

Gyémántszerszámmal esztergált alumínium felületek mikrogeometriai jellemzőinek vizsgálata

Horváth Richárd¹, dr. Sipos Sándor²

¹ intézeti mérnök, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépészmérnöki Kar, horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu

² mestertanár, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépészmérnöki Kar, sipos.sandor@bgk.uni-obuda.hu

Bevezetés

A gyártmányok minősége egyrészt a szerszámgépek folyamatosan fejlődésének hatására, másrészt pedig az új geometriák és szerszámanyagok megjelenésével egyre javul. Mindez egyre növekvő termelékenységgel (csökkenő főidők, rövidülő mellékidők, nagyobb átfutás) párosul. Különösen érvényes ez azoknál a csúcstechnológiáknál, amelyek a korszerű járműgyártást, a hadi- és a repülőgépipart, valamint az űrtechnikát jellemzik.

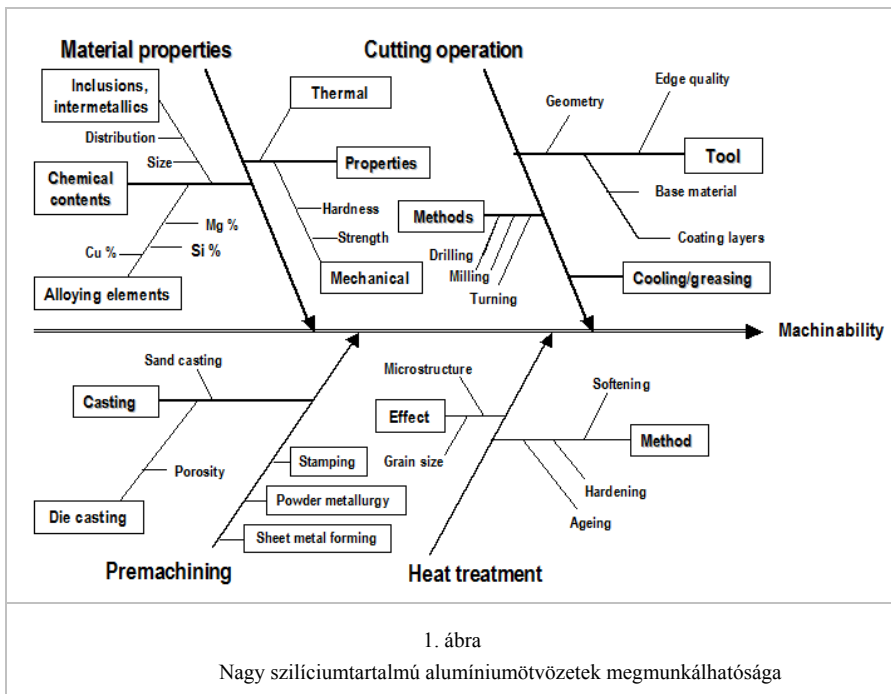
A szóban forgó ipari területek előszeretettel alkalmazzák az öntött alumíniumötvözeteket, amelyek főleg szilíciummal, rézzel, magnéziummal ötvözöttek. Ezek többnyire igen jól egyesítik a kiváló mechanikai tulajdonságokat (keménység, szilárdság) a megfelelő technológiai előnyükkel (kiváló önthetőség, megmunkálhatóság, korrózióállóság, hegeszthetőség). A növelt szilíciumtartalmú alumíniumból készült alkatrészek a 80-as években terjedtek el az autógyártásban (például motorok, légsűrítők, kormányművek alkatrészei), ahol kedvezőtlen forgácsolhatóságuk számos problémát jelent.

A következőkben egy nagysorozatban gyártott kompresszor alkatrészének példáján keresztül mutatjuk be az esztergaláskor fellépő nehézségeket.

1. Nagy szilíciumtartalmú öntött alumíniumötvözetek forgácsolhatósága

A 11,8%-nál nagyobb szilíciumtartalmú alumíniumötvözetet hipereutektikusnak mondjuk, amelyek csaknem mindegyike jó szilárdsági tulajdonságával, nagyobb kifáradási határával és kiváló kopásállóságával tűnik ki. A forgácsolást

megnehezítő körülmény az, hogy míg az alumínium könnyen forgácsolható, lágú és képlékeny anyag, addig a Si-tartalom növelésével növekszik az ötvözet koptató hatása és fokozódnak a megmunkáláskor fellépő nehézségek. Az alumínium mártixba ágyazódó primér szilíciumkristályok ugyan törékenyebbé teszik a forgácsot, e kemény részecskék jelenléte – az erős adhézió és kémiai reakciók, valamint az Al-Si-ötvözetekkel szembeni alacsony kopás-ellenállási képesség következtében – azonban például a keményfémleapka esetében gyors kopáshoz vezet. Amennyiben a primér Si-részecskék a forgácsolási zónában találkoznak a szerszám élével, nem csak intenzíven koptatják azt, hanem – keménységük révén – megakadályozzák a jó minőségű felület kialakulását. A kedvező felületi érdesség elérésének feltétele ezért a kemény primér Si-részecskék egyenletes eloszlása, kis szemcsenagysága, kedvező alakja; ellenkező esetben az adhézió folytán a szerszámélre tapadt részecskék „végigszánthatják” az esztergált felületet. Még összetettebb a helyzet, ha a dendrites fázis nagyszámú, igen ellenálló fémveszélyű felületet és zárványokat tartalmaz. Ezen öntött ötvözetek kedvezőtlen forgácsolhatóságának ok-okozati (ún. Ishikawa) diagramja az 1. ábrán látható [1, 2].




1. ábra

Nagy szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek megmunkálhatósága

2. Kísérleti célkitűzések és körülmények leírása

A kísérletek legfőbb célja az volt, hogy a különféle anyagú és kialakítású szerszámok alkalmazásával képet alkossunk arról, milyen feltételek mellett tudnak az igen szigorú érdességi előírásoknak megfelelni. A K-sorozatba tartozó keményfémekkel és polikristályos gyémánttal elérhető felületi érdességeket hasonlítottuk össze, amelyet különböző csúcshöngű és csúcshugarú szerszámokkal, hűtés nélkül esztergáltunk, a forgácsolósebességet igen széles tartományban ($v_c=200\dots2000$ m/min) változtatva. A fogásmélységet – anyagtakarékossági okok miatt – állandó ($a=0,5$ mm) értéken tartottuk, a többi vizsgálati körülményt az 1. táblázat összesíti.

