

Topológiai térképek alumíniumötvözet finomsztergálásához

Horváth Richárd

Óbudai Egyetem Bánki Donát gépész és biztonságtechnikai Mérnöki kar ,
horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu

Sipos Sándor dr.

Óbudai Egyetem Bánki Donát gépész és biztonságtechnikai Mérnöki kar ,
sipos.sandor@bgk.uni-obuda.hu

Abstract: *Fine turning operation of aluminium alloys with polycrystalline diamond inserts is a common and very efficient manufacturing method in case of automotive parts. The present lecture deals with the expectable tribological behaviour of the surface roughness profile, developed during machining operation. After the definition of term „topological map” the conditions will be summarised, affecting the asymmetry and the intensity of outstanding peaks of the arithmetical roughness parameters. It deals – amongst others – with the effects of cutting conditions, insert shape and tool angles, chosen to the given operation. From the behaviour of 3D texture, conclusions will be drawn about the limited validity of surface roughness models, applied till now and the definition of a new theoretical modell will be recommended.*

Keywords: *topological maps, hypereutectic aluminium, polycrystalline diamond*

Összefoglalás: *Autóipari alumíniumötvözetek alkatrészeinél a (PCD) polikristályos gyémántlapkákkal végzett finomsztergálás megszokott és nagyon hatékony előállítási módszer. Jelen cikk az esztergálás során létrejött érdességi profil várható tribológiai viselkedésével foglalkozik. Számba veszi azokat a körülményeket, amelyek a magasságirányú érdesség jellemzők aszimmetriájára és kiemelkedés-intenzitására hatnak, illetve definiálja a topológiai térkép fogalmát. A 3D-s textúra viselkedéséből következtetéseket von le az eddig alkalmazott érdességi modellek korlátozott érvényességéről és új elméleti modellt javasol. Foglalkozik még a forgácsolási adatok választásának hatásaival.*

Kulcsszavak: *forgácsolás, esztergálás, alumínium, topológiai térkép, polikristályos gyémánt*

1 Bevezetés

A gyártmányok minősége az új szerszámanyagok és geometriák illetve a szerszámgépek folyamatos fejlődésének hatására egyre javul. Mindez eredményeképpen a termelékenység növekszik (csökkenő főidők, rövidülő mellékidők, nagyobb átfutás). Azoknál a csúcstechnológiáknál különösen érvényes ez, amelyek a korszerű járműgyártást, a hadi- és a repülőgépipart, valamint az űrtechnikát jellemzik.


Ezen ipari területek előszeretettel alkalmazzák a főleg szilíciummal, rézzel, magnéziummal ötvözött öntött alumíniumötvözeteket. Ezek az ötvözetek igen jól egyesítik a kiváló mechanikai tulajdonságokat (keménység, szilárdság) a megfelelő technológiai előnyökkel (kiváló önthetőség, megmunkálhatóság, korrózióállóság, hegeszthetőség). A növelt szilíciumtartalmú alumíniumötvözetekből gyártott alkatrészek az 1980-as években terjedtek el az autógyártásban (például motorok, légsűrítők, kormányművek alkatrészei), ahol kedvezőtlen forgácsolhatóságuk számos problémát jelent.

Az alábbiakban egy nagysorozatban gyártott autó alkatrész (kompresszor) mutatjuk be a gyémántszerszámos finomesztergálásakor fellépő nehézségeket. A forgácsolt felületek érdesség vizsgálatának eredményeit, az ún. topológiai térképet, és az eddigi eredményekből levonható következtetéseket.

