a szerszám kopása és annak időbeli változása jelentősen visszahat a megmunkált felületre (**2. ábra**). Mindez a felület érdességét alakító csúcshátlap kopási jellegzetességeire vezethető vissza.

2. ábra. Esztergált felület mikrogeometriai jellegzetességei és az elméleti profil

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 [3].

Jelen munkánkban a jellegzetes többélű szerszámok felületalakítását vesszük vizsgálat alá, s elemezzük a kialakuló mikrogeometriára ható tényezőket.

2. A megmunkálógép és a szerszámok állapota, pontossága

Többélű szerszámoknál nagyon fontos figyelembe venni a szerszámgép pontosságát. A kísérletekhez alkalmazott Mazak Nexus 410A-II megmunkáló központ bevizsgálása (**3. ábra**) azt mutatta, hogy az ISO előírásokat (max. $3\mu\text{m}$), szerszám nélkül teljesíti ugyan, de a bemért $2\ldots 3\mu\text{m}$ ütések finomfelületi megmunkálásnál már jelentős hibákat okozhatnak.

Object	Measuring Method	Diagram	Tolerance	
			ISO	MAZAK LTD.
Checking of periodic spiral slip of the spindle	Observations and references to ISO 230-1 5.621.1 and 5.622.2 This test shall be performed on all working spindles of the machine.		0.005	0.003
Checking of run-out of external taper of the spindle	Observations and references to ISO 230-1 5.612.3 This test shall be performed on all working spindles of the machine.		0.010	0.003
Checking of run-out of internal taper of the spindle	This test shall be carried out over at least two revolutions, in accordance with the note in 5.611.4 of ISO 230-1.		0.020	0.008
Checking of parallelism between the spindle axis and the Z-axis motion	Observations and references to ISO 230-1 5.412.1 and 5.422.3 Z-axis in center of the travel. For a) Y-axis to be locked, if possible.		0.015/300	0.007/300

3. ábra. A Mazak gép és a szerszám együttes hibájának bemérése finomtapintóval

A szerszámok bemérése további, még jelentősebb ütéseltérésekre világított rá:

Walter gyártmányú DC170 típusjelű ø8 mm csigafúrónál az 1. fog ütese 5,5 µm, a 2. fog -2 µm volt, így feltételezhető, hogy döntően az 1. fog alakítja majd a felületet.

A Seco R220... négy fogú homlokmarónál az 1. fog ütese 0 µm, a 2. fog +18 µm, a 3. fog -27 µm, a 4. fog +8 µm, így itt az valószínűsíthető, hogy a felület végső alakításában döntően a 2. és a 4. fog vesz részt.

A palástmaráshoz alkalmazott Walter H312... ujjmarók egyes fogai is jelentős ütéssel, 0-6 µm rendelkeztek (lásd 4. ábra).

Fog	Maró-1	Maró-2	Maró-3
1	0	0	0
2	-1,5	6	2,5
3	3	4,5	3,5
4	-1,5	5	0

4. ábra. Az ujjmarók fogainak ütese (µm)

Itt is feltételezhető a legnagyobb pozitív ütéssel rendelkező fog dominanciája.

3. Fúrt felület kialakulása a forgácsolás folyamatában

A DC170 fúróval végzett forgácsoláskor az elméleti érdesség számításában döntően a főél és mellékél helyzetét jellemző κ_r , ill. a κ_r' szögek vesznek részt ($r_e=0$), (5. ábra).

5. ábra. A fúró dolgozó élszögei ($\kappa_r=70^\circ$; $\kappa_r'=2^\circ$)

Az itt alkalmazható elméleti képlet:

$$R_{elm} = f_z \cdot \frac{tg \kappa_r \cdot tg \kappa_r'}{tg \kappa_r + tg \kappa_r'} \cdot 1000 [\mu m]$$

A valós érdesség alakulásánál már csak az egyik fog dominál, s így az f_z fogankénti előtolás helyett az f hatásával, illetve a sarokkopás és a forgács felületroncsolásával is [4] számolni kell (6. ábra).