1. táblázat

Szer- szám- gép	Típus: EuroTurn 12B (NCT Kft.) Vezérlés: NCT2000	
Munka- darab	Anyag: AS17 (Rencast Reyrieux) Összetevői: Si 16,8%, Cu 4,1%, Zn 1%, Fe 0,8%, Mg 0,5%, Mn 0,2%, illetve Pb, Sn, Ni, Ti (<0,08%)	
Alkalmazott lapkák	Keményfém lapkák: DCGT11T304AS IC20 (Iscar) DCGT070204FL K10 (Walter) DCGX11T304AL H10 (Sandvik) PCD-lapkák DCMT11T304 ID5 (Iscar) DCGT070304 PKD (Walter) DCMW11T304FP CD10 (Sandvik) DCMW09T304 MD220 (Mitsubishi) CCGW09T308FST KD1400 (Kennametal) CCGW09T308FST KD1425 (Kennametal) CCMW09T304 MD220 (Mitsubishi) CPGW09T304-FST KD1425 (Kennametal) CCGW09T304-FST KD1425 (Kennametal) CCGT09T304-CB1(CVD, WNT) CCGT09T304-CB1 (WNT) CCGT09T304-W-CB1 (WNT)	
Vizsgálati körülmények	$a=0,5$ mm (állandó) $v_c=200\dots2000$ m/min (változó) $f=0,05-0,063-0,08-0,1$ mm (változó)	

Mérő- és vizsgáló-berendezések	Perthometer Concept 3D (Perthen-Mahr, Germany) Electron microscope JSM-4510 (Japan) Surftest SV2100 (Mitutoyo)	
--------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

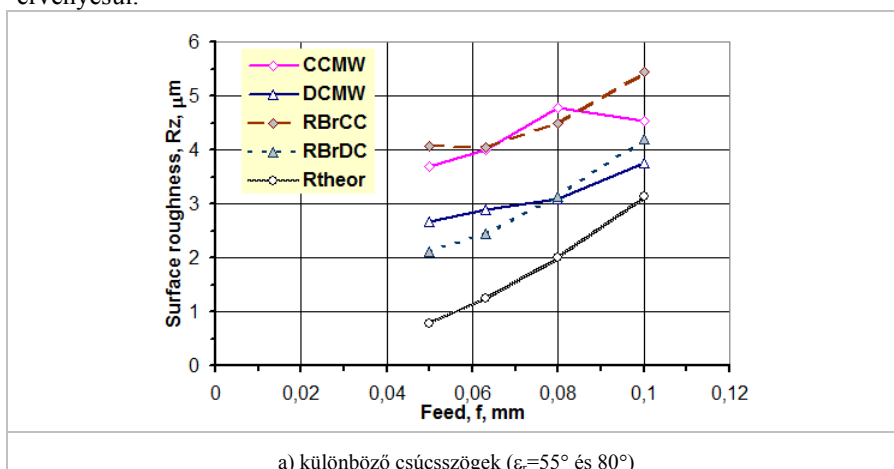
3. Vizsgálati eredmények

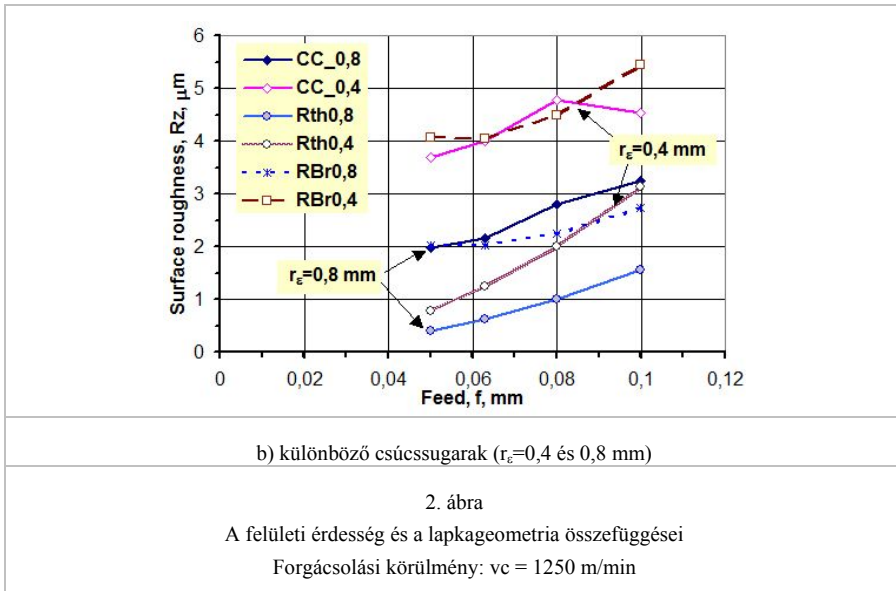
A szisztematikusan elvégzett mérések eredményeinek részletes ismertetésére területi okok miatt nem vállalkozhatunk, csupán a szerteágazó vizsgálat kutatási tapasztalatait foglaljuk össze néhány pontban. Az alábbi ismertető minden egyes beállításkor kapott felület három alkotó mentén végzett érdességmérési eredményeit tartalmazza.

3.1. A szerszám-élgeometria hatásai

A szerszám-élgeometria legfontosabb jellemzői a lapka csúcshöge és csúcshugara, valamint a szerszámél minősége.

A könnyűfém ötvözeteknél általánosan elfogadott elv szerint a csúcshöge minél kisebb értékre választása indokolt: lényegesen jobb az esztergáláskor mért felületi érdesség akkor, ha a forgácsnak elég helye van a távozásra, más szóval a forgácsér táv [3]. A jelzett szög CCMW alakú lapka esetében 80° , a DCMW lapkánál viszont csak 55° . A 2/a ábra tökéletesen alátámasztja a korábbi megállapításainkat: az Rz értéke átlagosan 20-40%-kal kisebb a hegyesebb csúcshöge alkalmazásakor. Meglepő ebben az arány mértéke, és a tény, hogy még a hipereutektikus Al-Si ötvények esetében is ilyen nagymértékben érvényesül.





A csúcssugar változtatásának egyértelmű a hatása: a lapkaradius növelése az érdességet kedvezően befolyásolja. A 2/b ábra a mért és a különböző képletekkel számolt elméleti felületi érdesség értékeit mutatja: a Rth-érték a Bauer-féle, az RBr-érték pedig a Brammertz-féle formulával kiszámolt érdességadatokat jelenti. Az utóbbi képlet alkalmas lehet arra, hogy a technológiai tervezések kiindulópontként szolgáljon a célszerű előtolás meghatározására, feltéve, hogy a

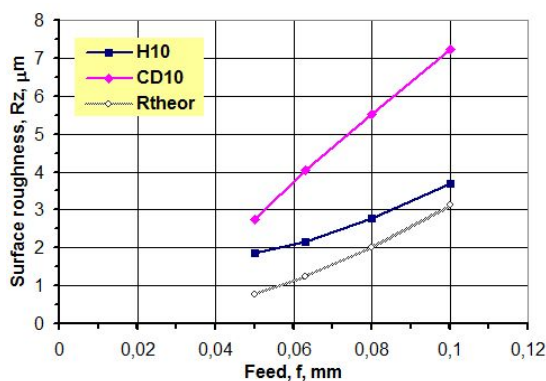
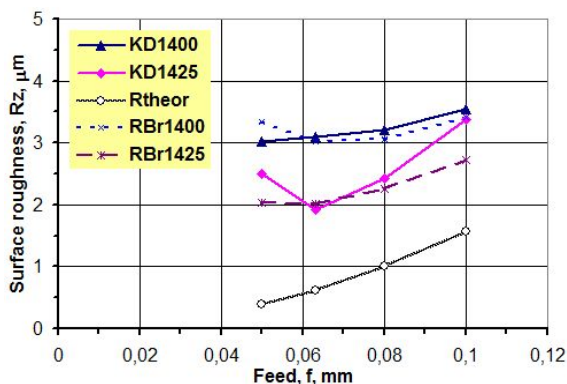
$$R_{thBr} = 125 \cdot \frac{f^2}{r_e} + \frac{h_{min}}{2} \cdot \left(1 + \frac{h_{min} \cdot r_e}{f^2} \right) [\mu m] \quad (1)$$

alakú formulát alkalmazva az ún. leforgácsolhatatlan anyagréteg (h_{min}) értékének meghatározására felhasználjuk az általunk kifejlesztett számítógépes közelítést [1]. A szerszámél minőségének (a lapka homlokfelületi- és hátfelületi érdessége, a főél érdessége és éllekerekedése stb.) elemzésére területi okok miatt nem térhetünk ki.

