

Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Robert Bosch Mechatronikai Tanszék

Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Gépgyártástechnológiai Tanszék

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**Alumíniumötvözet precíziós esztergálása gyémánt és
keményfém szerszámmal**



Készítette:
Szilva Nóra
G-4BMR

Konzulens:
Dr. Maros Zsolt

2014

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. Precíziós megmunkálás sajátosságai.....	2
2.1. Finom esztergálás	2
2.2. Nagysebességű forgácsolás	3
2.2.1. A nagysebességű forgácsolás alkalmazásának tapasztalatai	3
2.3. Ultraprecíziós esztergálás	4
3. Alumíniumötvözetek forgácsolásának jellegzetességei	6
3.1. Alumíniumötvözetek forgácsolhatósága	6
3.1.1. Forgácsolási sebesség	6
3.1.2. Előtolás	7
3.1.3. Fogásmélység.....	7
3.1.4. Tapadás	7
4. Egyélű polikristályos gyémántszerszámok forgácsolási tulajdonságai.....	8
4.1. A gyémánt fizikai és mechanikai tulajdonságai	8
4.2. A gyémánt, mint forgácsoló anyag.....	10
4.3. Alumíniumötvözetek esztergálása polikristályos gyémántszerszámmal.....	10
5. Megmunkálási kísérletek.....	12
5.1. A vizsgálat célja.....	12
5.2. Kísérleti körülmények	13
5.2.1. Forgácsolási adatok.....	13
5.2.2. Megmunkált anyag	13
5.2.3. Megmunkáló gép	15
5.2.4. Forgácsoló szerszámok	17
5.2.5. Mérő berendezések	19
6. A kísérleti eredmények és kiértékelésük	21
6.1. Szerszámkopás	21

6.1.1.	Keményfém szerszám kopása	21
6.1.2.	Gyémánt szerszám kopása	22
6.1.3.	Éllekerekedési sugár vizsgálata	22
6.2.1.	A felületi érdesség elméleti értéke	24
6.2.2.	A felületi érdességi mérések	24
6.2.3.	Az előtolás hatása	27
6.2.4.	A sebesség hatása.....	30
6.2.5.	Szerszámanyag hatása.....	32
6.3.	A felületi mikrogeometriai topográfiai, háromdimenziós (3D) jellemzői.....	35
6.3.1.	Topográfiai mérések eredményei.....	37
7.	Összegzés	41
8.	Köszönetnyilvánítás	42
9.	Irodalomjegyzék.....	43

Mellékletek

1. Bevezetés

Az ipari termelés, a nagy sorozatban készülő termékek alkatrészeinek a csereszabotossága igényli a kis tűrésű alak-, helyzet-, és méretpontosságot, valamint az alkatrészek helyes működése érdekében meghatározott felületi érdességet. Általános tendencia a gépiparban, hogy a tűrések szűkülnek, a pontosság fokozódik, a felületminőség javul, melynek okai a funkcióból adódnak a kisebb zajszint, nagyobb élettartam vagy meghatározott éltartamra való tervezés, jó fényvisszaverő képesség, stb. A gépgyártásban a legnagyobb méretpontosságot, alakhűséget és a legjobb felületi minőséget a finomfelületi megmunkálásokkal érjük el, amelybe beletartozik a szabályos élgeometriájú szerszámokkal elvégzett precíziós esztergálás. A színesfémek, mint például az alumínium ötvözetek megmunkálása jelentősen könnyebb, mint a vasalapú ötvözeteké, viszont rengeteg jellegzetességgel rendelkezik, amik sokszor különleges technológiákat és szerszámokat igényelnek. A színesfémek precíziós megmunkálását például a mechatronika és a lézertechnika speciális területek fejlődése igényelte.

A dolgozatomban egy alumíniumötvözet precíziós esztergálását vizsgálom elsősorban a megmunkált felület érdessége alapján. Elvégzett technológiai kísérletek segítségével adott fogásmélység mellett az előtolás és a forgácsoló sebesség hatását elemzem a felület érdessége, keményfém és gyémánt szerszámmal végzett precíziós esztergáláskor. A gyémántszerszám éle – a gyémánt tulajdonságai következtében – jóval élesebb lehet a keményfém szerszáménál, ezért kisebb vastagságú forgács leválasztására alkalmas, ami jobb felületminőséget eredményezhet.

Munkám célja, hogy megállapítsam milyen nagyságrendű érdességek érhetők el a kétféle szerszámmal a precíziós esztergálás tartományában, és hogy kapcsolatot keressek az előtolás, a forgácsoló sebesség és a felület érdessége között a gyémánt és keményfém élű szerszámokra egyaránt.

2. Precíziós megmunkálás sajátosságai

2.1. Finom esztergálás

Napjainkban alternatívát jelenthet a palástköszörüléssel szemben, hiszen esztergáláskor folytonos forgácsleválasztás történik, amely könnyen kezelhető. Ezzel szemben a köszörüléssel nagy mennyiségű kisméretű forgács keletkezik, mely fajlagos forgácstérfogatra számítva több energiát és időt igényel, mint az esztergálás. Az ipari gyakorlatban fogaskerek bekészítő megmunkálását például finomesztergálással végzik, finomesztergálással végzik.

A munkadarab geometriai pontosságára és felületi érdességére a környezeten és a szerszámgépen kívül a megmunkálási módnak, a technológiai körülményeknek van igen jelentős hatásuk.

- A finomesztergálás technológiai paraméterei az igen kis előtolás (0,008-0,15 mm/ford.), a nagy forgácsolósebesség (600 -1000 m/min), kis fogásmélység (0,05-0,3 mm).
- A finomesztergálás gépére jellemző a nagy merevség, nyugodt járás a környezet rezgéseitől elszigetelve, a főorsó csapágy siklócsapágy vagy precíziós gördülőcsapágy, merev késtartó finombeállítással a fogásvételhez.
- A gép légkondicionált, állandó hőmérsékletű helyiségben üzemel.
- Az elérhető pontosság IT4-5, a felületi érdesség: $Ra=0,1-1,25\text{ }\mu\text{m}$, $Rz=0,5-10\text{ }\mu\text{m}$

A finomesztergálást korábban elsősorban alumínium és ötvözetek (pl.: gépjárműmotorok dugattyúi) réz és ötvözetek, bronzok, csapágyfémek és kompozit anyagok megmunkálására használták. A szerszámanyagok fejlesztése ma már lehetőséget ad acélok, edzett acélok, öntöttvasak finomesztergálására is.

A nem acél alapú munkadarabok finomesztergálása során a szerszám anyaga természetes vagy mesterséges gyémánt, amelyet forrasztással, szinterezéssel vagy mechanikusan rögzítenek a késszámba. Napjainkban a polikristályos gyémánt PKD (Poli Kristallin Diamant) váltólapkák alkalmasak a leginkább alumínium és réz precíziós esztergálására. A szerszámokat háromszög, négyszög, valamint kör alakban forgalmazzák és illeszkednek az ISO által előírt formarendszerhez. Akármilyen nagyságú PKD lapka nem készíthető el, így a váltólapkának csupán az

élközeli része mesterséges gyémánt, a többi keménymű. A lapkák normál, a keménymű lapkák befogására alkalmas késtartókba is rögzíthetők. [1]

2.2. Nagysebességű forgácsolás

A forgácsoló megmunkálás termelékenységének növelésének egyik útja a forgácsoló főmozgás és az előtolás sebességének növelése. Az 1980. évi chicagói nemzetközi szerszámgép világkiállításon jelentek meg az első olyan szerszámgépek, amelyek a nagysebességű megmunkálás gyakorlati megvalósítását jelentették. Az angol nyelvű szakirodalomban használt elnevezés a High Speed Cutting (rövidítése HSC) terjedt el a szakirodalomban. Megközelítőleg a nagy sebességű megmunkálás fogalma, hogy amennyiben a forgácsoló sebesség meghaladja $v=500$ m/min értéket, akkor nagysebességű forgácsolásról beszélünk.

A Schiffertől származó csoportosítás szerint:

- a $v < 500$ m/min sebességű forgácsolás a szokásos sebességű,
- a $v = 500 \div 10000$ m/min sebességű forgácsolás a nagysebességű és
- a $v > 10000$ m/min sebességű forgácsolás az extrém nagy sebességű megmunkálásnak nevezhető. [2]

2.2.1. A nagysebességű forgácsolás alkalmazásának tapasztalatai

A nagysebességű forgácsolás alkalmazási céljai közé sorolható a termelékenység fokozása és az átfutási idők csökkentése, a méretpontosság javítása, költséges és kézi műveletek kiváltása (pl.: köszörülés, polírozás), a szikraforgácsolás (ezen belül is elsősorban a tömbös szikraforgácsolási) műveletek kiváltása, illetve minimalizálása.

A HSC- megmunkálást elsősorban a szerszám- és süllyeszték gyártásban alkalmazzák, de egyre inkább teret kap a normál alkatrészgyártásban is, különösen a könnyű fémek és a műanyagok megmunkálása terén. Ezen belül is elsősorban nagyobb sorozatoknál és nagy bonyolultságú alkatrészek gyártásában várható jelentős térhódítása. A könnyűfémek és a műanyagok anyagjellemzőik folytán igen alkalmasak a nagysebességű forgácsolásra. Az alkalmazásra kerülő fordulatszám

elérheti az $n = 180\,000\text{ min}^{-1}$ értéket és a forgácsolási sebesség akár $v = 7\,000\text{ m/min}$ is lehet.

A jelenleg már alkalmazott forgácsolási teljesítmények összehasonlítását szemléltető 2. táblázat adataiból leolvasható, hogy a hagyományos megmunkáláshoz képest a HSC- megmunkálással mintegy ötszörös anyagmennyiséget lehet leválasztani.

Annak köszönhetően, hogy a nagy forgácsolási és előtolási sebesség mellett az egyes szerszámélek kisebb vastagságú forgácsot választanak le, nemcsak a forgácsolási teljesítmény növekszik meg ugrásszerűen, hanem a kialakuló felület felületi minősége is jelentősen jobb lesz, mint a hagyományos megmunkálásnál. A felület megközelítheti, sőt el is érheti a köszörült felületi minőséget, ezzel az igen költséges köszörülési művelet egyes esetekben elhagyható. Különös jelentőséggel bír az a tény, hogy ezzel a módszerrel akár edzett, kemény (pl. 62 HRC keménységű) acélból készült munkadarabok megmunkálása is lehetséges. Az újonnan létesített üzemekben már megjelent a „keménymegmunkálás” fogalom, illetve üzembrész is. [2]

Alkalmazási területek:

- Szerszámgyártás (edzett szerszámacélok, réz, öntöttvas, alumínium, grafit),
- Kisméretű alkatrészek gyártása,
- Repülőgép alkatrészek gyártása (alumínium, rozsdamentes acél),
- Járműipari alkatrészek gyártása (alumínium, öntöttvas, acél),
- Elektronikai ipar alkatrészeinek gyártása (alumínium, réz),
- Orvosi műszergyártás (rozsdamentes acélok, titán),
- Edzett, kemény anyagok (akár 62 HRC keménységű anyagok) megmunkálása,
- Prototípusgyártás (alumínium, műanyagok) [2]

2.3. Ultraprecíziós esztergálás

Már a 17. században készítettek rézből tükröket üveg és porcelán kísérleti célból történő megolvasztására, továbbá csillagászati tükörteleszkópok számára. Emanuel Maignan 1648-ban már olyan esztergát szerkesztett, amivel hiperbolikus fémtükröket lehetett esztergálni. A fémtükrök készítése terén az igazi fejlődés

azonban csak 1945 után következett be, amikor szerszáméiként természetes gyémánt egykristályt kezdtek alkalmazni. Az ultraprecíziós technika gyors fejlődését a teljesítménylézerek kifejlesztése, valamint az infravörös optika elterjedése ösztönözte. Fémtükrök számára jól reflektáló anyagokat (réz, alumínium, nikkel, arany, ezüst, platina) alkalmaznak. Az infravörös tartományban jó áteresztőképességgel rendelkező anyagok (germánium, szilícium, galliumarzenid, cinkszelenid, magnéziumfluorid stb.) a megfelelőek. Egyéb optikai elemeket (pl. beültethető szemlencse, kemény kontaktlencse stb.) műanyagokból (PMMA, polisztirol, nylon stb.) készítenek. A berendezések hatásfokának javítása az optikai felületektől 1 mikrométer alatti megmunkálási pontosságot, néhány tucat esetleg néhány tíznanométeres átlagos érdességet igényel. Ilyen pontos felületeket csak rendkívül kicsi (mikrométer körüli mérettartományba eső) forgácsolások beállításával lehet szabályos élgeometriával rendelkező szerszámmal előállítani. Ezért ezeket a megmunkálásokat szubmikronos megmunkálásoknak, ultraprecíziós megmunkálásoknak, nanotechnológiának, mikroforgácsolásnak stb. is nevezik. A legfontosabb alkalmazási területeket az 1. táblázat foglalja össze. [2]

Alkalmazási terület		Anyag	Követelmény
Fényvisszaverő optikai elemek (tükrök)	Scanner a megmunkáló lézerekhez.	alumínium, réz, arany, nikkel, ezüst, platina, molibdén	Reflexió: 98%
	Sík-és parabolatükrök a megmunkáló lézerekhez.		Alakpontosság: 0,2...0,01 μm
	Fénymásoló és lézer nyomtató dobok.		Érdesség: $R_a \approx 0,005 \mu\text{m}$
Áteresztő optikai elemek (lencsék)	Fresnel lencse.	Optikai műanyagok, Germánium, Szilícium, GaAs, ZnSe, ZnS	Alakpontosság: 0,2...0,01 μm
	Germánium lencse.		Érdesség: $R_a \approx 0,002 \mu\text{m}$
	Napelemek lencsái.		
	A lézersugarak fókuszáló és kiléptető lencsái.		
Mechanikai elemek, alkatrészek	Mágn. merev adattárolók (hard diszk).	alumínium, nikkel, réz, sárgaréz	Alakpontosság: 0,5...0,1 μm
	Video rekorderekhez szalagvezető görgők.		Érdesség: $R_a \approx 0,01 \mu\text{m}$
	Légcsapágyazás alkatrészei.		
	Vákuumtömítések.		
	Részecskegyorsítók elektródái.		

1. táblázat Az ultraprecíziós megmunkálások alkalmazási területei [2]

3. Alumíniumötvözetek forgácsolásának jellegzetességei

3.1. Alumíniumötvözetek forgácsolhatósága

Az alumíniumötvözetek szilárdsága viszonylag kicsi, hőtani jellemzői kedvezőek, így jól forgácsolhatóak. Kivétel a színalumínium, amelyet nagy képlékenysége miatt nehéz megmunkálni. Az öntött ötvözetek, amelyeknek a szívóssága kisebb, általában jobban forgácsolhatóak. Az alakítható ötvözetek közül a közepes keménységűek forgácsolhatók a legjobban, a lágyakat a nagy képlékenység, a keményeket pedig a koptatóhatás miatt nehezebb megmunkálni.

A korszerű, jól élezett, finom felületminőségű szerszámokkal az alumíniumok többsége megmunkálható megfelelő forgácsolási adatok és hűtő-kenő folyadék alkalmazásával. Az optimális megoldást azonban a speciálisan alumíniumhoz való szerszámok adják. Ezek kevésbé érzékenyek a forgácsolási körülményekre, maximális termelékenységre képesek, nem kell tartani az anyag feltapadásától és a forgács elvezetési problémától. [4]

3.1.1. Forgácsolási sebesség

Az alumínium forgácsolásánál kisebbek a forgácsoló erők, mint a vasalapú ötvözeteknél és lényegesen nagyobb forgácsolási sebesség engedhető meg, mint az acélnál, vagy az öntöttvasnál.