2 Forgácsolt (esztergált) felületek főbb érdességi mérőszámainak információtartalma

Az általánosan használt felületi érdesség magasságirányú paraméterei (pl. R_a és R_z) nem jellemzik megfelelően az alkatrészek megmunkált - esetünkben esztergált - felületeinek működés közbeni (várható) viselkedését. A legalkalmasabbnak a hibrid és a működési paraméterek tűnnek, azonban ezeket csak megfelelő mérőműszerekkel tudjuk mérni [1]. Újabb lehetőséget jelentenek az érdességi profil leírásakor a statisztikai módszerek alkalmazása, a véletlen folyamatok analízise és a fraktálapú módszerek elterjedése [2, 3]. Az esztergálás során létrejött érdességi profil a felület tribológiai viselkedését is meghatározza [4]. Vizsgálataink a kurtosis (R_{ku}) és a ferdeségi (R_{sk}) paraméterek értékelésére irányultak. Arra kerestük a választ, hogy a különböző paraméterek között esztergáló gyémántlapkák milyen kiemelkedés-intenzitású (R_{ku}) ill. mennyire aszimmetrikus (R_{sk}) felületprofilt hoznak létre. A lapkák anyagminőségének, élgeometriájának, élképzésének, változtatásával $4v_c \times 4f$ kísérlettervet végeztünk, háromszoros ismétléssel. A vizsgálati körülményeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Szerszámgép	Típus: EuroTurn 12B (NCT Kft.) Vezérlés: NCT2000	
Munkadarab	Anyag: AS17 (Rencast Reyrieux) Összetevői: Si 16,8%, Cu 4,1%, Zn 1%, Fe 0,8%, Mg 0,5%, Mn 0,2%, További komponensek: Pb, Sn, Ni, Ti (<0,08%)	
Alkalmazott lapkák	DCGW11T304FST KD1425 (Kennametal) DPGW11T304FST KD1425 (Kennametal) DPGW11T304FWST KD1425 (Kennametal) CCGW09T304FST KD1425 (Kennametal) CPGW09T304FST KD1425 (Kennametal) CCGT09T304-CB1 (PDC, WNT) CCGT09T304-CB1 (CVD, WNT)	
Vizsgálati körülmények	a = 0,5 mm (állandó) v _c = 1000 ... 2000 m/min (változó) f = 0,05 – 0,063 – 0,08 – 0,1 mm (ISO) f = 0,1 – 0,125 – 0,16 – 0,2 – 0,25 mm (wiper)	
Mérő- és vizsgálóberendezések	Surftest SJ301 (Mitutoyo, Japan) Perthometer Concept 3D (Perthen-Mahr, Germany) Electron microscope JSM-4510 (Japan) Surftest SV2100 (Mitutoyo)	

3 A kurtosis (R_{ku}) és a ferdeség (R_{sk}) alakulása a forgácsolási adatok függvényében

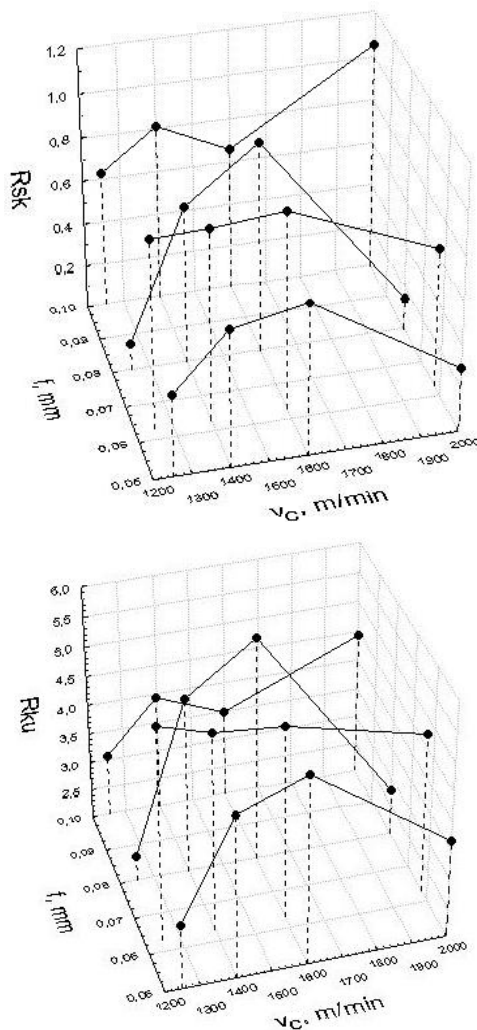
Az egyik statisztikai paraméter a kurtosis (R_{ku}), az amplitúdók eloszlásgöbéjének "hegyességét" (vagy "csúcsosságát") jelzi. Ha $R_{ku} > 3$ az egymáson elcsúszó felületeket intenzív kopás jellemzi, ha pedig $R_{ku} < 3$, akkor a kapcsolódó felületek sokkal kedvezőbb működési tulajdonságot mutathatnak. Számítása a következő:

$$Rku = \frac{1}{Rq^4} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i)^4 \quad (1)$$

A skewness (R_{sk}) a felületi profil aszimmetriáját méri, mégpedig a magasságitány-eloszlás sűrűségfüggvénye révén a profil középvonalához képest. Amennyiben a mért felület profil csúcsai nagyobbak, mint a völgyek mélységei, akkor a felület pozitív ferdeségű. Ha azonban a völgyek mélyebbek a csúcsok nagyságnál, akkor a ferdeség negatív. A negatív skewness értékek azt jelzik, hogy a megmunkált felületi textúra jó teherviselő képességű és kopásállóbb. Ez a paraméter nagyon fontos műszaki és a gyakorlati jelentést hordoz a valós működő felületekről. A ferdeségi mérőszám (R_{sk}) a következő módon számolható:

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i)^3 \quad (2)$$

A vizsgálati eredményeket tükröző **1. ábra** alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a beállított forgácsolási adatok a R_{sk} -t rendszertelenül befolyásolják, az R_{ku} viszont bizonyos összefüggést mutat.

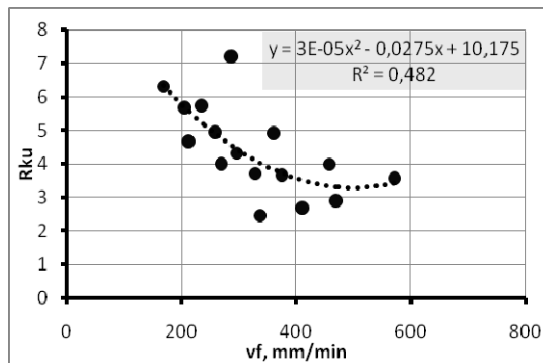


1. ábra

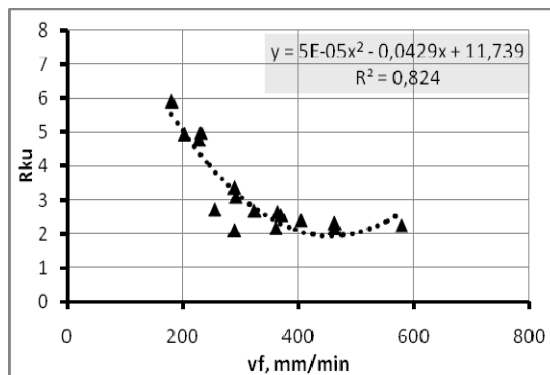
Az R_{sk} és R_{ku} alakulása a forgácsolási adatok függvényében forgácsolási körülmények: $a = 0,5$ mm; szerszám: DCGW11T304FST

A **2. ábra** az R_{ku} alakulását mutatja az előtoló sebesség függvényében. A vizsgált adattartomány lokális minimummal rendelkezik. Ennek az a magyarázata, hogy a kis előtoló sebességeknél - az alacsony forgácsolási hőmérséklet miatt - korlátozott élrátét alakul ki, míg a nagy előtolási sebességnél álforgács képződik.