3.2. A szerszámanyag hatása

A keményfém anyagú szerszámok kifejezett hajlama az erős adhézióra és a bekövetkező kémiai reakciói a nagy Si-tartalmú Al-ötvözeteknél egyrészt kis forgácsolósebességekkel történő esztergálást tesz csak lehetővé, másrészt az ilyen körülmények között elérhető felületi érdesség nem elégíti ki a korszerű alkatrészgyártás fokozott igényeit. A másik szóba jöhető szerszámanyag a polikristályos gyémánt, amely adhézióra nem hajlamos, kémiailag semleges, jobban ellenáll a kopásnak, ráadásul a súrlódási tényezője igen kicsiny. A felsorolt technológiai tulajdonságai lehetővé, a szerszámanyag drágasága pedig

szükségessé teszi (egyesen megköveteli) azt, hogy a PCD-lapkákat növelt forgácsolósebességeken alkalmazzák. A 3/a ábra azt az esetet mutatja be, amikor a keményfém lapka – jobb élmínősége miatt, főleg pedig kedvezőbb homlokfelület-érdessége folytán – fölénybe kerül a PCD-szerzámmal szemben. A mért Rz-értékek arról is tájékoztatnak, hogy a gyémántbetétes lapka kis sebességen történő használata nem eléggé hatékony. A PCD-szemcsenagysága és szerkezete nagyban befolyásolhatja az esztergált felület Rz-érdességét. A 3/b. ábrán látható KD1400 minőség $\sim 2 \mu\text{m}$ méretű, finomszemcsés változat, a KD1425 (szemcseméret $2 \dots 30 \mu\text{m}$) pedig sokkal kopásállóbb, mert ún. multimodális szerkezete van. Ez utóbbi alkalmas arra, hogy mérsékelt ütéseknek is ellenálljon. Jelen alumíniumöntvény esetében ez a hidrogéngáz okozta mikroporozitás formájában jelentkezik. Kis sebességeknél és előtolásoknál tanácsos a kopásállóbb minőséget választani, növelt sebességek beállításakor azonban a KD1400-re már jól érvényesül a „nagysebességű megmunkálásokra alkalmas” ajánlás.

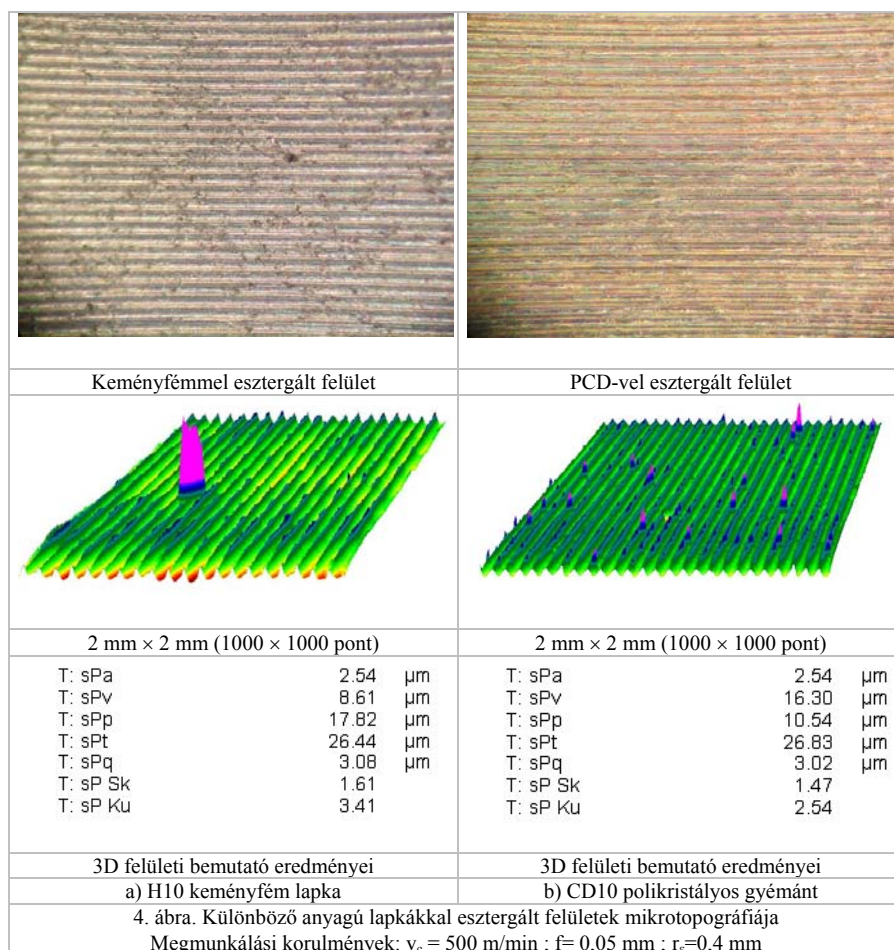
a) keményfém vs. gyémánt ($r_e=0,4 \text{ mm}$)b) különböző típusú gyémántok ($r_e=0,8 \text{ mm}$)

3. ábra

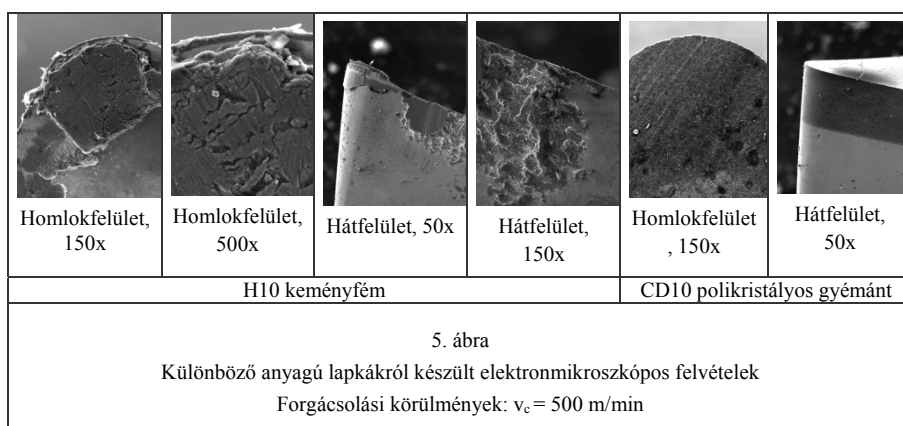
A felületi érdesség és a lapkaanyag összefüggései