A fémek optimális forgácsolási sebességét elsősorban a hőtani jellemzők határozzák meg. Az alumínium forgácsoláskor lényegesen alacsonyabb hőmérsékletre hevül, mint az acél, de tekintettel az alacsonyabb olvadáspontjára, esetenként már az alacsonyabb hőmérséklet is gondot okozhat.

Az alumínium-ötvözeteknél az alkalmazható forgácsolási sebesség az acélokénak a sokszorososa lenne, de a bennük levő, rideg csiszolóanyagként viselkedő alumínium-oxidok miatt valójában csak 4- 8-szoros.

Különbséget kell tenni a homokformába és a kokillába öntött ötvözetek között, egyrészt a hűlés, másrészt a felületi réteg különbsége miatt. Ez utóbbi a lényegesebb, mert a felületbe tapadó homokszemek a szerszám élet erősen koptatják. [3]

3.1.2. Előtolás

Az előtolás ne legyen túl kicsi nagy sebességnél sem, mert a vágás helyetti dörzsölés túlmelegedéshez és gyors szerszámkopáshoz vezet és rossz felületminőséget okoz. [3]

3.1.3. Fogásmélység

A megengedhető fogásmélység határértéke is jóval nagyobb alumíniumnál, mint acél, vagy öntöttvas esetében. Ez részben a szerszám kisebb éltelhelésével magyarázható (az alumíniumötvözetek forgácsolásához negyedakkora erő kell, mint az acélokhöz), másrészt azzal, hogy az alumíniumötvötek megmunkálásakor a forgácsoló rezgéskeltő hatása csekély. Kedvező a rezgés bekövetkezésének határ-fogásmélysége is, amelynél az előtolás/fogásmélység aránydöntő szerepet játszik. [3]

3.1.4. Tapadás

A forgácsolás során az egyik probléma az alumínium tapadása a szerszámra. Olyan nagy forgácsolási sebességnél, amelynél már nincs élrátét a szerszámmal érintkező anyag vékony rétege a magas hőmérséklet hatására meglágyul. Ezt az anyagot a nyomás kiszorítja az érintkezési övezetből, ahol aztán újra megdermed. Így a forgácshoz hasonló képződmény jön létre, amely szilárdan a szerszámra tapad. Főleg a hátlapon keletkezik, a forgácsleválasztás hőjéhez a súrlódási hő is hozzáadódik. Ez a munkadarab túlhevüléséhez, végeredményben igen rossz felületminőséghez vezet.

E probléma kiküszöbölésére éles, pozitív homlokszögű, finom felületminőségű szerszámok szolgálnak. Az érintkezési felületnek minél kisebbnek kell lennie, ezt a célt szolgálja a keskenyebb élszalag, vagy a ritkított fogú menetfűrő. [3]

4. Egyélű polikristályos gyémántszerszámok forgácsolási tulajdonságai

4.1. A gyémánt fizikai és mechanikai tulajdonságai

Az atomok közötti kovalens kötések és a kristályszerkezet következtében a gyémánt a legkeményebb valamennyi ásványi és szerszámanyag közül. A keménysége, s így a kopással szembeni ellenállása függ a kristálytani iránytól, vagyis a gyémánt egykristály anizotróp. A, különböző irodalmak a gyémánt keménységét 9000-10000 HV ill. 57-104 GPa Knoop keménységben adják meg. Keménysége kb. kétszerese a bórnitridének és 3-10-szerese a különféle kerámiáknak, ill. keményfémeknek.

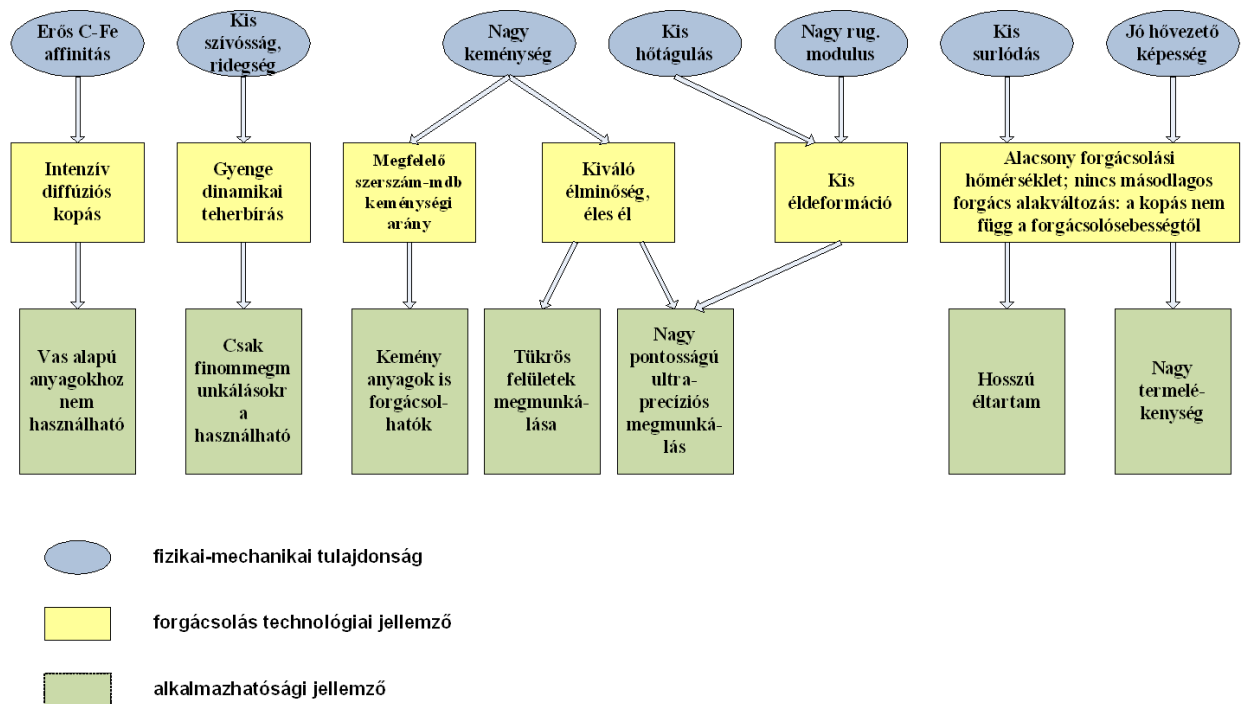
A gyémántforgácsolási tulajdonságait vizsgálva először extrém keménységét kell kiemelni melyből rendkívüli kopásállósága következik. A természetes gyémántkések mikrotöredezesek miatt kopnak el. Nagy keménysége miatt a mesterséges gyémánt szerszámok kemény anyagok forgácsolására is alkalmasak. Természetes gyémántot ritkán alkalmaznak kemény anyagok forgácsolására kis hajlítószilárdságuk miatt.

Forgácsolási szempontból ugyancsak nagy jelentőségű a gyémánt jó hővezetőképessége és a különféle anyagokkal alkotott igen kis súrlódási tényezője. Súrlódási tényezője annál kisebb, minél tömörebb a gyémánt, ezért a monokristály súrlódási tényezője kisebb a polikristályosénál. A jó hővezetőképesség nagy forgácsolási sebességek mellett is alacsony megmunkálási hőmérsékletet eredményez. Színesfémek, üvegszálak műanyagok és kerámia forgácsolásakor a hőmérséklet nem haladja meg a 200-400 °C-t, ezért a gyémánttal végzett esztergálást szokás "hideg" esztergálásnak is nevezni.

A kis súrlódási tényező és a jó hővezetőképesség miatt nem tapasztalható a forgács másodlagos alakváltozása, aminek következtében a szerszám és a forgács érintkezésénél a külső súrlódás dominál. A forgácsoló sebesség növelése gyakorlatilag nincs, a nyomás pedig alig van hatással a súrlódási tényezőre.

A gyémánt kis hőtágulási együtthatója és nagy rugalmassági modulusa azt eredményezi, hogy forgácsoláskor az él deformációja kicsi, így pontos mérettartást, nagy megmunkálási pontosságot tesz lehetővé. Nagy keménysége következtében a gyémánton készíthetők a legfinomabb működő felületek és a "legélesebb"

szerszámél, aminek következtében különösen alkalmas a kenődésre hajlamos színesfém ötvözetek ultraprecíziós megmunkálására. Az egykristály mindig élesebbre élezhető, mint a finomszemcsés szerkezetű polikristály, viszont jóval ridegebb annál, ezért a monokristály fő alkalmazási területe az ultraprecíziós "tükör" megmunkálás, míg a PCD szerszámé a keményanyagok és színesfémek finomesztergálása. [5]



1. ábra: A gyémántfizikai-mechanikai, forgácsolás-technológiai és alkalmazási jellemzői [5]

A gyémánt alkalmazhatóságának egyik legnagyobb korlátja, hogy vas alapú anyagok forgácsolására nem használható. Ez a gyémánt alkotóelemének, a karbonnak és a vasnak egymás iránti nagy kémiai affinitásával magyarázható, aminek eredményeként Fe tartalmú anyagok forgácsolásakor igen erőteljessé válik a gyémánt diffúziós kopása. A gyémántszerszámok másik jelentős korlátja a ridegségük, amit a poli-blokkszerszámoknál a keményfém hordozóréteggel próbálnak javítani. A 1. ábra szemléltetésként összefoglaltuk a gyémánt legjellemzőbb fizikai-mechanikai tulajdonságait és az ezekből eredő forgácsolástechnológiai és alkalmazási jellemzőit. [5]

4.2. A gyémánt, mint forgácsoló anyag

A természetes és mesterséges gyémántból készült határozott élő szerszámok ma már az ipar szinte valamennyi területén megtalálhatók. Elsősorban nem vas alapú kemény anyagok (kerámia, üveg, keményfém, kompozitok) ill. "lággy" színes- és könnyűfémek megmunkálására használják. A gyémántot egyedülálló fizikai-mechanikai tulajdonságai teszik az egyik legkiválóbb forgácsoló élananyagga, e tulajdonságait pedig kristályszerkezetének köszönheti. [5]

4.3. Alumíniumötvözetek esztergálása polikristályos gyémántserszámmal

Általánosságban elmondható, hogy a forgácsolással megmunkált alumíniumötvözetek felületi érdessége jobb, mint pl. a hasonló körülmények között megmunkált acél anyagoké. A határozott élő szerszámmal megmunkált alumíniumötvözetek érdességének gyakran kiemelt szerepe van, mivel az alumíniumötvözetek köszörülését, ha lehet, célszerű elkerülni, ún. tükör felületek pedig nem is állíthatók elő határozatlan élő szerszámokkal. [5]

Finomesztergálásról, vagy kis keresztmetszetű esztergálásról akkor beszélünk, ha a leválasztott forgácskeresztmetszet (f_x ap) a következő előtolás és fogásmélység intervallumokba esik:

- $f = 0,01-0,1$ mm/fordulat
- $a = 0,02-0,2$ mm

Miközben alumíniumötvözetek esztergálásakor az alkalmazott forgácsolósebesség $v_c = 300-3000$ m / min.

Alumíniumötvözetek kiskeresztmetszetű esztergálást a következők jellemzik:

A forgácsoló erők rendkívül kicsik, PCD szerszám esetén legtöbbször nem érik el a 10N nagyságrendet sem. A mélyítő irányú erő nagysága (F_p) nagyobb lehet a főforgácsoló erőnél (F_c). Ez különösen kis forgácsvastagságoknál lehetséges.

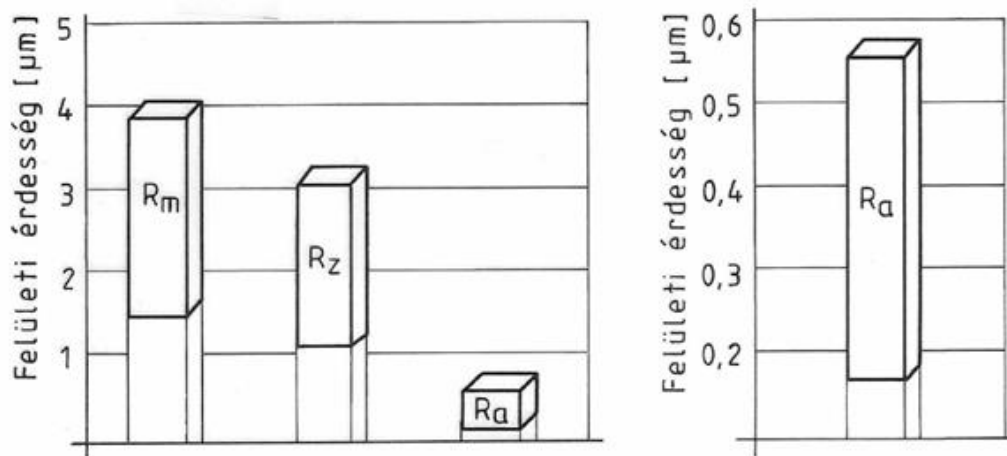
A szerszámok kopása még Si tartalmú ötvények esetén is rendkívül kicsi, alakítható ötvözeteknél szinte nem észlelhető, ezért kopási kritériumként a megmunkált felület érdességét szokták választani. A megmunkált felület érdessége kiemelt tényező a kiskeresztmetszetű esztergálásban, hiszen általában egyik legfőbb cél a megfelelő felület biztosítása, s a felületminőség leromlása utal

legtöbbször a szerszám kopására is. Alumíniumötvözetek PCD szerszámmal végzett finomesztergálásakor az irodalmak $R_m = 1-10 \mu\text{m}$ $R_a=0,1-0,5 \mu\text{m}$ értékekről számolnak be. Szélsőséges esetekben, speciális gépek és befogó eszközök alkalmazása mellett ennél egy nagyságrenddel kisebb értékek is elérhetők.

Alumíniumötvözetek PCD szerszámmal végzett finomesztergáláskor általában folyó forgácsot kapunk, kellemetlen "gubancos" alakban, melynek eltávolítása nehézkes. Különösen kedvezőtlen lehet a forgács alakja azért, mert forgácsörök kialakítása a gyémánt dolgozóreszen nem lehetséges. Viszonylag kedvező forgácsalakok a nagy sebességek és kis előtolások tartományában kaphatók.

Élratét képződéssel vagy a másodlagos forgács létrejöttével a gyémántnak a színesfémekkel alkotott igen kis súrlódási tényezője és kiváló hővezetőképessége következtében nem kell számolnunk még szárazon végzett forgácsolások esetén sem.

A 2. ábra AlMgSi1 alumínium ötvözet polikristályos gyémántszerszámmal végzett esztergálási kísérleteinek eredménye láthatók. [5]



2. ábra: A technológiai paraméterek változtatásával elért érdességi mérőszámok intervallumai alumínium ötvözet gyémántszerszámmal végzett esztergálásakor [5]

Az elmondottak alapján a polikristályos gyémánt szerszám az egyik legkiválóbb élananyag a színesfémek határozott élő szerszámokkal végzett megmunkálásához, mellyel, nagy termelékenységgel, minimális szerszámkopások mellett rendkívül jó felületminőségek érhetők el. [5]

5. Megmunkálási kísérletek

A kísérletsorozatot az AlSi1MgMn alumíniumötvözetten keményfém szerszámmal és gyémántszerszámmal végeztem el ugyan azokon a sebességeken, előtolásokon és kísérleti körülmények között. A szerszám éltartam és a forgácsoló erők vizsgálatán túl, a megmunkálásokat általában a megmunkált felület minőségével jellemzik. A felületminőség a megmunkált felület alakeltéréseivel, érdességével és hullámosságával, illetve a felület alatti rétegek különböző tulajdonságaival jellemezhető. Az alakhiba a megmunkált darab valóságos felülete és az előírt felület közötti különbség. A hullámosság ismétlődő felületi egyenetlenség egy hosszabb távon, amelynél a hullámhossz a hullám mélységéhez viszonyítva nagy. Az érdesség a megmunkált darab valós felületén található mikroszkopikus térközű felületi egyenetlenség, amellyel a továbbiakban foglalkozok bővebben. A hagyományos forgácsoláshoz képest a precíziós forgácsolásnál az előírások szorosabb határok közé esnek, ezért úgy döntöttem vizsgálataimat a legfontosabb felületminőségi paraméterek mikrogeometriai jellemzői alapján tanulmányozom, mint például az R_a átlagos érdesség és az R_z egyenetlenség- magasság.