További ok még az, hogy kis előtolásoknál az egyenletes forgácsképződés is nehezített.



a.) DCGW ($\alpha=7^\circ$);



b.) DPGW ($\alpha=11^\circ$)

2. ábra

Az R_{ku} alakulása az előtoló sebesség függvényében; forgácsolási körülmények: $a=0,5$ mm

4 A felület topológiai térképének fogalma

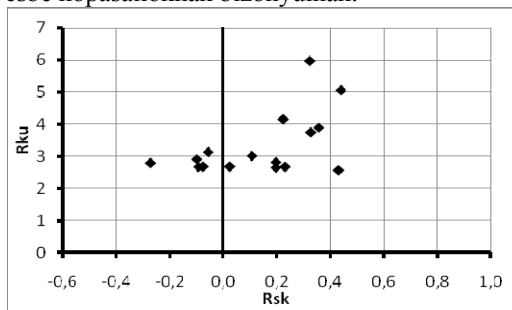
A topológiai térkép egy $R_{sk} - R_{ku}$ síkon ábrázolt pontsor, amely a különböző beállítások (esetünkben 16 darab) mellett készített felületszakasz *egyidejűleg* mért érdességének skewness és kurtosis paramétereit adja meg. A működési tulajdonságokat nagyban befolyásoló jellemzőkről van szó, és a készített térkép a következő sajátosságokkal rendelkezik:

- $R_{sk}-R_{ku}$ koordináta-rendszerben ábrázolva az értékeket, minél jobbra és feljebb van a felület textúrájának egyidejűleg mért $R_{sk}-R_{ku}$ paraméter értéke, (várhatóan) annál kedvezőtlenebbek a felület (előbb említett) működésbeli tulajdonságai,

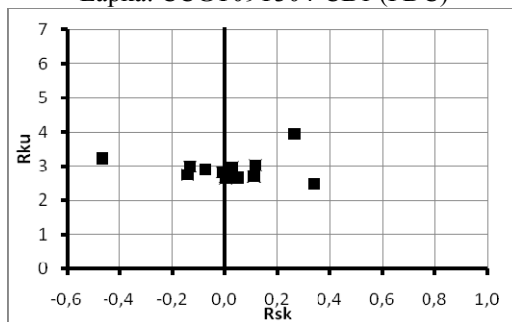
- minél inkább balra (akár negatív tartományban is) és lejjebb helyezkedik el a mért felület textúrájának R_{sk} - R_{ku} paraméterpárosa, annál kedvezőbbek a működés közben megfigyelhető tulajdonságai,
- az egyes forgácsolási eljárásváltozatok (marás, köszörülés, vízsugaras vágás, szikraforgácsolás, stb.) szerfelett különböző tartományokba eső értékeket produkálnak. A felsorolt eljárásokra vonatkozóan már sok, koherens vizsgálati eredménnyel rendelkezünk, amelyet azonban – főként – terjedelmi okok miatt nem ismertetünk.

4.1 A gyémánt szerszám élkialakításának jelentősége

Az ISO és wiper élalakkal esztergált felületek topológiai térképét mutatja a 3. **ábra**, 16 különböző beállítás esetén. Az ISO élkialakítású gyémántlapkát $f = 0,05 - 0,1$ mm értékek között, míg a wiper élkialakítású $f = 0,1 - 0,2$ mm tartományban alkalmaztuk [8]. Az ISO geometriával esztergált felületek többségében pozitív R_{sk} és nagy R_{ku} értékűek, ami a létrehozott textúra éles kiemelkedéseire utal. Az ilyen R_{sk} - R_{ku} érdességi jellemzőkkel rendelkező felületek az [1] szerint kevésbé kopásállóknak bizonyulnak.