Forgácsolási körülmény: $v_c = 500 \text{ m/min}$

A 3D-s érdességi (azaz mikrotopográfiai) mérések segítségével még érzékletesebb képet alkothatunk a különböző szerszámmal esztergált felületek textúrájáról. A 4. ábra a hengerességtől szűrt, de a hullámosságot és az érdességet tartalmazó felület fotoszimulációs megjelenítését, valamint a P topográfia fontosabb paramétereit tartalmazza. Ebből az derül ki, hogy közel azonos érdességi jellemzőjű (átlagos aritmetikai eltérés, sPa és a profil teljes magassága, sPt) felületeknél a keményfém szerszámmal esztergált profil csúcsai jóval nagyobbak (sPp), völgyei pedig sokkal kisebbek (sPv), mint a gyémántlapkával esztergálté. Ez azt jelenti, hogy a gyémánt szerszám jóval egyenletesebb felületet állít elő és igazi értelemben forgácsolja az alumíniumöntvényt, ezzel szemben a keményfém szerszám hullámosabb felületet készít és nagy képlékeny deformáció bekövetkezése mellett választja le a forgácsot. Erre utal egyébként a 3D-s érdességi paraméterek magassági eloszlását jellemző profilcsúcsosság (sP Ku > 3) értéke is.

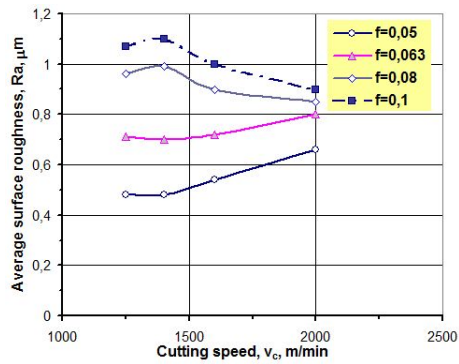


A PCD-vel esztergált felületek azt is mutatják, hogy a primér Si-kristályok egész sorozata jelenik meg az előtolásnyomok barázdáiban, míg a keményfémvel esztergált munkadarabon „hatalmas” kitüremkedésként jelenik meg egy forgácsdarabka. A forgácsolás mikromechanizmusainak tanulmányozását elektronmikroszkóppal is nyomon követtük. Az 5. ábra azt mutatja, hogy – azonos forgácsolósebesség beállítása esetén – a keményfém lapka homlokfelületén erős élrártét, a hátfelület egy részén álforgács képződése, másik részén pedig kopás és adhéziós jelenségek észlelhetők. A polikristályos szerszámon egyáltalán nem mutathatók ki ilyenek, ami az igen kis súrlódásnak (adhéziós jelenségek szinte teljes hiánya), illetve a szerfelett nagy keménységnek (abrazív kopási nyomok elmaradása) tudható be.

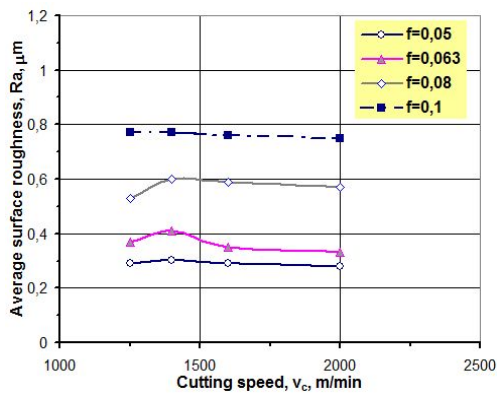


3.3. A gyémánt szerszámok vizsgálata HSC-körülmények között

A növelt Si-tartalmú alumíniumöntvények nagysebességű forgácsolása 1000 m/min érték felett valósul meg. A neves szerszámgyártó lapkáival elvégzett kísérletek azt mutatták (6. ábra), hogy az átlagos felületi érdesség (R_a) mért értékeit az alkalmazott előtoláson kívül nagymértékben befolyásolja a lapka csúcsszöge is; az esztergáláskor célszerűen megválasztott körülmények között akár $R_a < 0,4 \mu\text{m}$ érték is gond nélkül elérhető (még kis csúcssugarú lapka alkalmazásakor is).



a) lapkakód: CCMW



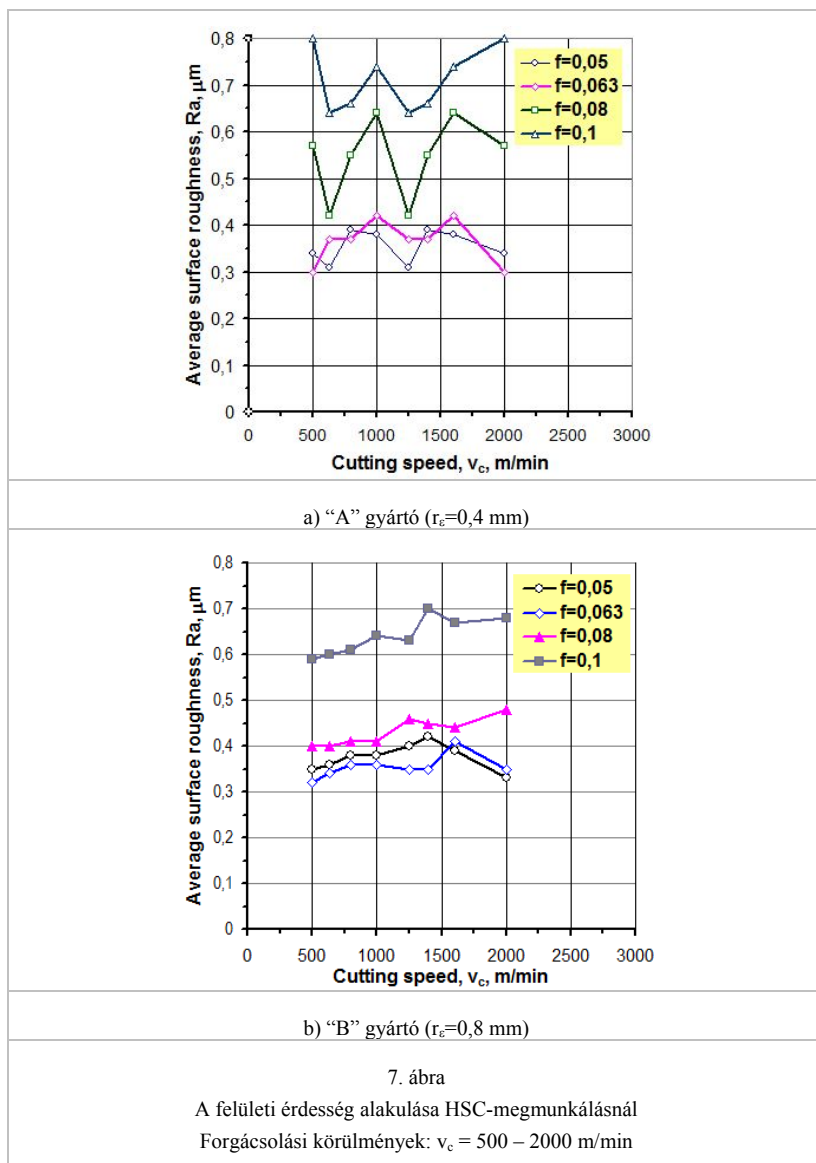
b) lapkakód: DCMW

6. ábra

A felületi érdesség alakulása HSC-megmunkáláskor

Forgácsolási körülmények: $v_c = 1000 - 2000$ m/min; $r_c=0,4$ mm

A polikristályos gyémántlapka csúcssugarának meghatározó szerepére a 7. ábrán láthatunk példát. A forgácsolósebesség széles tartományában elvégzett vizsgálatok arról tanúskodnak, hogy a sebesség változtatásakor a kis csúcssugarú lapkával nagyon változó átlagos felületi érdességi értékek voltak mérhetőek, a nagyobb rádiuszú lapka viszont enyhén növekvő érdességek előállítására volt képes.