5.1. A vizsgálat célja

Céлом megállapítani, hogy milyen nagyságrendű érdességek érhetők el a keményfém- és gyémántszerszámmal egy képlékenyen alakítható alumíniumötvözetnél a precíziós esztergálás tartományában és hogy kapcsolatot keressek az előtolás, a forgácsoló sebesség és a felület érdessége között a gyémánt és keményfém élű szerszámokra egyaránt.

Munkám során megvizsgálom, hogy egy az iparban is előfordulható CNC esztergagépen milyen érdességi jellemzők, felületminőség érhető el alumíniumötvözet keményfémszerszámmal és gyémántszerszámmal végzett esztergáláskor. Elemezni kívánom továbbá azt is, hogyan befolyásolják a technológiai adatok (vc- forgácsoló sebesség, ap- fogásmélység, f- előtolás) a megmunkált felületek érdességét. Ezeken kívül megvizsgálom még az éllekerekedési sugárnak az érdességre gyakorolt hatását, valamint a keményfém- és a gyémántszerszámon létrejövő kopásokat is.

5.2. Kísérleti körülmények

A precíziós forgácsolási kísérletsorozatot megmunkálását a Miskolci Egyetem Gyártástudományi Intézet műhelyében az OPTItum S600 CNC esztergagépen, illetve a megmunkált felületek érdességének mérését a Gyártástudományi Intézet egyik laboratóriumában az AltiSurf 520 háromdimenziós felülettópográfiai berendezésen végeztem el.

5.2.1. Forgácsolási adatok

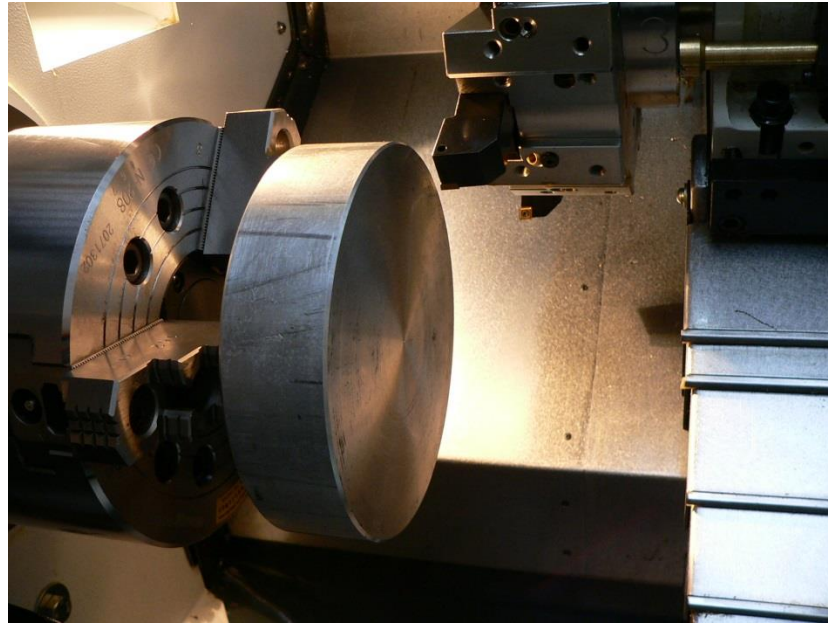
A precíziós esztergálásnál

- a forgácsolósebességet 1800-2600m/min tartományban 400 m/min lépésenként változtattam,
- az előtolást 0,003; 0,005; 0,015; 0,025; 0,035 és 0,045 mm/fordulatnak vettem fel,
- és a fogásmélységet 0,05mm állandó értéknek határoztam meg.

A fogásmélység minden esetben állandó volt. A beállított előtolások a pontosságát az esztergagép vezérlése biztosította a kétféle szerszámanyagnak megfelelő precíziós forgácsolás feltételek szerint. A forgácsolási sebességek az OPTItum S600 CNC esztergagép vezérlési adottságainak és a precíziós forgácsolás követelményeit figyelembe véve lettek beállítva.

5.2.2. Megmunkált anyag

A precíziós esztergálás során a megmunkált anyag az AlSi1MgMn minőségű nemesíthető, képlékenyen alakítható alumíniumötvözet. A 3. ábrán a Gyártástudományi Intézet OPTItum S600 CNC esztergagépébe befogott, AlSi1MgMn alumíniumötvözetből készült próbatestet látunk.



3. ábra AlSi1MgMn alumíniumötvözet a CNC megmunkáló gépbe befogva

AlSi1MgMn (régi AlMgSi1) – EN AW 6082 T6:

Vegyi összetételénél az Si és az Mg jelenlétében Mg_2Si fázisként válik ki a szilárd oldatból. Vegyi összetétele a 2. táblázatban látható.

Ötvözet	Vegyi Összetétel [%]						
Jele	Al	Si	Cu	Mn	Fe	Zn	Ti
AlSi1MgMn	0,6- 1,0	0,8-1,2	-0,1	0,2- 0,1	-0,5	-0,2	-0,2

2. táblázat AlSi1MgMn alumíniumötvözet vegyi összetétele [6]

Az edzéssel túlhűtött fázisból a megeresztés során az Mg_2Si kiválása GP zónaképződéssel indul és egy metastabil fázison keresztül igen finom diszperz eloszlású második fázis jön létre, mely az ötvözet szilárdsági tulajdonságait javítja. A megeresztés szobahőmérsékleten is végbemehet. [5]

Az AlSi1MgMn alumíniumötvözet már edzhető állapotban biztosítja az alumínium lemeznek a közepesnél magasabb mechanikai szilárdságát. Ezzel a hajlíthatósága ugyan romlik, de a forgácsolhatósága, polírozhatósága felülmúlja a nem edzhető típusú alulemezeket. Közepesnél nagyobb szilárdsága képessé teszi nagyobb terhelésre méretezett gépalkatrészek gyártására. Menettűrése főképp zsákfuratos

lapok gyártásánál mutatkozik meg. Védőgáz alatt, AlSi5-adalékkal hegeszthető, de gyors hűtés esetén hideg repedésre hajlamos.

Felhasználási köre: a gépipar minden területe, egyedi gépgyártás, hajóipar (anticorrosional), ahol fontos a korróziállóság; pneumatikus egységek belső alkatrészei; szivattyúalkatrészek, szivattyúházak.

Megmunkálhatósága: hagyományos és CNC-gépeken HSS és HM szerszámokkal egyaránt könnyedén megmunkálható, bár esztergálásnál folyó (spirál) forgácsot ad, amely nehezíti az automata gépeken történő forgácsolást. Összességében könnyen és gyorsan lehet vele dolgozni. [6]

5.2.3. Megmunkáló gép

A precíziós esztergálást a Gyártástudományi Intézet műhelyében OPTIturn S600 CNC esztergagép végeztem el, melyet a 4. ábra mutat. Az esztergagép fontosabb műszaki paraméterei az alábbiak:



4. ábra OPTIturn S600 CNC esztergagép

Esztergagép OPTIturn S600 CNC

- Siemens 828 Basic T CNC vezérlés
- Ferde nehéz öntvény ágy 30°-ban döntött, nagy megmunkálható átmérőhöz
- Hidraulikus tokmány, kemény illetve puha tokmánypofával
- Pontosan megtervezett lineáris vezetékek, a maximális statikus és dinamikus merevség elérése céljából
- Megerősített duplán csapágyazott golyósorsók
- Szegnyereg hidraulikus mozgatású orsóhüvellyel
- Kézi működtetésű szerszámbemérő alapfelszereltség

Elektromos bemenet:

- Hálózati teljesítmény felvétel 25 kW 400 V ~50 Hz
- Főorsó motor teljesítménye 12 kW
- A hűtővíz-szivattyú teljesítménye 450 W, melynek tartály ürkapacitása 140 liter
- Hidraulikus rendszer motor 1.5 kW, melynek tartály ürkapacitása 60 liter

Gépadatok:

- Csúcsmagasság 240 mm
- Csúcs távolság 990 mm

Főorsó

- Főorsó fordulatszám (2 lépésben) 4 000 f/p
- Orsófurat 75 mm,
- Hidraulikus eszterga tokmány átmérő 215 mm

Szerszám cserélő

- Befogás típusa: Hidraulikus,
- Szerszámok száma 12
- Szerszám maximális magassága × szélessége 25 x 25 mm
- Szerszám maximális átmérője 32 mm

Elmozdulás

- Ismétlési pontosság: 0.005 mm
- Helyzetpontosság: ± 0.005 mm
- X-tengely úthossz: 215 mm
- Z-tengely úthossz: 520 mm

Szegnyereg

- Szegnyeregkúp MT 4
- Szegnyereg úthossza 370 mm
- Szegnyereg-orsó átmérője 65 mm
- Szegnyereg-orsó hidraulikus elmozdulása 50 mm

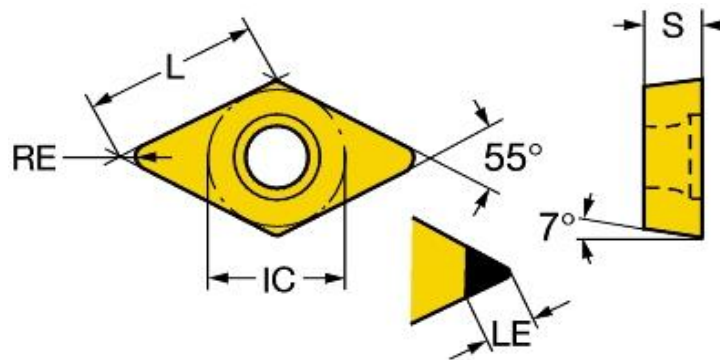
Méretetek:

- Hossz × szélesség × magasság 2322 x 1948 x 1930 mm
- Összsúly 3200 kg

5.2.4. Forgácsoló szerszámok

Az esztergálási kísérletekhez használt lapkák:

- Gyémánt dolgozórészű szerszám (5. ábra DCMW11T304FP CD10 eszterga lapka), jellemző értékeit a 3. táblázat mutatja be.

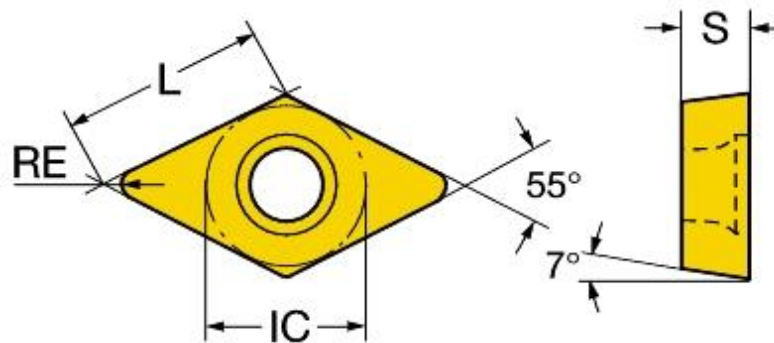


5. ábra DCMW11T304FP CD10 eszterga lapka [9]

Forgácsoló él hossz (L):	11.6279 mm
Lapka vastagsága (S):	3.96875 mm
Beírható kör átmérő (IC):	9.525 mm
Forgácsoló él tényleges hossz (LE):	4.1 mm
Csúcssugár (RE):	0.4 mm
Rögzítési furat átmérő:	4.4 mm
Szerszámstílus kód:	DCMW..FP
Anyagminőség:	CD10

3. táblázat DCMW11T304FP CD10 eszterga lapkajellemző értékei [9]

- Keményfém dolgozórészű szerszám (6. ábra DCMW 11 T3 04 H13A eszterga lapka6. ábra DCMW 11 T3 04 H13A eszterga lapka) jellemző értékei a 4. táblázat mutatja be.



6. ábra DCMW 11 T3 04 H13A eszterga lapka [9]

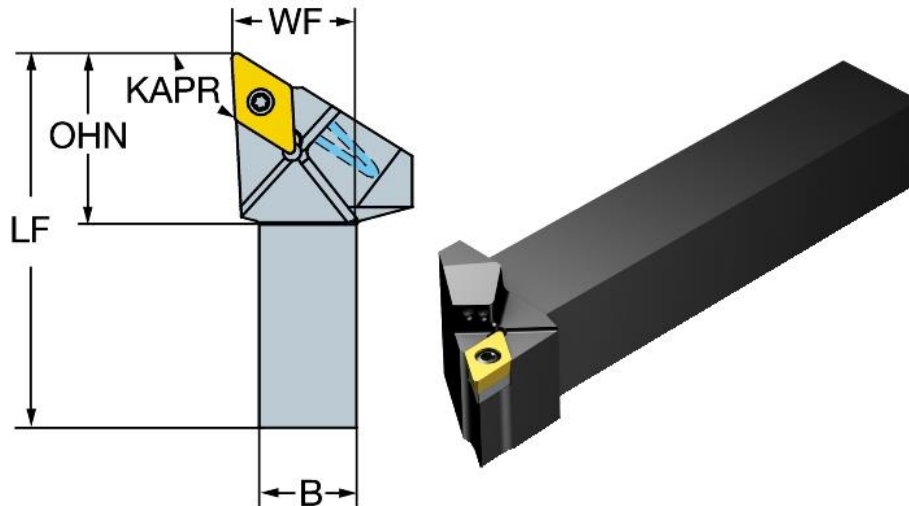
Forgácsoló él hossz (L):	11.6279 mm
Lapka vastagsága (S):	3.96875 mm
Beírható kör átmérő (IC):	9.525 mm
Csúcssugár (RE):	0.4 mm
Rögzítési furat átmérő:	4.4 mm
Szerszámstílus kód:	DCMW
Anyagminőség:	H13A

4. táblázat DCMW 11 T3 04 H13A eszterga lapka jellemzőértékei[9]

Mindkét lapkának a befogásához ugyanazt a készszárat használtam a könnyebb befogás érdekében. A SDJCR 2020K 11HP jelű készszár a 11. ábrán láthatjuk és a készszár jellemző értékeit az 5. táblázat mutatja.

OHN	Minimum kinyúlás:	28 mm
KAPR	Szerszámforgácsoló élszöge:	93 deg
LF	Funkcionális hossza:	125 mm
WF	Funkcionális szélessége:	25 mm
B	Szárszélesség:	20 mm

5. táblázat A készszár jellemző értékei [9]



7. ábra SDJCR 2020K 11HP jelű készsár
esztergáláshoz[9]

5.2.5. Mérő berendezések

A megmunkált felületek érdességének mérését a Gyártástudományi Intézet érdességmérő laboratóriumában végeztem el a 9. ábrán látható AltiSurf 520 háromdimenziós felülettopográfiai berendezésen.