Lapka: CCGT09T304-CB1 (PDC)



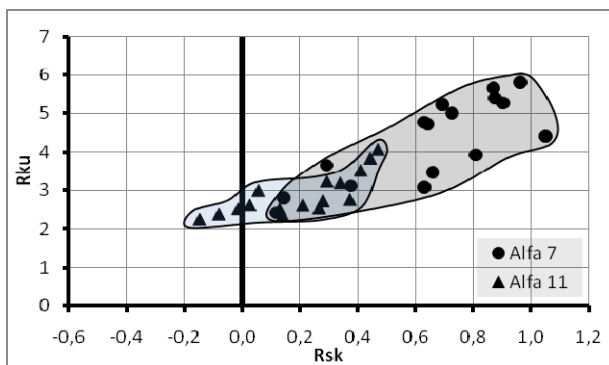
Lapka: CCGT09T304-W-CB1 (PDC)

3. ábra

A különböző élkialakítású gyémántlapkákkal esztergált felületek topológiai térképe
 Forgácsolási körülmények: $v_c = 1250 - 2000$ m/min; $f = 0,05 - 0,2$ mm; $a = 0,5$ mm

4.2 A gyémánt szerszám élgeometriájának jelentősége

Két különböző hátszöggel rendelkező lapkára mutatjuk be az $R_{sk} - R_{ku}$ összefüggést, azaz ún. topológiai térképet (4. ábra). Megállapítható, hogy a kisebb hátszög a működés szempontjából egyértelműen kedvezőtlen érdességi profilt hoz létre, míg a nagyobb hátszöggel rendelkező lapka által előállított finomesztergált felület, kedvezőbb működési tulajdonságokkal bír.



4. ábra

A különböző hátszögű lapkákkal esztergált felületek topográfiai térképe Forgácsolási körülmények:

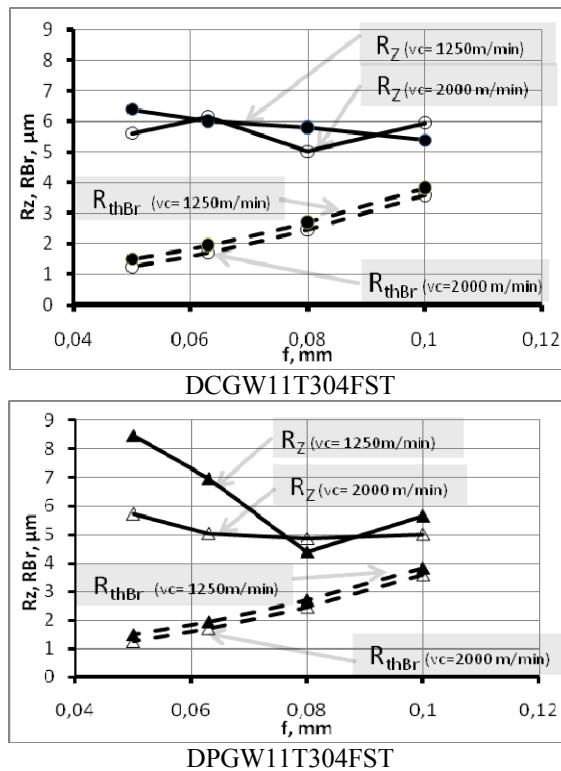
$v_c = 1250 - 2000$ m/min; $f = 0,05 - 0,1$ mm; $a = 0,5$ mm; szerszámok: CCGW09T304FST;

CPGW09T304FST

4.3 Érdességi modell érvényességére végzett vizsgálatok első eredményei

Alkalmazható-e ebben az esetben a felületi érdesség leírására a (3) összefüggés (a Brammertz-féle képlet)?

$$R_{thBr} = 125 \cdot \frac{f^2}{r_\varepsilon} + \frac{h_{\min}}{2} \cdot \left(1 + \frac{h_{\min} \cdot r_\varepsilon}{f^2} \right) [\mu\text{m}] \quad (3)$$



5. ábra

Az elméleti (R_{thBr}) és a mért érdesség (R_z) összefüggése a forgácsolási adatokkal
 Forgácsolási körülmények: $a=0,5$ mm