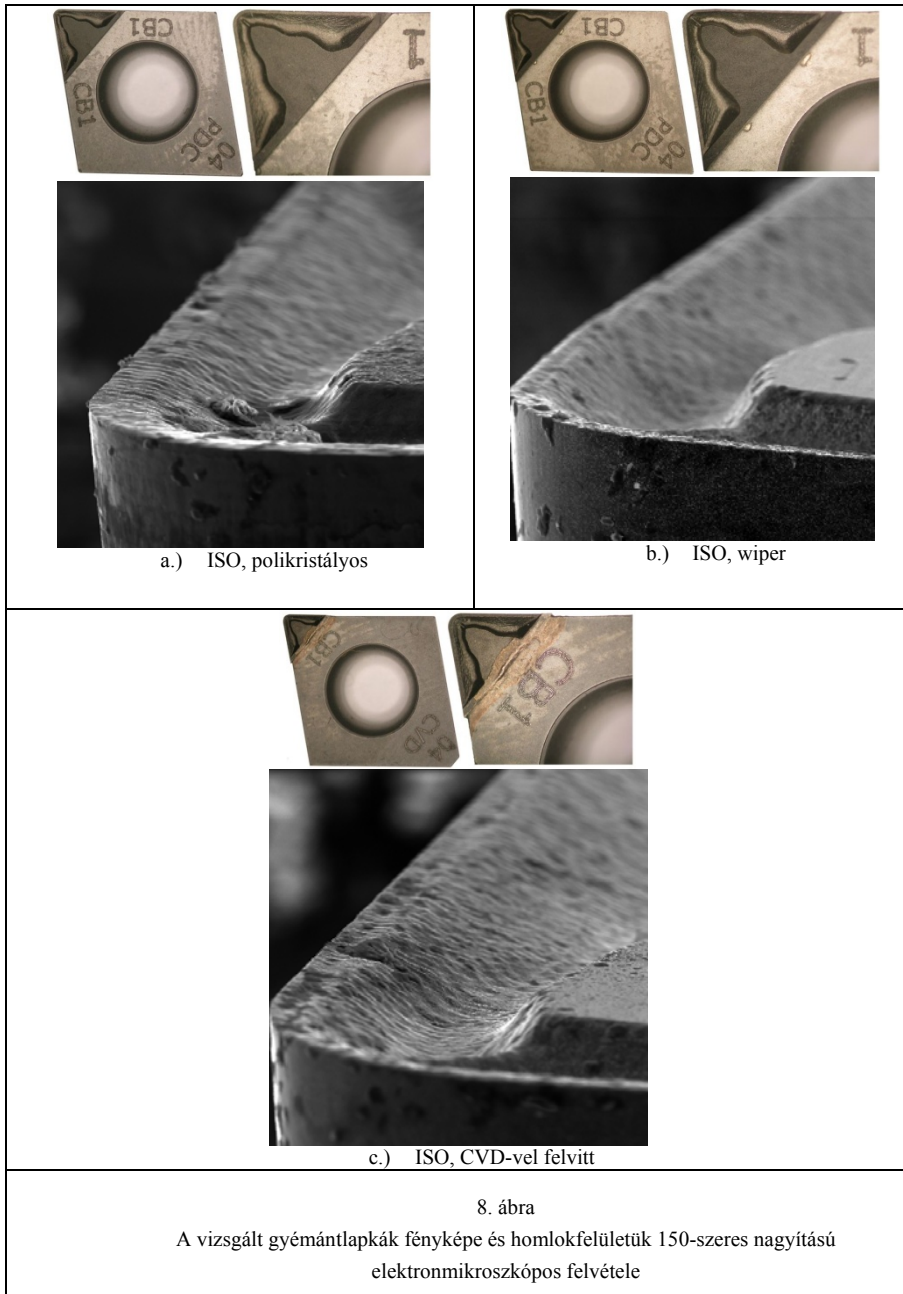
4. Gyémántszerzőmokkal esztergált felületek érdekessége, a mérőszámok információtartalma

A forgácsolással megmunkált műszaki felületek kifejezett és erős anizotrópiát mutatnak, azaz a felületen létrehozott textúra függ a mérési iránytól. A határozott élgeometriájú megmunkálásoknál (esztergálás, fúrás, marás stb.) nagy szerepet kap az előtolás, amely egyben kijelöli a profilisméltlődések egymásutánosságát (ezeket mérik a hosszirányú érdekességi paraméterek, pl. S_m). A megmunkálás során létrejött érdekességi profil meghatározza a felület tribológiai viselkedését (súrlódási viszonyok, kopás, kenőanyag megtartó képesség) [4]. A vonatkozó bőséges szakirodalomban azonban nem találtunk forrásanyagot az általunk megmunkált nagy szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek gyémántszerzőmokkal történő nagysebességű (kvázi HSC) esztergálására.

A felületi érdekesség szokásosan alkalmazott magasságirányú (R_a és R_z) paramétereit nem jellemzik és írják le a szükséges mértékben az alkatrészek megmunkált felületeinek működés közbeni (várható) viselkedését. Ilyen vonatkozásban a felületi textúra előbb említett hosszirányú paramétereit sem megfelelőek. A legalkalmasabbnak a formai és hibrid paraméterek tűnnek, azonban ezeket csak megfelelő (bonyolult és drága) mérőműszerekkel tudjuk mérni [5]. Újabb lehetőséget jelentenek az érdekességi profil leírásakor a fraktál alapú módszerek. [6]

Vizsgálataink során a felület magassági eltéréseinek statisztikai feldolgozásából származó ferdeségi (skewness, R_{sk}) és kurtosis (R_{ku}) paraméterek megállapítását tűztük ki célul. Az ilyen vizsgálatok beletartoznak az ún. topológiai térkép felvételére szolgáló kísérletekbe [4]. A szerzőmokkal alkalmas megválasztásával arra kerestük a választ, hogy a különböző körülmények között esztergáló gyémántlapkák mennyire aszimmetrikus (R_{sk}) és milyen kiemelkedés-intenzitású (R_{ku}) felületprofilot hoznak létre.