8. ábra AltiSurf 520 háromdimenziós felülettopográfiai berendezés

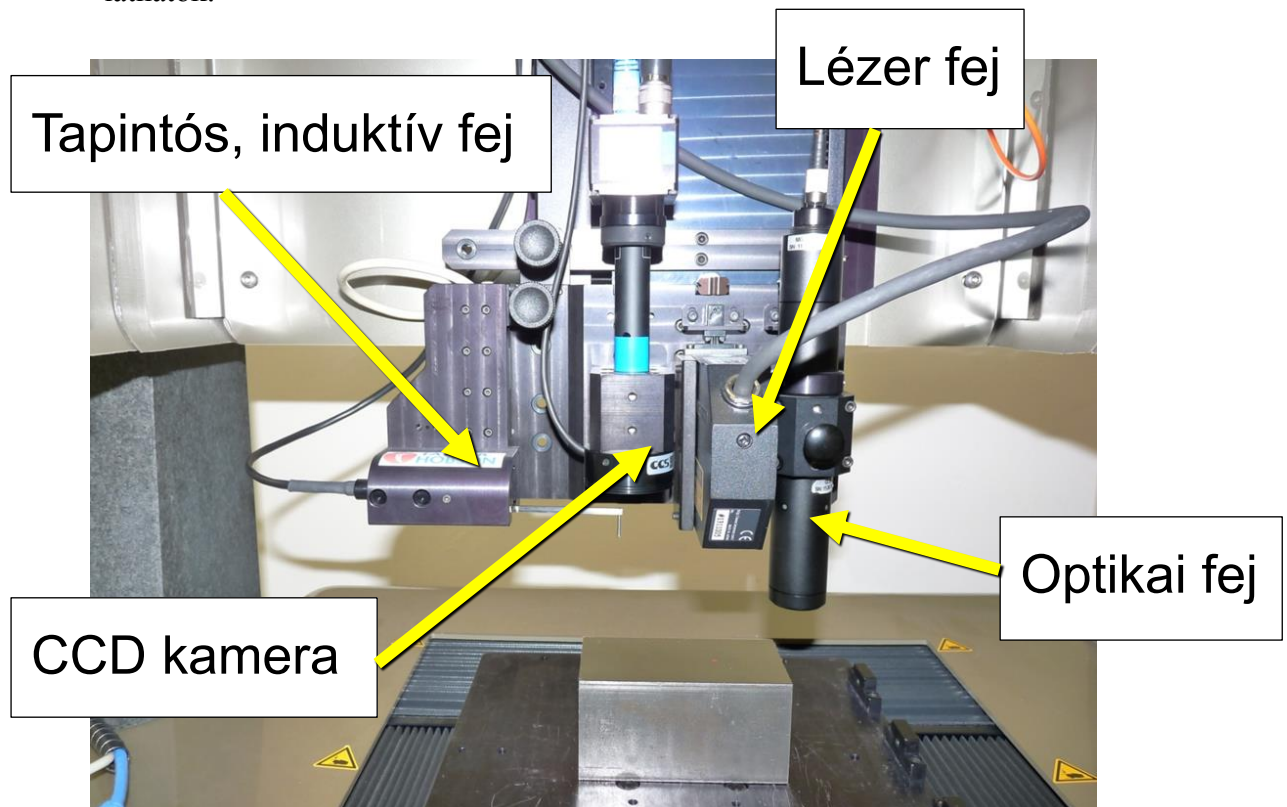
A berendezésen 3 mérési mód közül lehet választani:

Gyémánttűs induktív fej: $2\text{ }\mu\text{m}$ csúcsrádiusz diamond stylus tip, melynél a függőleges felbontás $0,2\text{--}4\text{ }\mu\text{m}$ és a vízszintes felbontás $4\text{ }\mu\text{m}$.

LK-G32 lézeres mérőfej, melynek függőleges felbontása $1\text{--}3\text{ }\mu\text{m}$.

CL2 optikai konfokális fej, aminek függőleges felbontása $0,012\text{ }\mu\text{m}$ maximálisan

A 9. ábra a AltiSurf 520 háromdimenziós felülettopográfiai berendezés egységei láthatók.



9. ábra AltiSurf 520 háromdimenziós felülettopográfiai berendezés egységei

6. A kísérleti eredmények és kiértékelésük

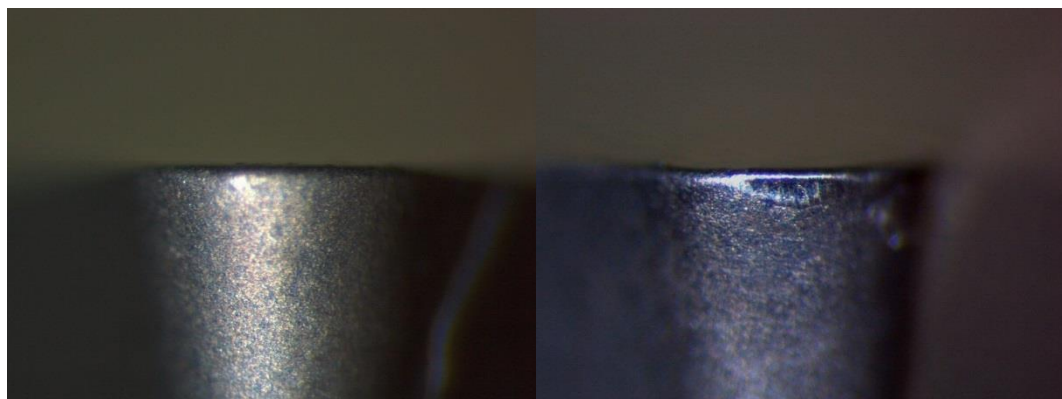
Az esztergálás leglényegesebb jellemzői a megmunkált felület mikrogeometriai jellemzői, a szerszáméltartam vagyis a szerszámkopás, a forgácsolóerők és a forgács alakja. Kísérletsorozatomban alumíniumötvözet precíziós esztergálása, vagyis a megmunkált felület érdessége kiemelt jelentőséggel bír, így vizsgálataim során nagyrészt a felületminőséget tanulmányoztam. Emellett a szerszámkopással kapcsolatban az alábbiakban leírom néhány észrevételemet.

6.1. Szerszámkopás

A szerszám kopását a DCMW11T304FP CD10 jelű gyémánt és a DCMW 11 T3 04 H13A jelű keményfém lapkára vizsgáltam, melyekkel az AlSiMgMn alumíniumötvözetet munkáltam meg.

6.1.1. Keményfém szerszám kopása

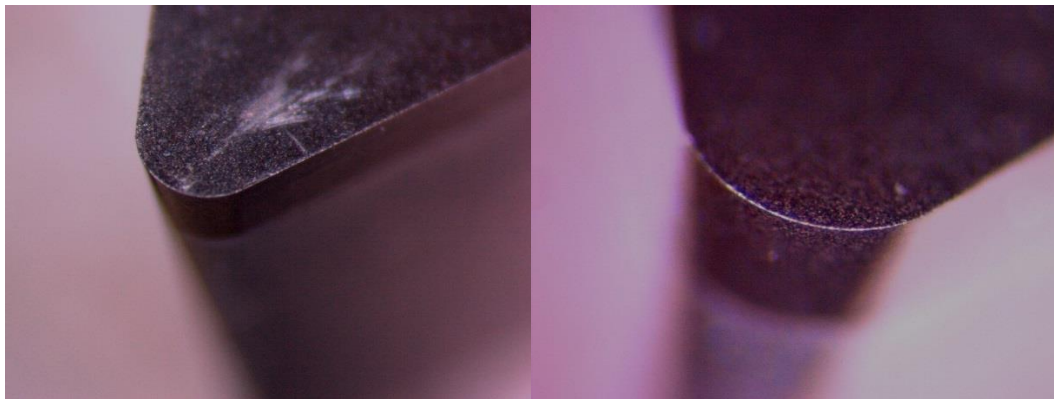
A keményfém szerszám esetében a szerszám kopását döntően a megmunkált felület anyaga határozta meg, mivel a lágyabb és képlékenyebb alumíniumötvözet részecskéi kissé felrakódhatnak a szerszám élére, ezzel minimálisan védik az élt a kopástól. Ennek ellenére a kísérletek elvégzése után már mikroszkópos felvételeken látszik a kopás mértéke. A 10. ábra mutatja a keményfémszerszám forgácsolás előtti (bal oldal) és forgácsolás utáni (jobb oldal) állapotát.



10. ábra Keményfém szerszám forgácsolás előtt és után

6.1.2. Gyémánt szerszám kopása

A gyémánt szerszám esetében több óra megmunkálási idő után sem észlelhetünk a mikroszkópos felvételeken számottevő kopásnyomokat. A 11. ábra mikroszkópos felvételein a bal oldali a megmunkálás előtti, a jobb oldali a megmunkálás utáni állapotot mutatja. Az elvégzett vizsgálatok megerősítik azt a megállapítást, hogy a gyémánt dolgozórésszű szerszámok szerszám éltartama könnyűfémötvözetek megmunkálásánál a nagyban felülmúlják a keményfémszerszámok éltartamát. A két szerszám közötti éltartam különbség bizonyos esetekben napokban vagy esetleg hetekben is mérhető a technológiai adatok és a megmunkálási körülményektől függően.



11. ábra Gyémántszerszám forgácsolás előtt és után

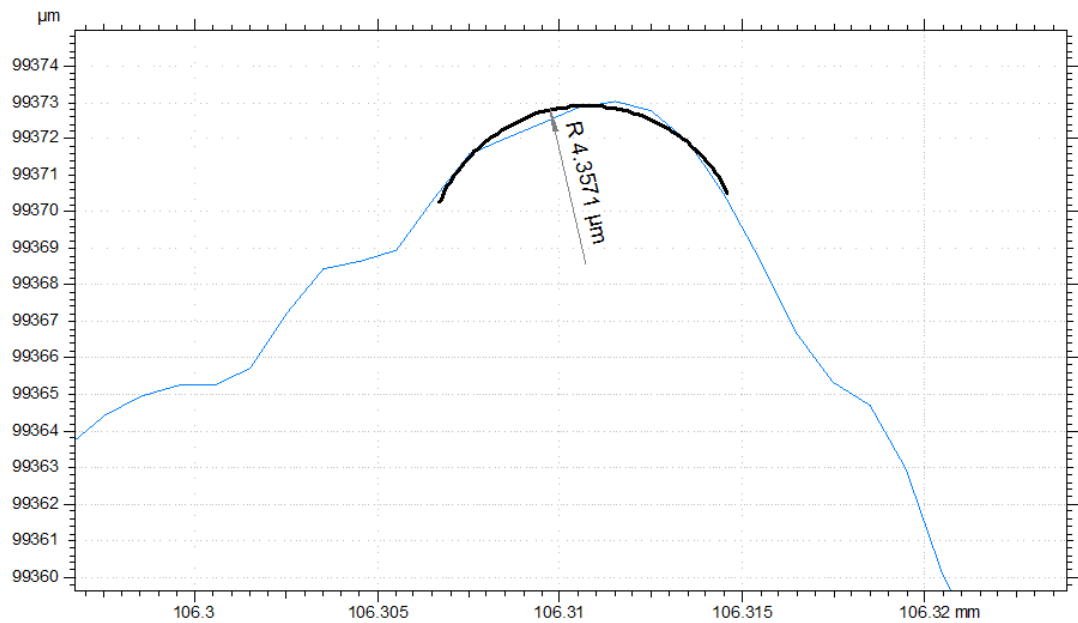
6.1.3. Éllekerekedési sugár vizsgálata

A forgácsoló él lekerekedése, a szerszám készítése során, a szerszámanyag és a szerszám köszörülését végző szemcse kölcsönhatásaként kialakuló spontán jelenség, amelyet nagyban befolyásol a szerszám anyagrészecskéinek mérete (kisebb méret esetén kisebb az éllekerekedés is) és kohéziója (nagy kohéziós erő kisebb éllekerekedéssel jár együtt). A köszörülést végző szemcse mérete és keménysége is hat az élre: kisebb méretű és keményebb szemcse nyilvánvalóan kisebb éllekerekedést okoz.

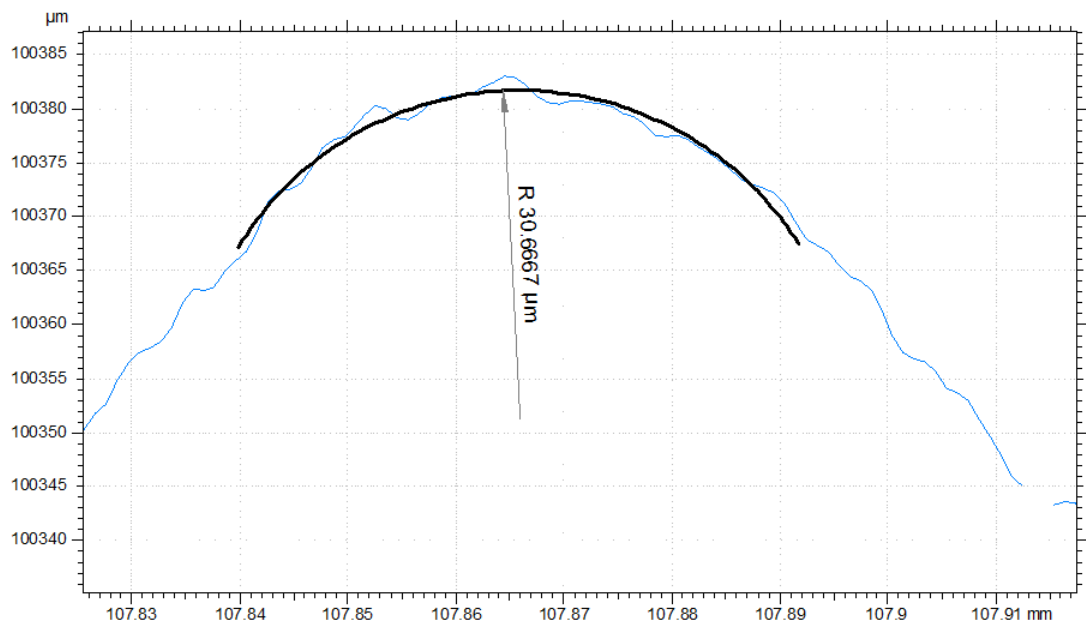
A forgácsolóél rétegtulajdonságai az élezési művelet végrehajtása közben alakulnak ki a köszörülést végző szemcse és a szerszámanyag között. Ezen jellemzők meghatározó szerepűek a forgácsolási folyamatban a szerszám tartós viselkedésére, így módon nem csak a szerszám élettartamára, de a művelet számos minőségi és gazdasági jellemzőjére (költségek alakulása, a termelékenység elérhető szintje stb.)

is kihatnak. A forgácsolóél r_n (μm) éllekerekedési sugarát (lekerekedését vagy lekerekítését) mindig a szerszám normál metszetében mérik. [7]

A kísérlet sorozatomban felhasznált keményfém és gyémánt szerszámok éllekerekedési sugarát a 12. ábra és a 13. ábra mutatja be, amelyeken látszik, hogy a gyémánt szerszám éllekerekedés mérete $r_n=4,3571 \mu\text{m}$ és a keményfém szerszám éllekerekedés mérete $r_n=30,6667 \mu\text{m}$.



12. ábra Gyémántszerszám éllekerekedési sugara



13. ábra Keményfémszerszám éllekerekedési sugara

6.2. A felületi mikrogeometria profilometriás mérési eredményei és kiértékelésük

6.2.1. A felületi érdesség elméleti értéke

A megmunkált felületek érdességi mérőszámainak háromféle értékét szokás megkülönböztetni: valóságos, mért és elméleti értékeket.