6. ábra. Az ütéssel rendelkező csigafúró elméleti profilja és a valós profil

4. A homlokmart felület kialakulása

Homlokmarásnál a lapkák geometriája, homlokütese és járulékosan természetesen a szerszám gép főorsójának pontossága hat a kialakuló felületi érdességre. Mivel a marólapka itt $r_e=0$, 8 mm csússugárral és kis κ_r' mellékél elhelyezési szöggel rendelkezik az alkalmazható elméleti képlet:

$$R_{elm} = \frac{\sin \kappa_r \cdot \sin \kappa_r'}{\sin(\kappa_r + \kappa_r')} \cdot \left[f - r_e \left(tg \frac{\kappa_r}{2} + tg \frac{\kappa_r'}{2} \right) \right] \cdot 1000 [\mu m]$$

A fogak ütese természetesen ezt megváltoztatja, s a legnagyobb homlokütésű fogak alakítják ki a valós felületet. Jól látható a 7. ábrán, hogy a legnagyobb ütésű két fog előtolás-nyoma dominál a szimulált és a valós profilképen.

7. ábra. Az ütéssel rendelkező homlokmaró elméleti és valós profilja

5. Palástmart felület kialakulása

Esetünkben négy fog dolgozik egy körülfordulási ciklus alatt, s a szerszám geometriai hibái jelentősen befolyásolják a kialakuló felületi mikrogeometriát [5].

Egyetemünkön végzett kutatások itt is igazolják, hogy a felület messze nem egyenletesen alakul a marás során [5]. A mart felület érdességét többségében a legnagyobb ütésű fog alakítja ki (**8. ábra**)

8. ábra. Az Sz-2. 4 élű ujjmaró által előállított elméleti felületek ütés nélkül, ütésekkel és a valós érdességmérés eredményei ($f_z=0,1$ mm), $R_{zelm}=0,25$ µm, $R_{zvalós}=2,67$ µm

A fogankénti előtolás f_z hatása részlegesen vagy teljesen elvész, s szerepét döntően a fordulatonkénti előtolás f veszi át. Ilyen esetben az elméleti érdesség az alábbi képletekkel számolható:

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

ahol R_{sz} – a marószerszám sugara.

A várható valós R_z egyenletlenségmagasság érdességi értékek a fenti képletek által meghatározott (min...max) tartományban helyezkednek el, függően attól, hogy a forgácsoláskor adódó egyes fogütések milyen mértékűek.

6. Összegzés, következtetések

Egy adott gyártástechnológia alkalmazásakor a gép és a szerszám teljesítőképességét a forgácsleválasztás, a pontosság és a létrehozott felület érdessége tekintetében maximálisan ki kell használni.

E cél elérése érdekében ismernünk kell az adott technológia korlátait és lehetőségeit. Figyelemmel kell lenni arra, hogy a felületképzés a forgácsoló szerszám elhasználódási folyamata közben valósul meg és függ annak pontosságától.

A szerszám kopása és annak időbeli változása visszahat a megmunkált felületre, melytől megváltozik a mikrogeometriai profil jellege és mértéke.

Több élő szerszámkonál, így főként fűrésznél és marásnál a gépek és szerszámok eltérő gyártási pontossága, a szerszám éleinek ütése meghatározóan befolyásolja a forgácsoláskor kialakuló felületi érdességet. Ezért más technológiai paraméter (v_c forgácsolósebesség, f előtolás, a fogásmélység,...) érdességre való hatásának vizsgálatakor ezt 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 Ra Surface Roughness during Turning*, Procedia Engineering, 19 (2011) p. 349-356.
- [4] I. Szalóki: *Analysis of drilling surface microgeometry*, 2nd Regional Conference - Mechatronics in Practice and Education, Subotica, Serbia, (December 5-6. 2013). pp 111-114 ISBN 978-86-7892-565-8
- [5] Rácz V.: *Az élpreparáció hatása nehezen forgácsolható anyagok marásakor*, 2017.01.31. ÓE-BGK, Szakdolgozat.