Ennek érdekében $4vc \times 4f$ kísérlettervet hajtottunk végre, a tesztelt lapkák anyagminőségének, élképzésének és élgeometriájának változtatásával így 16 mérésből álló sorozatot értékelhettünk ki. A vizsgált lapkákról készített sztereómikroszkópi fotókat, illetve a homlokfelületükről készített elektronmikroszkópos felvételeket a 8. ábra tartalmazza.

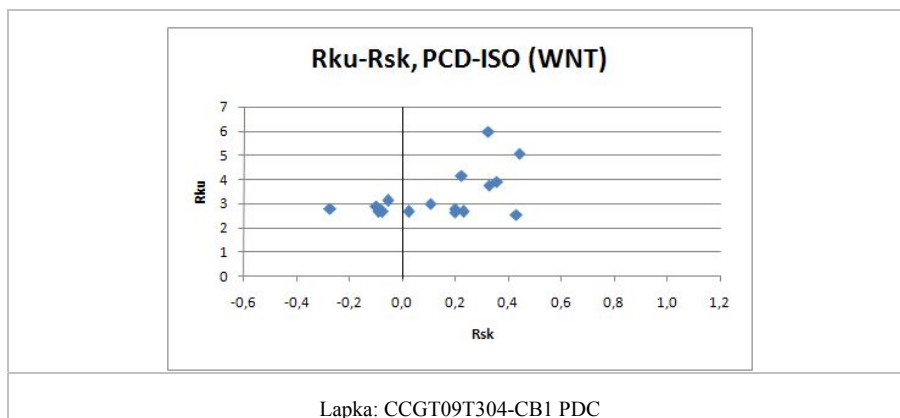


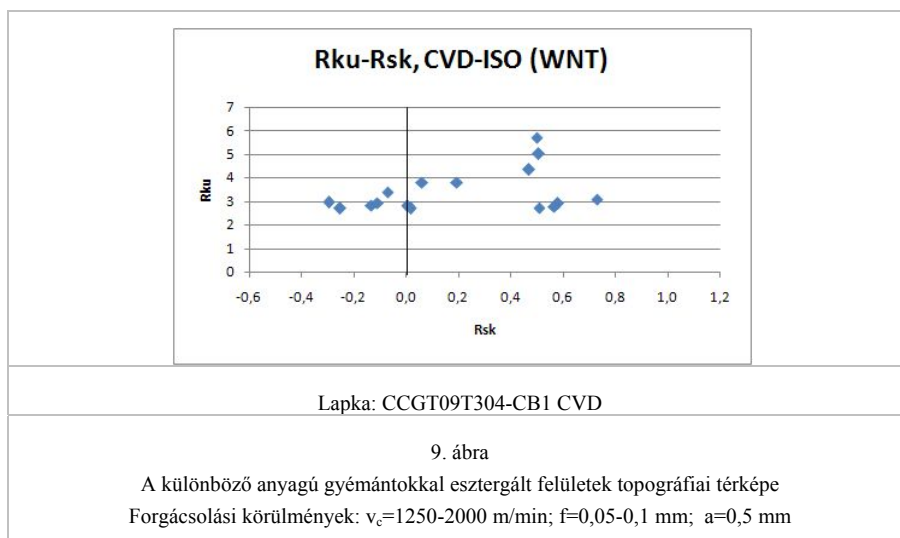
4.1. Az anyaminőség jelentősége

Az iparban széleskörűen használt polikristályos gyémántoknak új vetélytársa akadt az utóbbi években, mert a CVD-vel felvitt gyémántréteg sok alkalmazástechnikai vonatkozásban (keménység, egyöntetűség, súrlódási tényező stb.) kedvezőbb jellemzőkkel rendelkezik. Az összehasonlított két lapka hasonló forgácstörővel rendelkezik, amelyet mindkét szerszámanyagba lézerrel munkálnak be [7].

Az elvégzett kísérletek az esztergált felületeken 3 alkotó mentén elvégzett 3 mérésének átlagait tartalmazza, így elég nagy biztonsággal állapíthatók meg a következők.

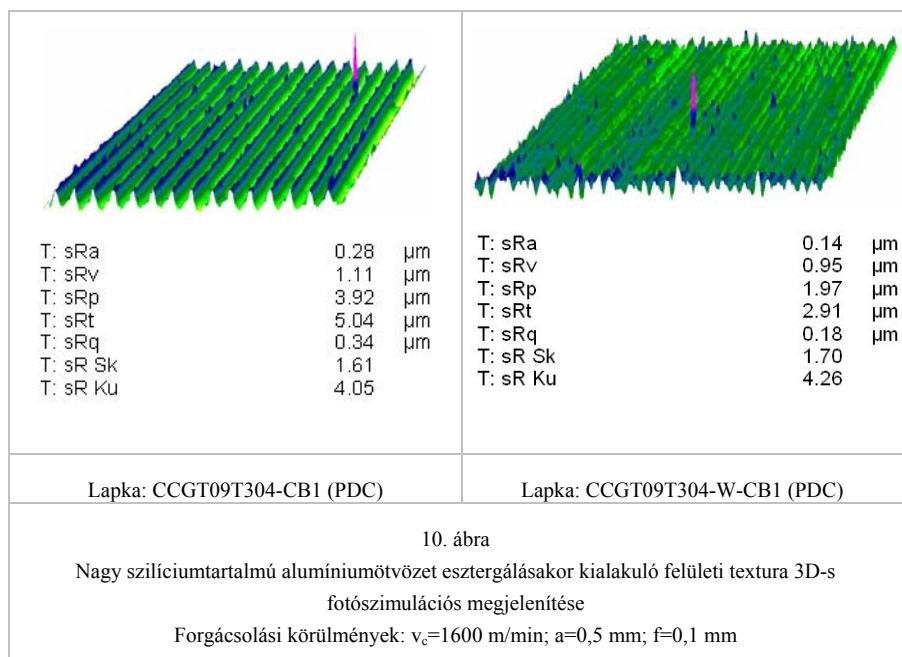
A 9. ábrán a profil aszimmetriájának függvényében a kiemelkedés-intenzitás változása látható. Az állapítható meg, hogy a tesztelésbe vont polikristályos gyémánt megbízhatóbban teljesít a hasonló kialakítású, CVD-vel felvitt vetélytársánál. A CVD-vel felvitt gyémántréteg különösen a nagy előtolások tartományában produkált nagy, pozitív ferdeségű felületeket, ami a szerszámél pontatlanságának és az élegyenetlenség átmásolásának a következménye. Ebben az összevetésben a polikristályos éllel megmunkált felület egyöntetűbbnek bizonyult. Az elvégzett 16-16 darab kísérleti beállításból összefoglalóan az a megállapítás szűrhető le, hogy a topológiai térkép határozott trendvonallal nem rendelkezik, másként fogalmazva az $R_{sk} - R_{ku}$ függvény alacsony korreláltságú. Ez – különösen a két anyag teljesítőképességében mutatkozó különbség miatt – meglepő.