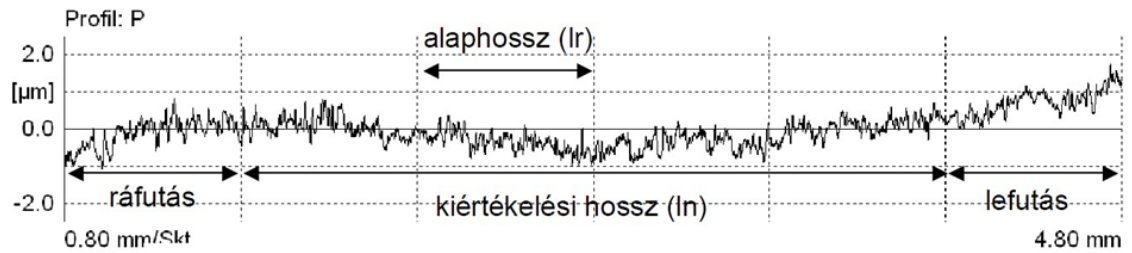
A tényleges felületről a legtöbb és a valóságot legjobban megközelítő információt mérésekkel nyerhetjük. [5]

Az érdesség úgynevezett elméleti értékei a szerszám geometriai jellemzői és a forgácsolás kinematikájának ismeretében számítható értékek. Ez nem jelent mást, mint a szerszámprofil geometriai leképezését egy idealizált munkadarabra a megmunkálásra jellemző relatív mozgások révén, s erre az idealizált profilra meghatározni az érdességi mérőszámokat az úgynevezett szerszám alapsíkban. Gyémánt késeknél az igen kicsiny élérdesség és éllekerekedési sugár megengedi, hogy az élt elméleti élnek tekintsük. [5]

6.2.2. A felületi érdességi mérések

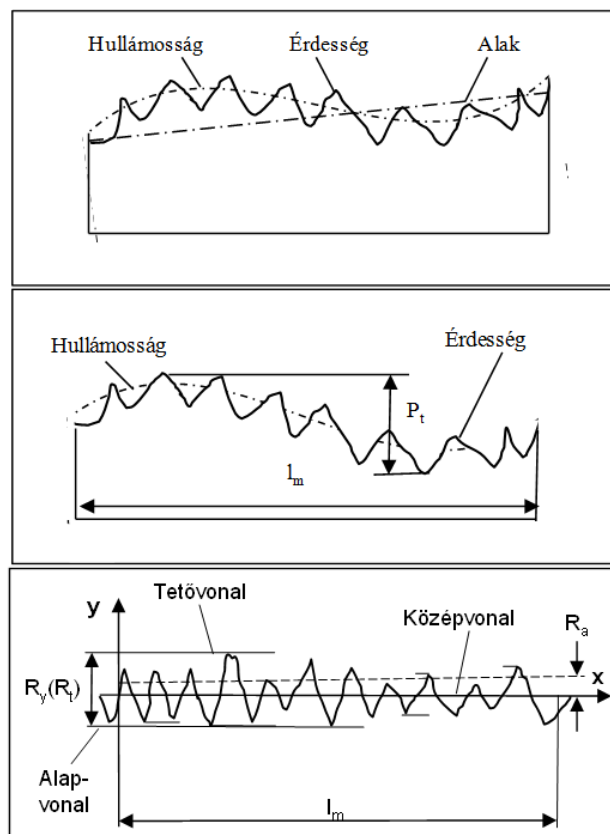
A működő felületek mikrogeometriai jellemzése a gyakorlati mérés technikában döntően két dimenzióban valósul meg. [8]

A felületi érdesség értelmezése elsősorban profilmérések alapján 2D-ben történik. A műszerek által regisztrált x-z digitális adathalmaz (D-profil) még tartalmazza a vizsgált darab ferdeségét a vontatóegységhez képest, esetleges függőleges (z) irányú elcsúszását a mérőgép 0 magasságkoordinátájához viszonyítva. Mindezek kiszűrésére elsőként egy középvonalra fektetés történik meg, melyet legtöbbször a mért adathalmazra a legkisebb négyzetek módszerével illesztett egyenes valósít meg. Az ily módon rendezett adathalmazt P profilnak nevezzük (14. ábra *A szűretlen P profil alapelemei*). [8]



14. ábra A szűretlen P profil alapelemei[8]

A szűretlen profilnak is nevezett P profil már alkalmas a további kiértékelésre, de a kiértékelés következő lépésében megtörténik a hullámossági (W) profil meghatározása, szűrése. A P és W profilok különbsége adja a gyakorlatban közkedvelten használt érdességi (R) profilt (15. ábra). [8]



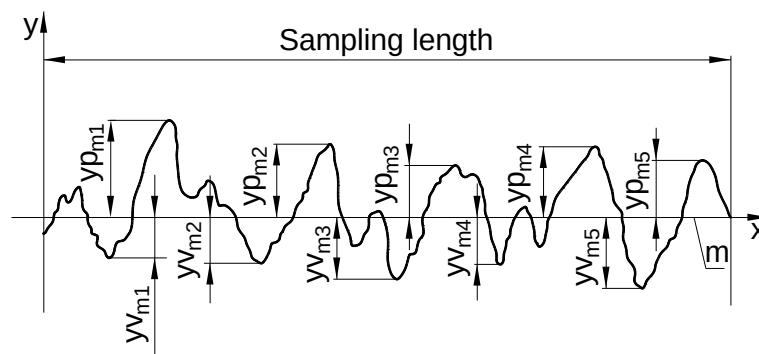
15. ábra A szűretlen P profil alapelemei [8]

A mérési hossz alapelve az ún. alaphossz (l_r). A tényleges mérési hossz 3 szakaszból tevődik össze: ráfutás, kiértékelési hossz és lefutás (14. ábra), ahol a rá- és lefutás megegyezik az alaphosszal, míg a kiértékelési hossz (l_n) az alaphossz többszöröse. Ha lehetőség van rá célszerű betartani az $l_n=5l_r$ hosszt, de olyan esetben, amikor a mérendő felület nagysága nem teszi lehetővé ezt, a rövidebb

kiértékelési hossz is szabványos mérésnek tekinthető. Az észlelt mikrogeometria érdességi és hullámossági profilra bontható különböző szűrések segítségével. Végigfuttatva a szűrést a teljes profilon megkapjuk az ún. hullámossági (W) profilt. Ezt kivonva az eredeti szűretlen (P) profilból adódik az érdességi profil. A különböző érdességi mérőszámok mind a profil (P), hullámosság (W) és érdesség (R) rendszerében értelmezettek. [8]

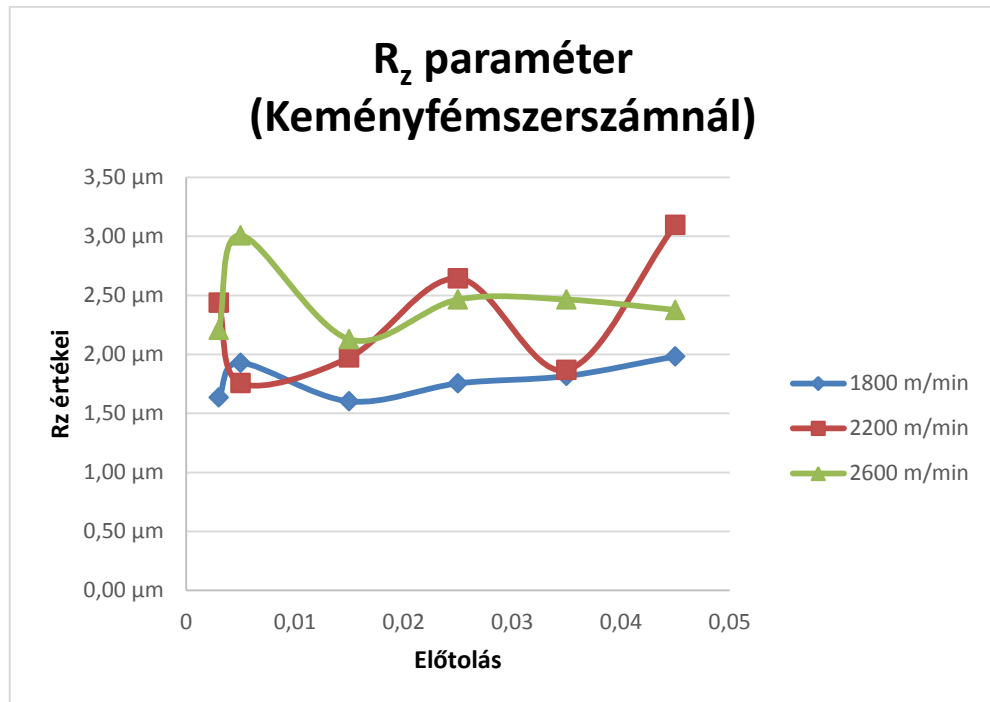
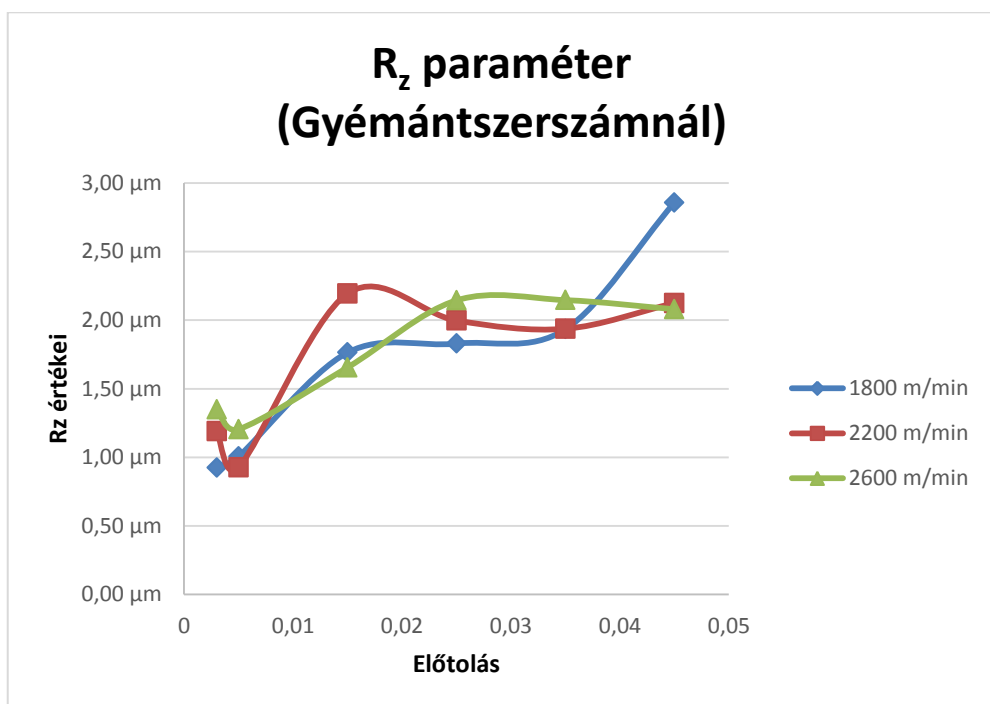
A kísérletsorozat során valamennyi a keményfém és gyémántszerszámmal megmunkált felület érdességét megmértem kétdimenziós, profilometriás módszerrel. A mérések alapján elkészített mérési jegyzőkönyvek a mellékletben találhatók, melyekben számos érdességi paraméter fel van tüntetve. Vizsgálatom során az R_a átlagos érdességet, R_z egyenetlenség- magasságot tanulmányoztam és értékeltem ki. [8].

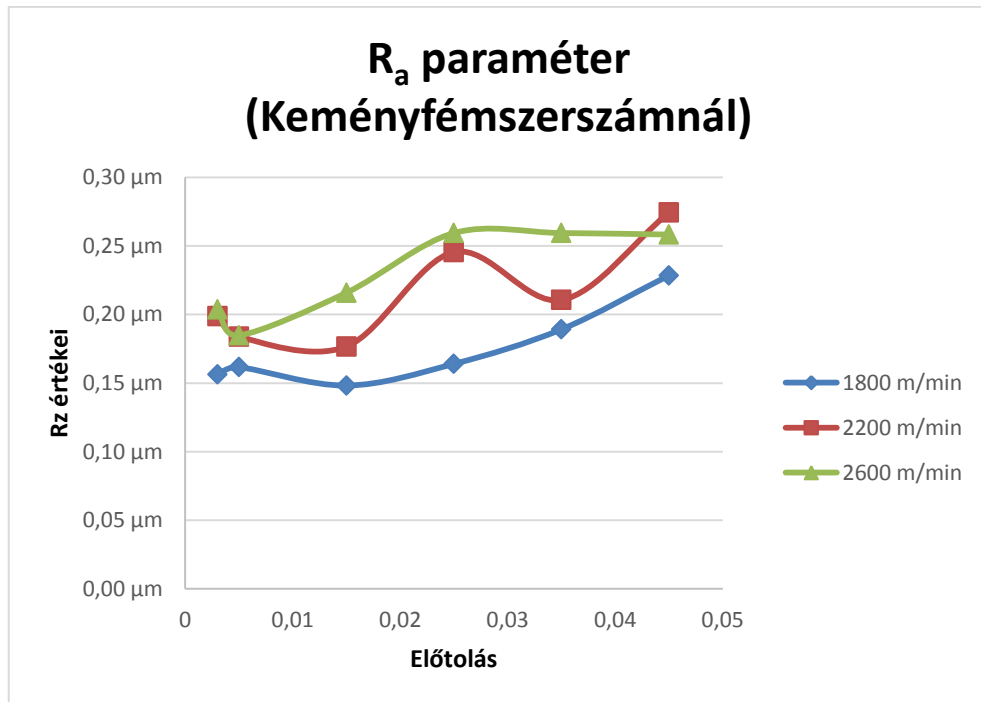
Az egyenetlenség magasság (R_z), más néven közepes érdességmélység, az 5 legmagasabb érdességi csúcs és az 5 legmélyebb érdesség völgy közötti távolság átlaga (16. ábra). [8]



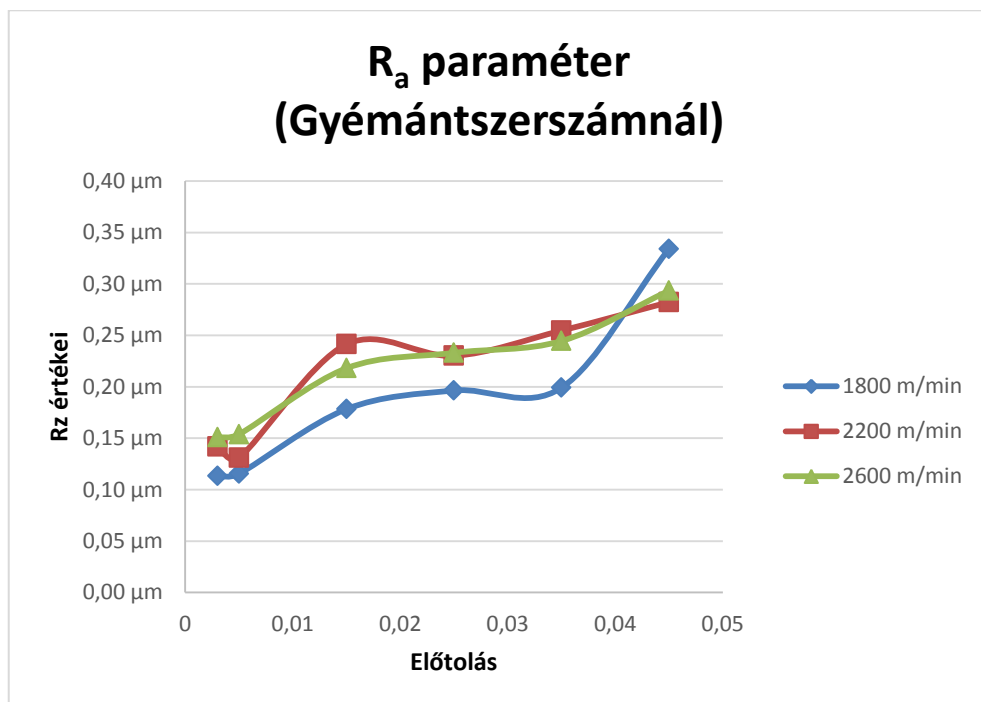
16. ábra Az egyenetlenség magasság meghatározása [8]