Az 5. ábra az egyenetlenség magasság (R_z) és (3) egyenlet szerint számított elméleti érdesség (R_{thBr}) alakulását mutatja. Mint látható, a mért érdesség változását az elméleti görbe nem követi. Ennek többek között az az oka, hogy a h_{min} érték megállapítására csak acél – keményfém párosításra van közelítő érték. A polikristályos gyémánt – eutektikus alumíniumötvözet súrlódási együtthatója és a két anyagpárosítás képlékenységi tulajdonságai szerfelett nagy eltérést mutatnak. Vizsgálati eredményeink alapján tehát egy olyan új érdességmodell megalkotása az egyik feladat, amellyel jobban leírható a forgácsolási adatok (elsősorban az előtolás) hatása.

Az elvégzett hihetetlenül sok érdességmérés alapján az elméleti érdesség számítóképletét és az erre vonatkozó biztató eredményeket a [6, 7] irodalomban már részben publikáltuk.

Összefoglalás, további feladatok

A kísérletsorozat jelen fázisában a lapkaminóság és forgácsolási adatok függvényében figyeltük az érdességi jellemzők alakulását. A vizsgálatok

eredményeinek elemzéséből értékes következtetéseket vontunk le a minél kedvezőbb érdesség adatok elérésére vonatkozóan.

További feladatunk még a lapkák újabb kísérleti körülmények közötti kipróbálása, az eredmények verifikálása.

További vizsgálatoknak elsősorban a Brammertz-féle képlet h_{\min} paraméterének meghatározására kell vonatkoznuk, és amely jellemző – többek között – a munkadarab-szerszámananyag aktuális párosítás sűrűdési tényezőjétől, az élkialakítástól és a forgácsolósebességtől függ. Ezzel lehetővé válna az érdesség – előtölés függvény sokkal precízebb leírása, ami a technológia szabatosabb és megbízhatóbb tervezését vonná maga után.

Irodalom

- [1] Dr. Palásti Kovács, B. - Dr. Czifra, Á. - Dr. Horváth, S. - Dr. Sipos, S.: Műszaki felületek mikro-geometriájának, mikrotopográfiájának vizsgálata és értékelése, *Gép* (LXI. évf.), 2010/8. pp. 12-15
- [2] István Barányi, Árpád Czifra, Sándor Horváth: Power Spectral Density (PSD) Analysis of Worn Surfaces *Gépezet 2010 Proceedings of the seventh conference on mechanical engineering*, Budapest, 2010. május 25-26., ISBN 978-963-313-007-0
- [3] Czifra, Á., I. Barányi, and G. Kalácska, "Fractal Analysis of Microtopographies in Wear", *Ecotrib 2011*, 3rd European conference on tribology, Wien, pp. 593-597, 06/2011
- [4] G. P. Pertopoulos: Multi-Parameter Analysis and Modelling of Engineering Surface Texture *JAMME*, Vol. 24, Sept. 2007, pp. 91-100
- [5] WNT gyártmányú gyémántlapkák vizsgálata hipereutektikus alumíniumötvözetek esztergálásakor Kutatási jelentés, Budapest, 2010, pp. 44 + mell.
- [6] R. Horváth – Dr. B. Palásti-Kovács – S. dr. Sipos: New Results in Fields of Aluminium Automotive Parts, Machined by Cutting Operation *Nemzetközi Gépezet, Mechatronikai és Biztonságtechnikai Szimpózium*, Budapest, 2010. november 10-11.
- [7] R. Horváth - Dr. B. Palásti-Kovács – Dr. S. Sipos: Optimal Tool Selection For Environmental-friendly Turning Operation Of Aluminium *Hungarian Journal of Industrial Chemistry*, Veszprém 2011 (megjelenés alatt)
- [8] Dr. SIPOS Sándor, HORVÁTH Richárd: Újabb eredmények gyémántszerzámmal esztergált felületek topológiai kutatásában; XVI. Fialat Műszaki Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2011 március 24-25. (pp. 283-286) (ISSN 2067-6808)