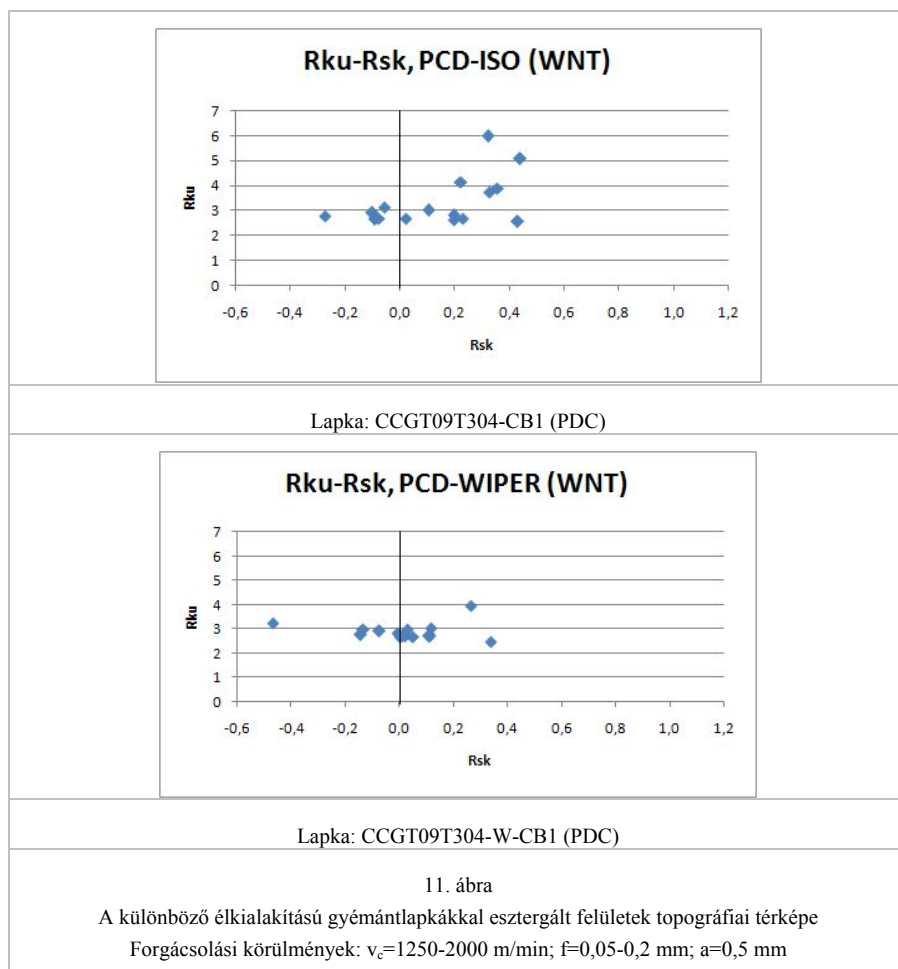


4.2. Az élkialakítás jelentősége

Sok gyártó cég forgalmaz olyan gyémántélű lapkákat, amelyek ún. ISO kialakításúak: a főél és a mellékél is egyenes és főleg a csúcssugár értéke befolyásolja az elérhető érdességet. A wiper élnél a főél és a mellékél nagy rádiusszal kialakított, így főleg a mellékél és a csúcssugár vesz részt a felületképzésben. Ennek következtében a forgácsleválasztás teljesen más feltételek mellett megy végbe, a felület érdességi profilja is másképp alakul. A 10. ábra egy ISO és egy wiper élkialakítású szerszámmal, ugyanolyan forgácsolási körülmények között esztergált felületek 3D-s (topográfiai) képét mutatja. Az ábrából jól kivehető az ISO lapkával végrehajtott esztergálás karakteres nyoma, és az ennek következtében kialakuló érdességi textura. A wiper élkialakítással esztergált felületen az előtolási nyom már sokkal nehezebben kivehető. Ez azért van, mert közel azonos völgyméretekhez ($sR_{V_{ISO}}=1,11$, illetve $sR_{V_{wiper}}=0,95$ μm) a wiper lapkánál csak fele nagyságú csúcsok ($sR_{P_{ISO}}=3,92$, illetve $sR_{P_{wiper}}=1,97$ μm) tartoznak, így a felület sokkal egyenletesebbnek tűnik. Bár a 3D-s kiértékelésen nincs nagy különbség az sR_{sk} és sR_{ku} értékei között, ez a megállapítás csak a vizsgált felület 2×2 mm méretű területére vonatkozik, belőle „erős lábakon álló következtetéseket” levonni, pláne meg téziseket megfogalmazni nem lehet. Érdeemes megfigyelni azt is, hogy mindkét vizsgált felületnél sikerült egy-egy túszerűn kiálló anyagrészecskét „elkapni”. Ezek a forgácsleválasztás nem kívánatos jelenségei közé tartoznak, és úgy jönnek létre, hogy a kemény, primér Si-kristály hegyben végződő anyagrészecske „nem hagyja leválasztani magát”, és az előtolás barázdák oldalán oszlopszerűen türemkedik ki.



A különböző kialakítású gyémántszerszámokkal esztergált alumínium alkatrészek felületi egyenetlensége lényegesen függ a lapka kialakításától. A 11. ábra a polikristályos kivitelű, ISO és wiper élalakkal esztergált felületek topológiai térképét mutatja 16 különböző beállítás esetén. Hangsúlyozzuk azt, hogy az ISO lapkát $f=0,05 - 0,1$ mm értékek között, a wiper élüt pedig $f = 0,1 - 0,2$ mm tartományban alkalmaztuk. Az ISO kialakítású lapkához képest a wiper élalak sokkal kedvezőbb felületet állít elő, egyenletesebben dolgozik, kivehető egy határozott tendencia az $R_{sk} - R_{ku}$ adatokban, ráadásul az eredmények egészen kis sávban szóródnak. Az ISO geometriával esztergált felületek többségében pozitív R_{sk} és nagy R_{ku} értékűek, ami a létrehozott textúra éles kiemelkedéseire utal. Az ilyen jellemzőkkel rendelkező felületek az [5] szerint kevésbé kopásállóknak bizonyulnak.