Meg kell jegyeznünk, hogy egyes szabványok az R_z paraméter alatt az ún. profil maximális magasságát értik, melynek értelmezése az R_t paraméterrel egyezik meg. Az átlagos érdesség (R_a) a legismertebb érdességi paraméterek egyike (17. ábra). Alapvetően a felület magasságirányú jellemzését szolgálja. [8]

18. ábra R_z paraméter (Keménységsterszámnál)19. ábra R_z paraméter (Gyémántsterszámnál)



20. ábra Ra paraméter (Keménymérszámnál)



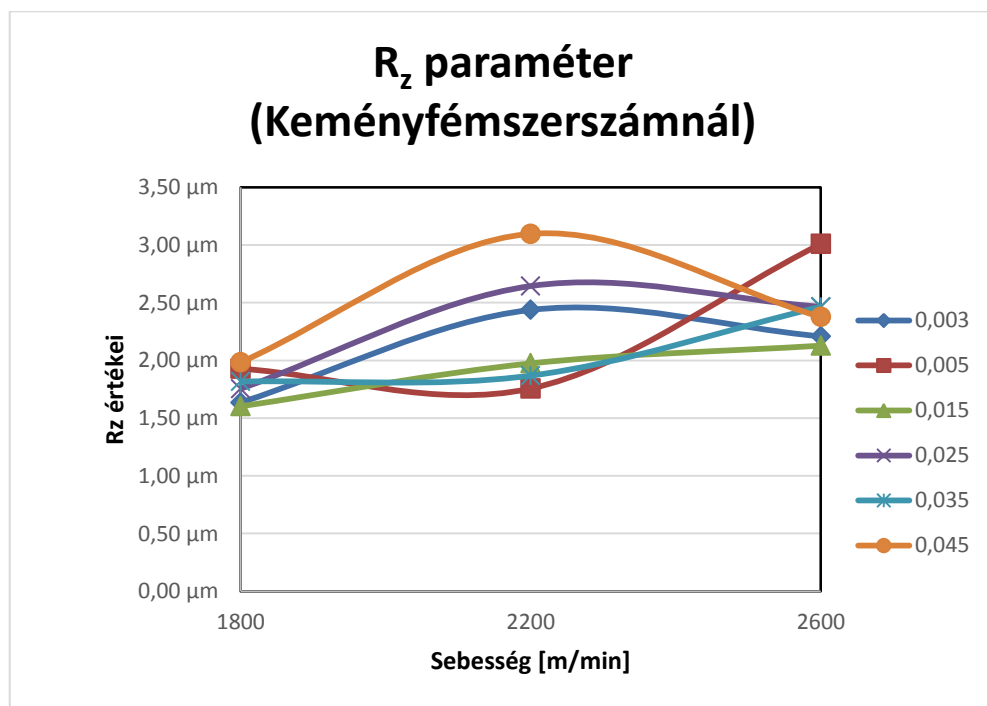
21. ábra Ra paraméter (Gyémántsámnál)

6.2.4. A sebesség hatása

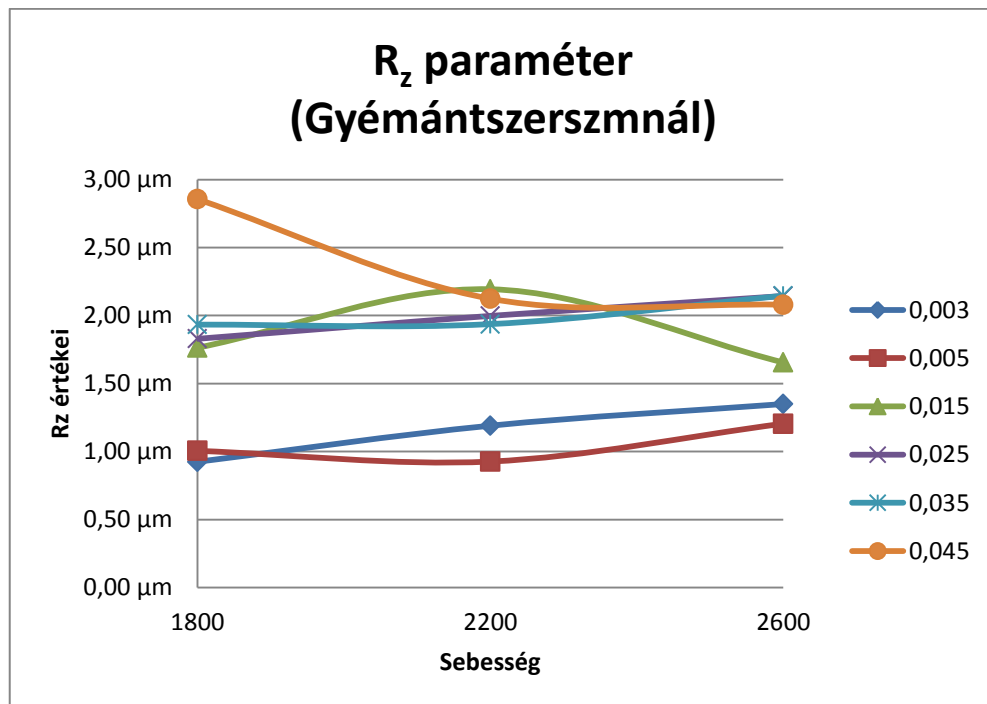
A 22. ábra -25. ábraákon láthatók a keményfémszerszámmal és gyémántszerszámmal megmunkált felületek egyenetlenség magassága (R_z) és átlagos érdessége (R_a) a forgácsoló sebesség függvényében.

A 22. -25. ábrákon látható adatok eloszlásából lehet következtetni a sebesség felület minőségre gyakorolt hatására. A kapott eredmények ellentmondásosak így megállapítható, hogy a forgácsolási sebesség és a felület minőség között nem áll fent egyértelmű kapcsolat. A felület minőség szórása elsősorban a további megmunkálási körülményekre és technológiai adatokra vezethető vissza.

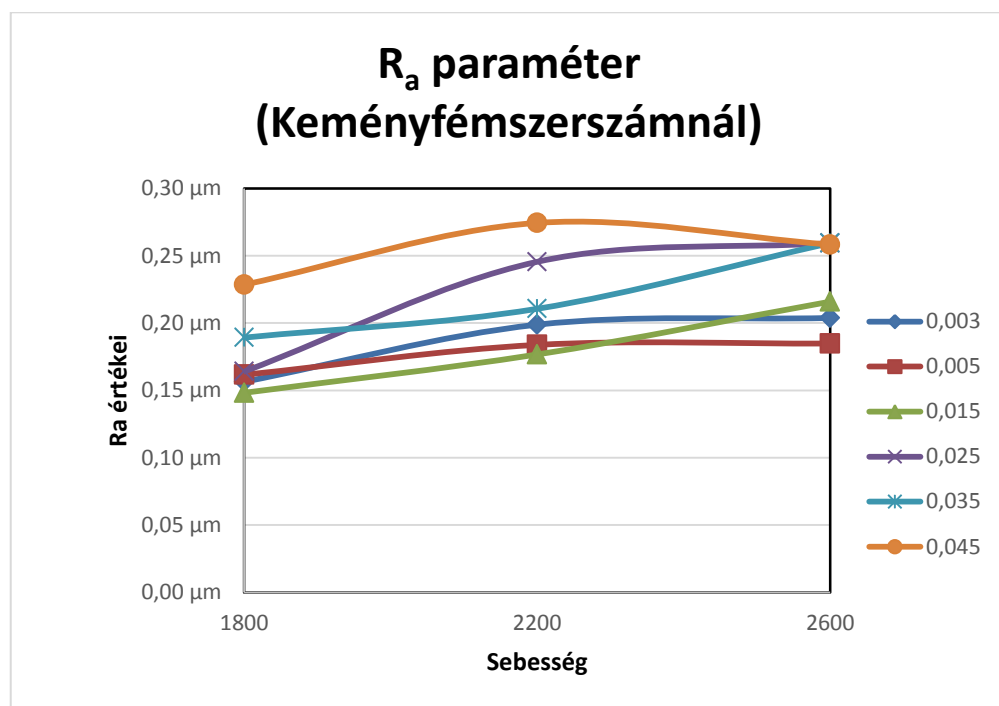
Az ábrákon látható még az előtolás felületminőségre gyakorolt hatása is. Nagyrészt a kisebb előtolások jobb felületminőségi adatokkal rendelkeznek. Ez megegyezik az irodalomban leírtakkal.



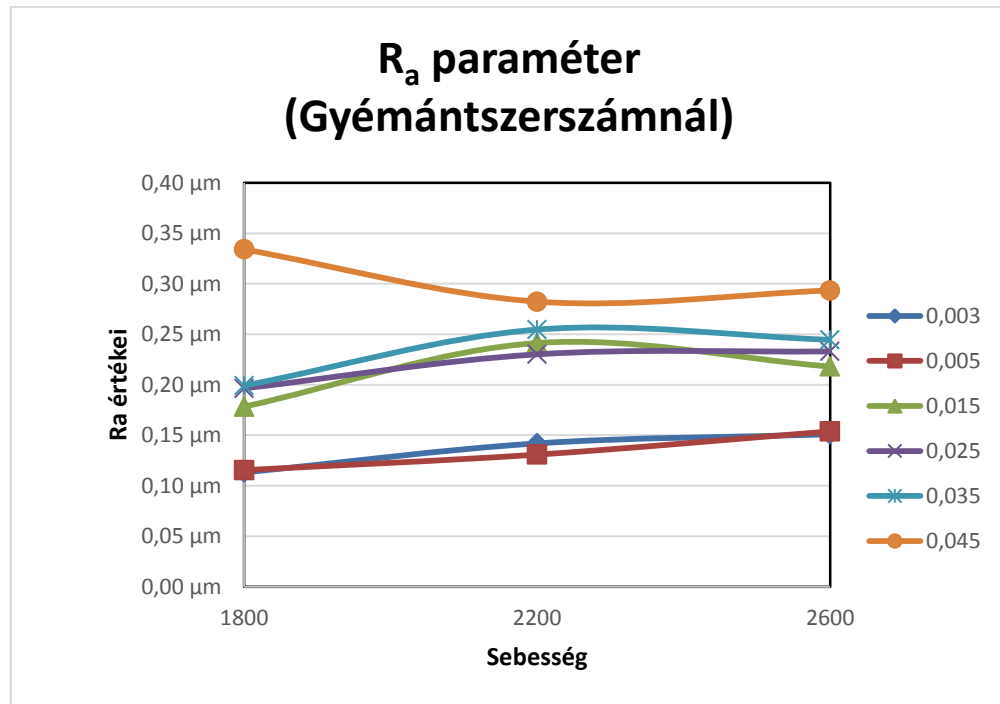
22. ábra R_z paraméter (Keményfémszerszámnál)



23. ábra R_z paraméter (Gyémántszerszámnál)



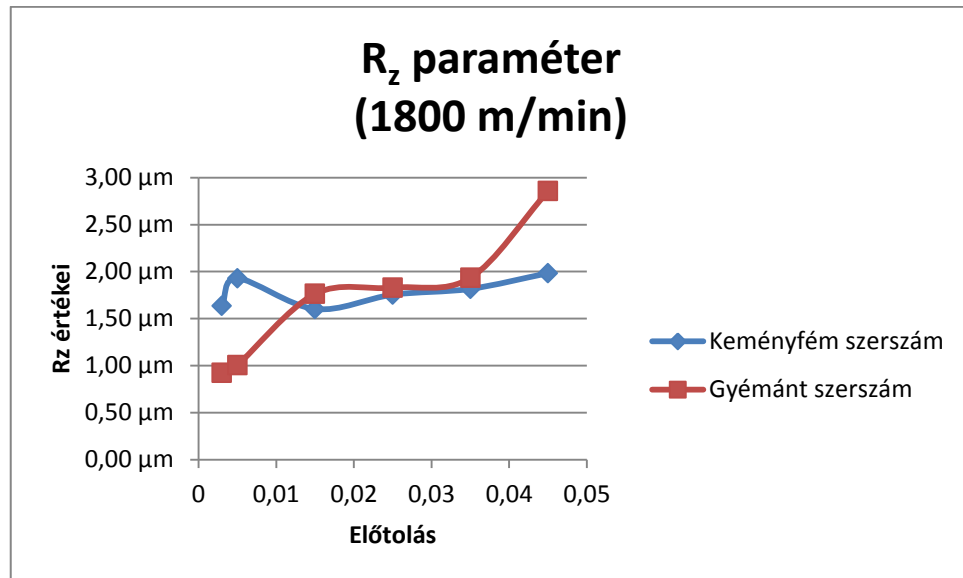
24. ábra R_a paraméter (Keménymétszerszámnál)

25. ábra R_a paraméter (Gyémántszerszámnál)

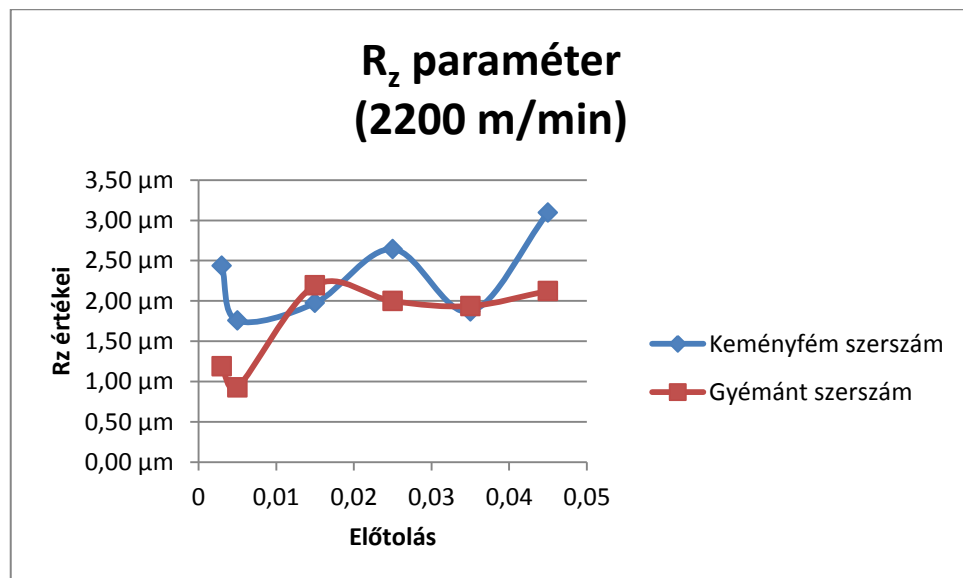
6.2.5. Szerszámanyag hatása

A 26. ábra-31. ábraákon láthatók a keményfémszerszámmal és gyémántszerszámmal megmunkált felületek egyenetlenség magassága (R_z) és átlagos érdessége (R_a) az előtolás függvényében.

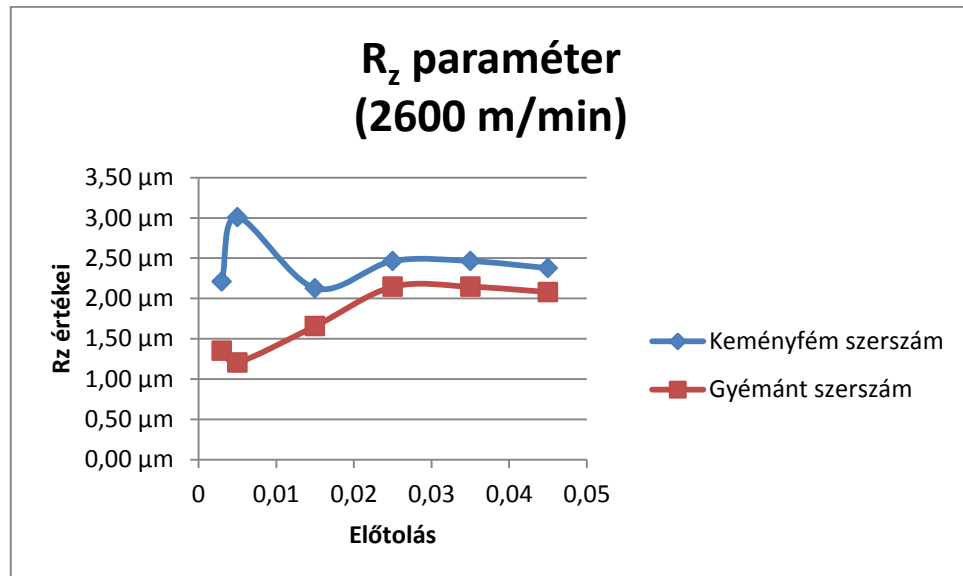
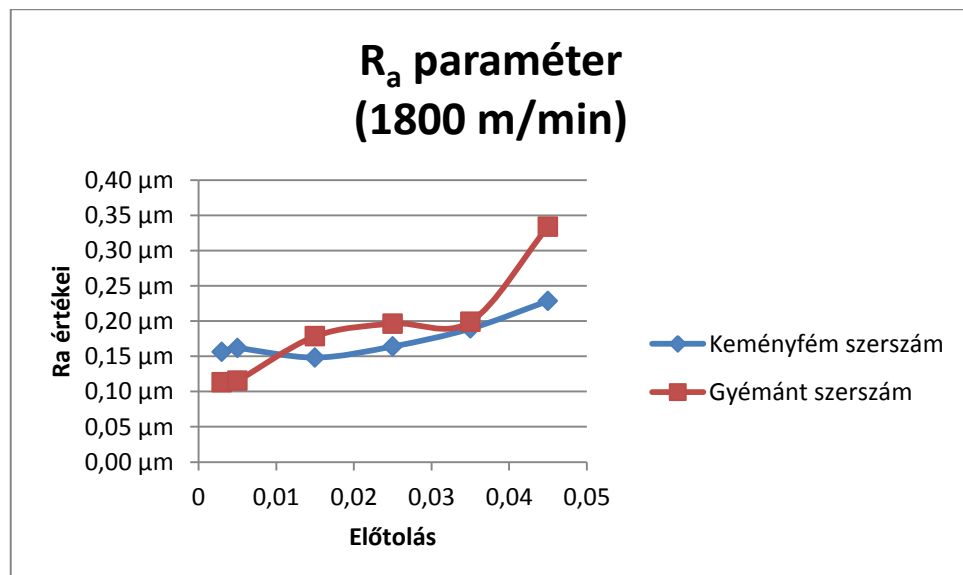
Az esetek nagy többségében a gyémántszerszám nagy fordulatszámon jobb felület minőséget hoz létre, mint a keményfémszerszám. Az esetek kétharmadában a 0,045 mm/ ford. előtolásnál a keményfém szerszám jobb felületi minőséget eredményez. Megállapítható továbbá, hogy keményfém szerszám esetében a nagyon kis előtolások érdesebb legtöbbször rosszabb felületi érdességet eredményeznek, mint a gyémántszerszám esetén.

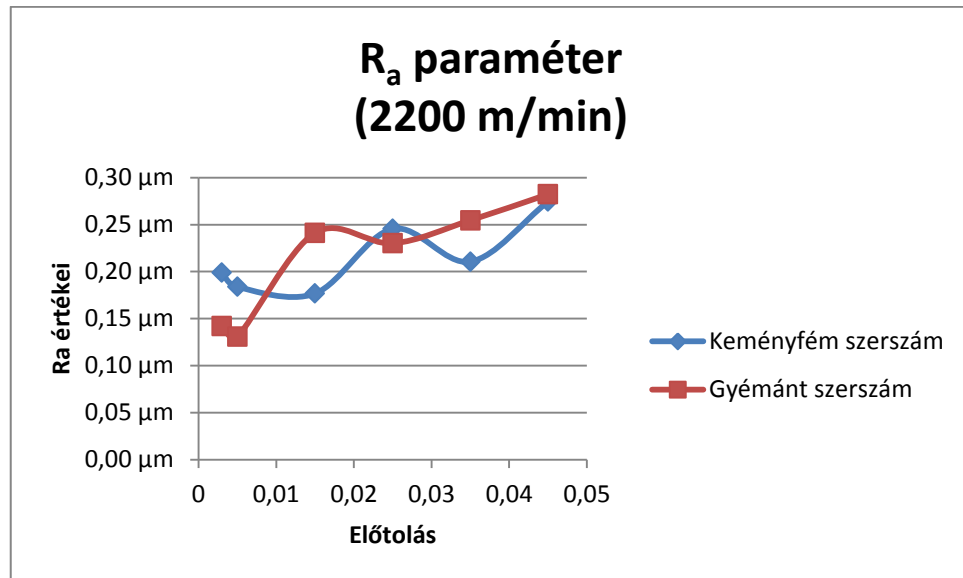
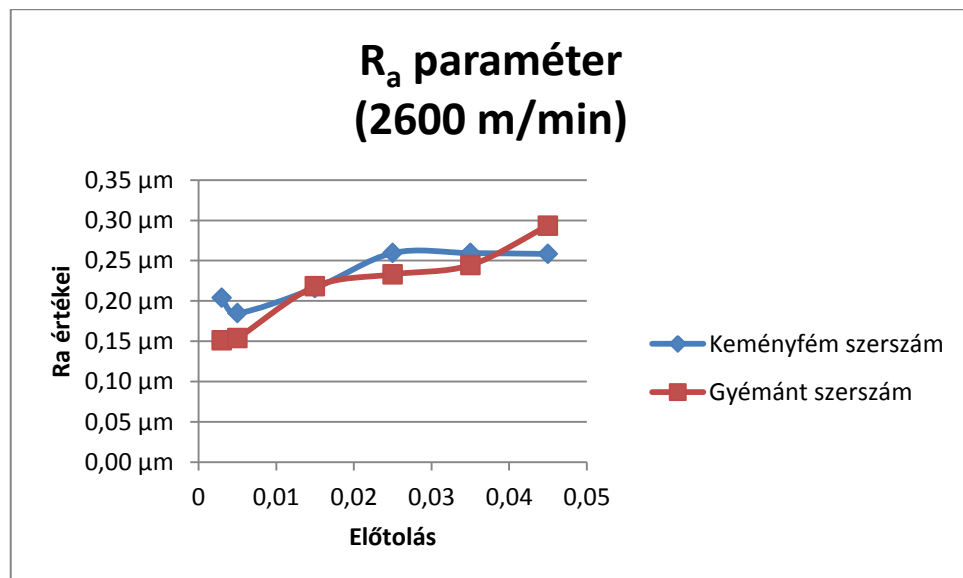


26. ábra R_z paraméter (1800 m/min)



27. ábra R_z paraméter (2200 m/min)

28. ábra R_z paraméter (2600 m/min)29. ábra R_a paraméter (1800 m/min)

30. ábra R_a paraméter (2200 m/min)31. ábra R_a paraméter (2600 m/min)

6.3. A felületi mikrogeometriai topográfiai, háromdimenziós (3D) jellemzői

A műszaki gyakorlatban a különböző megmunkálási eljárásokkal előállított felületek háromdimenziós (3D) tárgyalásánál a topográfia a felület lényeges külső jellemvonásait jelenti. [8]

A mikrotopográfiai paraméterekkel történő jellemzés a felület térbeli egyenetlenségeinek lényegesen valósághűbb feltárását, kiértékelését teszi lehetővé.

A térbeli kiértékelések alkalmasak olyan tulajdonságok kimutatására, számszerű jellemzésére is, amelyekre a 2D-s paraméterek nem. [8]

A 2D érdesség mérések ugyanakkor számtalan praktikus előnnyel bírnak a 3D-s mérésekkel szemben:

- Mérőszámaik széles körben elfogadottak és ismertek, a műszaki gyakorlat számára jelentéstartalommal bírnak.
- A mérőműszerek relatíve olcsón beszerezhetők, hordozható kivitelben is fellelhetők.
- Gyors mérést tesznek lehetővé

Hátrányuk, hogy a vizsgált felület csak egy-egy metszetről adnak információt.

A 3D mérésekről az alábbiak összegezhetők:

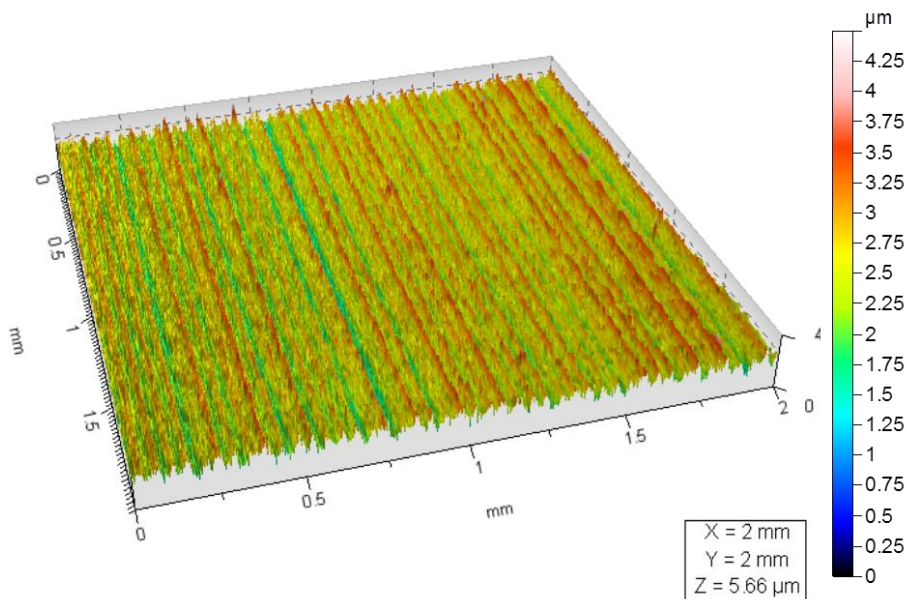
- A mérőszámaik a műszaki gyakorlatban még nem elterjedtek, értékelésük a gyakorlat számára, tapasztalat híján olykor nehézkes.
- A mérőműszerek költségesek, mérőszobai környezetet igényelnek, hordozható kivitelük nincs.
- A mérés nagyon időigényes
- Valóban felületről nyújt információt.
- Vizuális információt is szolgáltat, ezáltal könnyen értelmezhető.
- Fokozott hozzáértést igényel (utólagos szűrések).

Mindezek alapján megállapítható, hogy a 3D-s paraméterek a műszaki felületek topográfiájának térbeli - tehát a valós viszonyokat jobban tükröző - jellemzésére alkalmasak. [8]

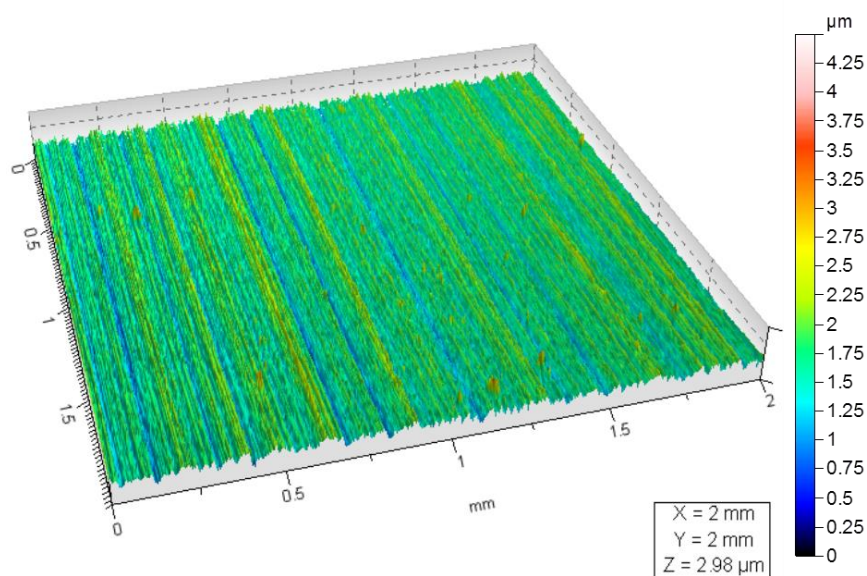
A felület, mint fizikai valóság, számos lényeges és jellemző tulajdonsággal bír, melyek egyike a geometriai tulajdonságok összessége. A működési viselkedés szempontjából vizsgálat tárgyává tett felületrész többnyire a teljes felületnek csak töredéke. A működő felületek mikrogeometriájának jellemzésére több érdességi paraméter használható, és általában több paraméteres együttes használatával jellemezhető egy felület, hisz egy-egy mérőszám csak valamely sajátos jellegzetességét ragadja ki a felületi topográfiának. [8]

6.3.1. Topográfiai mérések eredményei

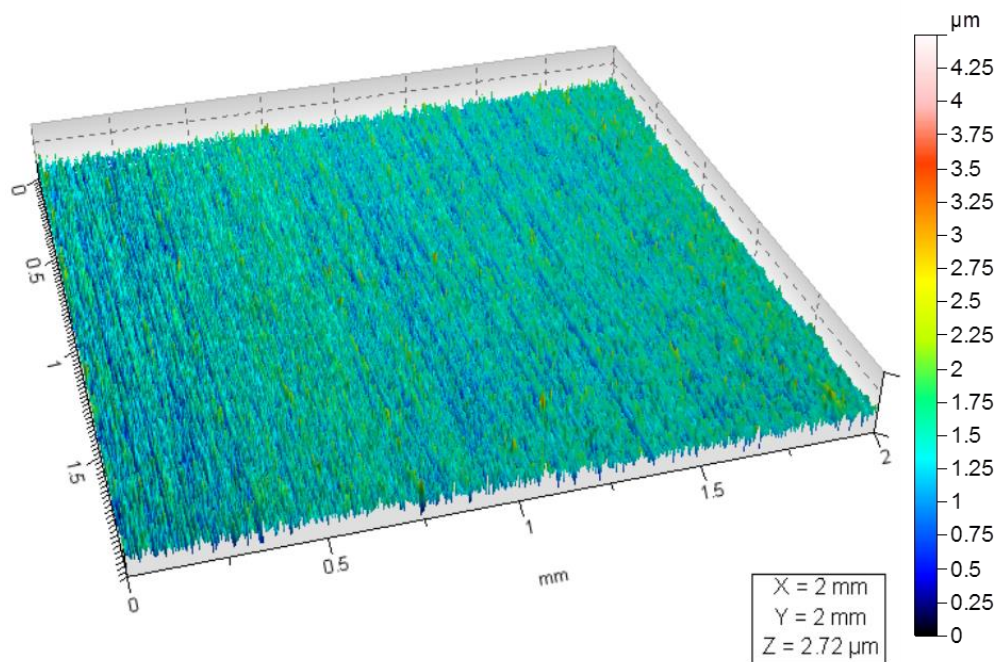
A keményfémszerszámmal a megmunkált felületek érdességét a 32 -34. ábrákon láthatjuk. Ezeken az ábrákon egyértelműen látszik az előtolások hatása a felületi minőségre. Az előtolások csökkenésével javul a felületek érdessége, összhangban az irodalomban leírtakkal.