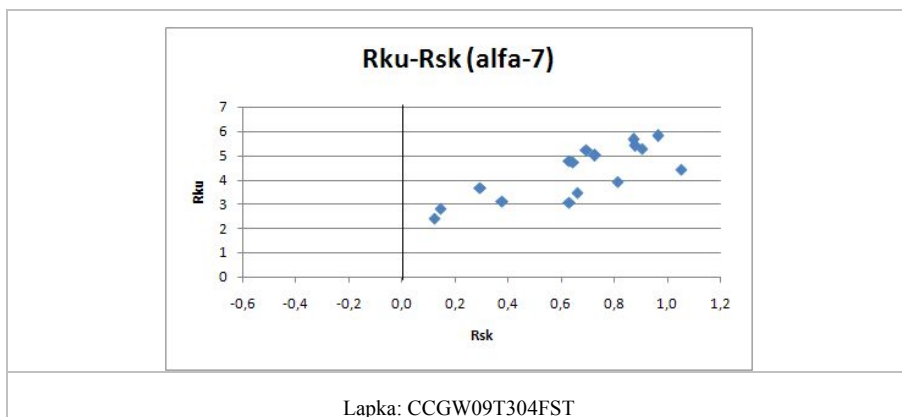
4.3. Az élgeometria jelentősége

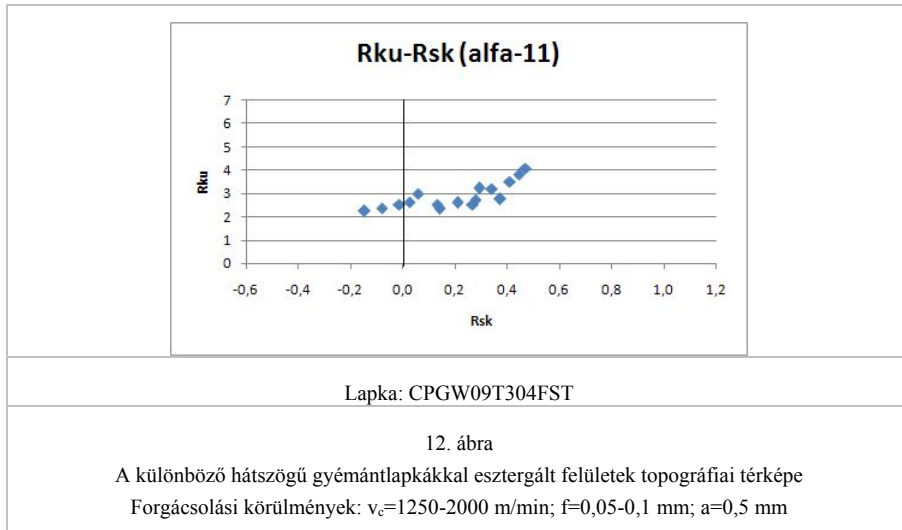
A vizsgálatsorozat során (és az 1. táblázat tanúsága szerint) számos alakvariációt és élgeometriát próbáltunk ki [8]. A hipereutektikus szilíciumtartalmú alumínium ötvözetek esztergálásakor az elérhető érdességi mérőszámok összehasonlításával azt állapítottuk meg, hogy

- igen fontos követelmény a minél szabadabb forgácstér, amelyet az alkalmazott lapka csúcshelyezése és a tartó főélelhelyezési szöge befolyásol,
- a megfelelően nagy csúcshugarú lapka kedvezően hat az érdességre,
- a lapka homlokképzése (forgácstörő hornyot tartalmaz-e vagy sem) is hat az esztergált felület érdességi mérőszámaira [9],

- a lapka hátszögének értéke döntően befolyásolja a forgácsleválasztás körülményeit, ezért kiemelt figyelmet érdemel a helyes megválasztása,
- az egyes lapkák érdességelőállító képességét a forgácsolóél minősége döntő mértékben befolyásolja: a kedvező élérdességű és optimális éllekerkedésű lapkaél lényegesen kedvezőbb érdességű felület előállítására alkalmas [10, 11].

Jelen cikkben egy másik gyártó két, különböző hátszögű polikristályos gyémántlapkájára mutatjuk be az $R_{sk} - R_{ku}$ összefüggést (12. ábra). A közölt diagramból egyértelműen megállapítható, hogy a kisebb hátszög a működés szempontjából egyértelműen kedvezőtlen érdességi profilt hoz létre. Ez annak a következménye, hogy a lapka homloklapfelületén élrátét, hátfelületén pedig álforgács képződik. Az előtolás növelésének hatására a nemkívánatos jelenségek még csak fokozódnak. A hátszög növelése egyértelműen kedvező a felületi érdesség szempontjából, mert – a zavaró jelenségek mérséklődésével párhuzamosan – az érdességi profil egyre telítettebbé válik, és a vizsgált forgácsolási körülmények között az $R_{sk} - R_{ku}$ összefüggésben határozott trend fedezhető fel, igen kis szóródással és viszonylag szoros korrelációval.





Összefoglalás, további feladatok

A kísérletsorozat jelen fázisában a lapkaminőség és forgácsolási adatok függvényében figyeltük az érdességi jellemzők alakulását. A vizsgálatok eredményeinek elemzéséből értékes következtetéseket vontunk le a minél kedvezőbb érdességi adatok elérésére vonatkozóan. A szerteágazó kutatásban kijelöltük a legkedvezőbb feltételeket, ezeket rendszeresen publikáltuk is [8-11].

További feladatunk még az általunk legkedvezőbbnek tartott lapkageometria kísérleti körülmények közötti kipróbálása és az előzetesen feltételezett eredmények verifikálása. Ez azért fontos szempont, mert a velünk kutatási kapcsolatban lévő üzem fokozatosan kíván áttérni a környezetbarát technológiára (szárazon végzett forgácsolás), ehhez pedig az általunk végzett előkísérletek tapasztalataira – mint azt jelezték is – szükségük van.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Tornyi Barnabásnak és Nagy Lászlónak értékes észrevételeikért, és a Delphi Thermal Hungary Kft-nek a biztosított öntvényekért.

Irodalom

- [1] www.forgacsolaskutatas.hu
- [2] Haizhi Ye: An Overview of the Development of Al-Si-Alloy Based Material for Engine Applications JMEPEG (2003) 12:288-297
- [3] Rábel, Gy. – Sipos, S. dr. – Csiszár, G.: Alumíniumötvözetek forgácsolásnak tapasztalatai Coromant szerszámokkal végzett esztergáláskor Gépjártástechnológia, 1992/11-12. pp. 533-537

- [4] G.P. Pertopoulos: Multi-parameter analysis and modelling of engineering surface texture JAMME, Vol 24., Sept. 2007. pp. 91-100
- [5] Dr. Palásti Kovács, B. - Dr. Czifra, Á. - Dr. Horváth, S. - Dr. Sipos, S.: Műszaki felületek mikro-geometriájának, mikrotopográfiájának vizsgálata és értékelése, Gép, 2010
- [6] István Barányi, Árpád Czifra, Sándor Horváth: Power spectral density (PSD) analysis of worn Surfaces Gépészet 2010 Proceedings of the seventh conference on mechanical engineering, Budapest,2010. május 25-26, ISBN 978-963-313-007-0
- [7] WNT gyártmányú gyémántlapkák vizsgálata hipereutektikus alumíniumötvözetek esztergálásakor, Kutatási jelentés, Budapest, 2010. pp. 44 + mell.
- [8] Horváth, R. – dr. Sipos, S.: Nagy szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek forgácsolhatósága FMTÜ XV., Kolozsvár, 2010. pp. 135-138
- [9] Horvath, R. – Dr. Palasti-Kovacs, B. – dr. Sipos, S.: Environmental friendly cutting of automotive parts, made of aluminium castings “Mobilitás és környezet” konferencia, Veszprém, 2010. augusztus 23-25
- [10] Horváth, R. – dr. Sipos, S.: Nagy szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek forgácsolhatósága Gyártóeszközök, szerszámok, szerszámgépek 2010. pp. 44-48
- [11] Horvath, R. – Dr. Palasti-Kovacs, B. – dr. Sipos, S.: New results in fields of aluminum automotive parts by cutting, Magyar Tudomány Ünnepe, Budapest, 2010. november 19.