32. ábra Keményfémszerszámmal, 0,045 mm/ford. megmunkált felület

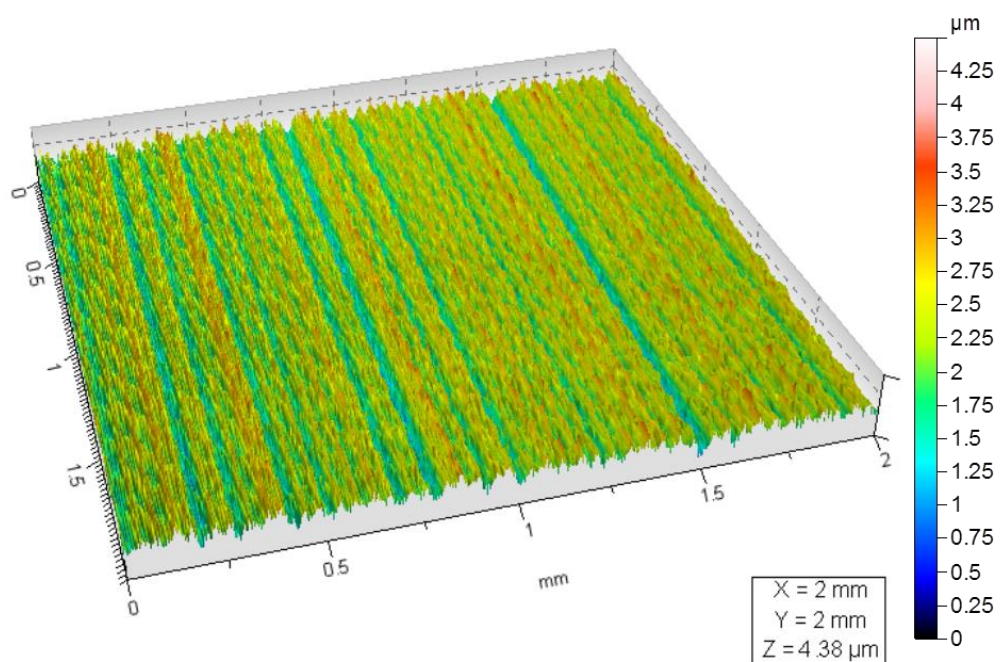


33. ábra Keményfémszerszámmal, 0,025 mm/ford. megmunkált felület

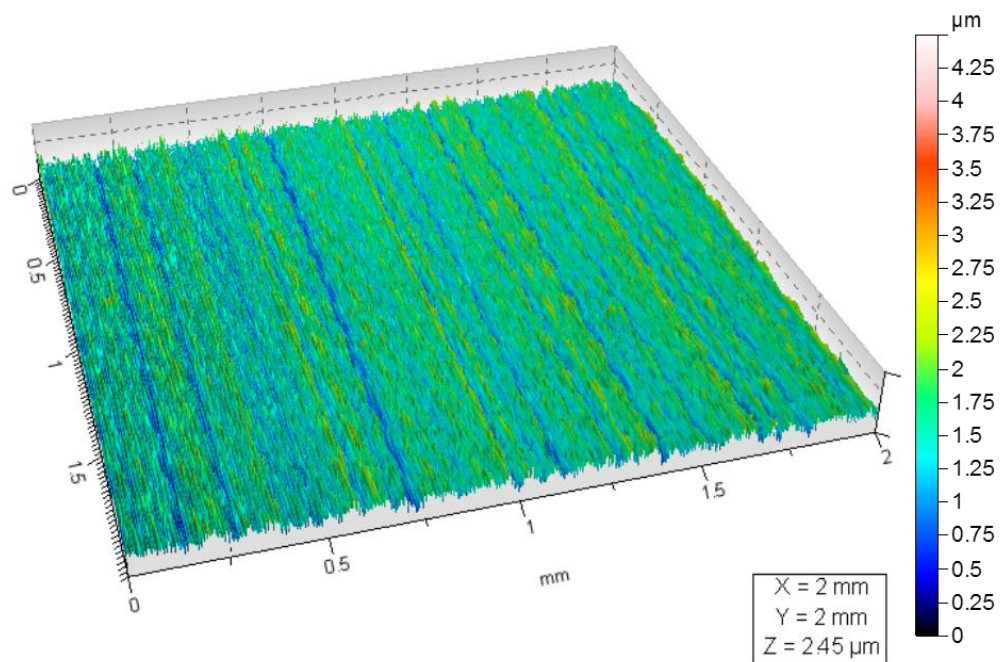


34. ábra Keményfémszerszámmal, 0,003 mm/ford. megmunkált felület

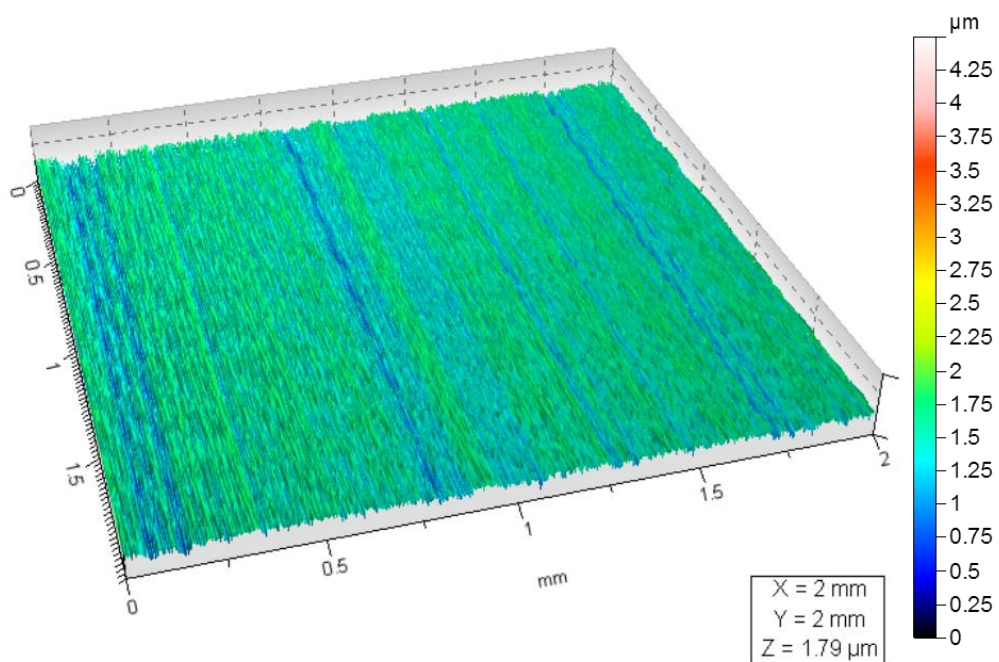
A gyémántserszámmal a megmunkált felületek érdességét a 35-37. ábrákon láthatjuk. Az ábrákon nyilvánvalóan látszik az előtolás hatása a felületi minőségre. Az előtolások csökkenésével javul a felületek érdessége, harmóniában az irodalomban leírtakkal.



35. ábra Gyémántserszámmal, 0,045 mm/ford. megmunkált felület



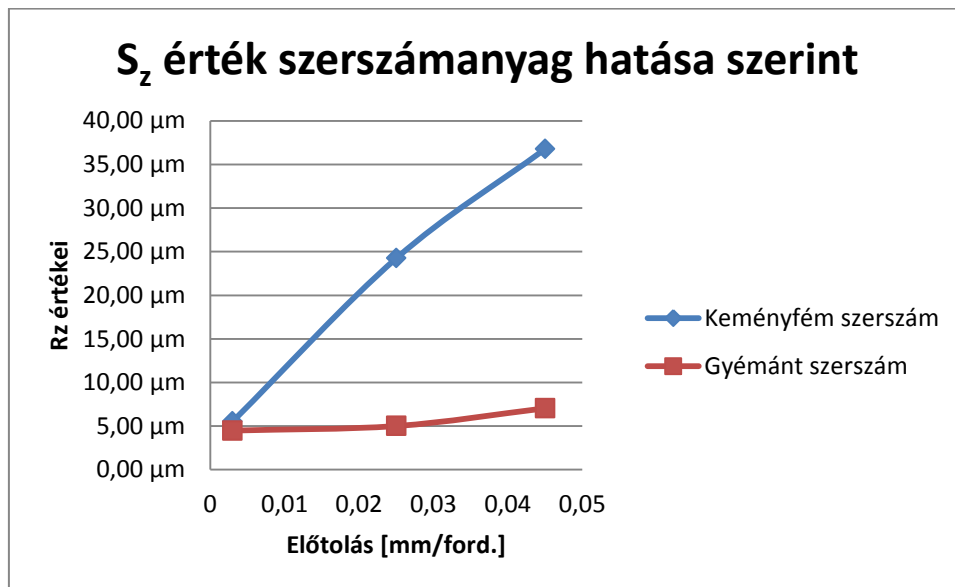
36. ábra Gyémántszerszámmal, 0,025 mm/ford. megmunkált felület



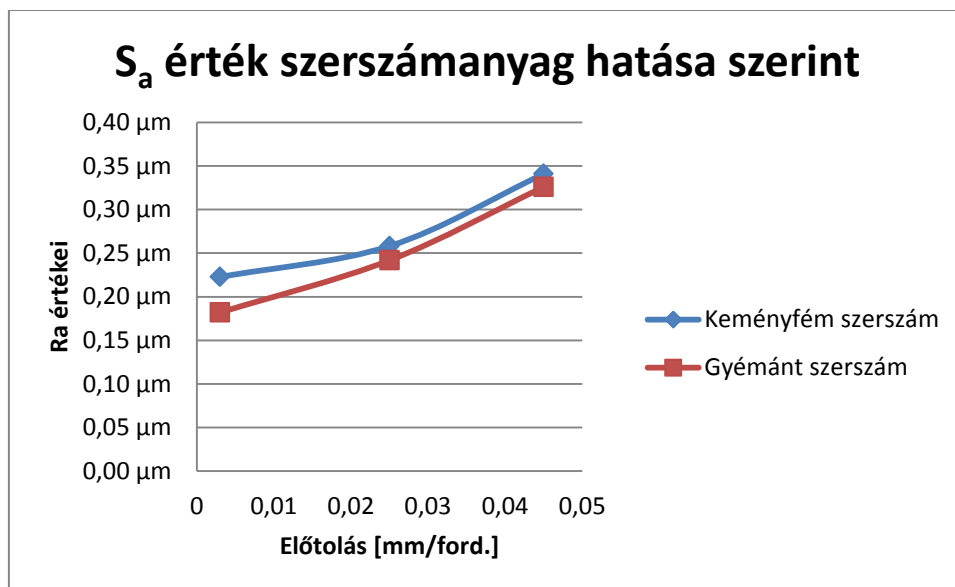
37. ábra Gyémántszerszámmal, 0,003 mm/ford. megmunkált felület

A 32-37. ábrákon a keményfém és gyémántszerszámmal megmunkált felületek összehasonlítása látható. Az ábrák alapján megállapítható, hogy a gyémántszerszámmal jobb felületi minőséget állíthatunk elő.

A 38. és 39. ábrán látható, hogy az előtolás értékének növelésével a felület minőség romlik S_a és S_z paramétereknél egyaránt, tehát az adatok teljesen tükrözik az irodalomban olvasottakat. Megállapítható még az is, hogy a gyémántszerszámmal jobb felületi minőséget lehet elérni, amely megállapítás ugyancsak megegyezik az irodalomban leírtakkal.



38. ábra S_z érték szerszámanyag hatása szerint



39. ábra S_a érték szerszámanyag hatása szerint

7. Összegzés

A képlékenyen alakítható AlSiMgMn ötvözetten végzett esztergálás tartományában ($v_c = 1800\text{--}2600$ m/ min; $f = 0,003\text{--}0,045$ mm/ ford.; $a_p = 0,05$ mm), keménység- és gyémántszerszámmal, az OPTItur S600 CNC esztergagépen végzett forgácsolási vizsgálatok alapján az alábbi megállapítások vonhatók le:

1. Vizsgálataim során a felületi érdességet az előtolások értékei befolyásolták a legjobban. Az előtolások növelésével romlik a felület minősége, tehát precíziós forgácsolás esetében kis előtolás javasolt.
2. A felületi minőségek változásának alapvető tendenciái a profilometriai és a topográfiai mérésekkel egyaránt kimutathatók voltak a vizsgálataim során.
3. A megmunkált felületek érdességére a technológiai adatok közül a sebesség hatása nem volt egyértelmű. Vizsgálataimból arra a következtetésre jutottam, hogy kisebb sebesség kedvezőbb a felületi érdesség szempontjából, de ez némileg ellentmond az irodalomnak. Ugyanakkor az irodalomban az is olvasható, hogy a sebesség hatása nem jelentős a felületi érdességre.
4. Az elvégzett kísérletek alapján megállapítható, hogy az adott gépen a precíziós esztergálás tartományában gyémántszerszám esetében $R_a = 0,11$ μm és $R_z = 0,92$ μm , keménység szerszám esetén $R_a = 0,15$ μm és $R_z = 1,60$ μm értékeket lehetett elérni.
5. A gyémántszerszám kopása több órányi esztergálás után sem tapasztalható, ezért a kopás éltartam kritériumként való használata nem ajánlott.
6. A szerszámanyag szempontjából a gyémánttal kedvezőbb forgácsolni, főleg a kis előtolás tartományában, amikor is nagy szerepe van az éllekerekedés sugárnak. Kisebb éllekerekedési sugár előnyösebb a képlékeny anyagok esetében.
7. Az elvégzett profilometriai és topográfiai mérések vizsgálata után megállapítottam, hogy a topográfiai mérés megbízhatóbb és pontosabb mérés, mivel a profilometriai mérés a felület csak egy-egy metszetéről ad információt, míg a topográfiai mérés valóban felületről nyújt információt. Tehát a valós viszonyokat jobban tükrözi a topográfiai mérés.

8. Köszönetnyilvánítás

A TDK dolgozatban ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt eredményeire alapozva a TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0029 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A munkát az OTKA K78482 azonosítójú kutatási projekt szintén támogatta.

Munkám befejezéseként szeretném megköszönni a Gyártástudományi Intézet támogatását, hogy biztosították a munkámhoz kellő feltételeket.

Külön köszönet Dr. Maros Zsolt egyetemi docensnek, aki ezen téma iránt felkeltette az érdeklődésemet és szakmai tanácsaival támogatott.

Megköszönöm Pásztor István tanszéki mérnöknek és Felhő Csaba tanársegédnek tanácsaikat és a munkám során nyújtott segítségüket.

9. Irodalomjegyzék

- [1] http://www.bgk.uni-obuda.hu/ggylt/targyak/seged/bagkt17nlb/02ea_kt_lev.pdf
- [2] file:///C:/Users/N%C3%B3rika/Documents/Downloads/forgacsolo_megmunkalas_uj_techologiak%20.pdf
- [3] http://www.perfor.hu/aluminium_forgacsolas_32http://www.uni-max.hu/femmegmunkalas/
- [4] file:///C:/Users/N%C3%B3rika/Documents/Downloads/0001_1A_G1_11_ebook_szinesfemek_forgacsolasa%20.pdf
- [5] Maros Zsolt: Alumíniumötvözet gyémántszttergálásának vizsgálata mikrogeometriai jellemzők alapján, Egyetemi doktori értekezés, Miskolc, 1993., p102
- [6] Az AMARI Hungaria Kft. alumínium termékajánlata és termékválasztéka
- [7] <http://www.forgacsolaskutatas.hu/elmelet/elminoseg>
- [8] Dr Maros Zsolt: A felületi mikrogeometria és a kopási viselkedés kapcsolata, Kutatás jelentés, Miskolci Egyetem, 2014
- [9] <http://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/products/pages/default.aspx>