

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**Felületi érdesség statisztikai
paramétereinek elemzése alumínium
alkatrészek finom esztergálásánál**

Szerző:

Fazekas András

gépészmérnök BSc. szak, IV. évf.

Konzulensek:

Horváth Richárd

tanársegéd

Dr. Drégelyi-Kiss Ágota

egyetemi docens

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Az alumínium tulajdonságai	4
2.1 Az alumínium története.....	4
2.2 Gyártása.....	4
2.3 Az Al és ötvözetek.....	5
3. A kísérlethez használt eszközök ismertetése	6
3.1 Alapanyagok bemutatása.....	6
3.2 Vizsgált szerszámok bemutatása	10
3.3 Vizsgálatba vont szerszámgép bemutatása	12
3.4 Felületi érdesség mérőeszközeinek bemutatása.....	13
4. A kísérlethez felhasznált módszerek	14
4.1 Az alkalmazott kísérletterv bemutatása.....	14
4.2 Vizsgált érdességi paraméterek bemutatása	17
4.3 Topológiai térkép definiálása.....	20
5. Eredmények bemutatása	22
5.1 Általános érdességi paraméterek vizsgálata	22
5.1.1 Ra alakulásának jellemzése	22
5.1.2 Rz alakulásának jellemzése	23
5.1.3 Rp, Rv kapcsolata	24
5.2 A vizsgált szerszámok topológiai térképének elemzése.....	26
5.2.1 Mérési eredmények a vizsgált szerszámokra	26
5.2.2. AS12-es anyag vizsgálati eredményei.....	30
5.2.3. AS17- es anyag vizsgálati eredményei.....	35
6.Összegzés	38
6.1 Konklúzió	38
6.2 Jövőbeli célok.....	38
7.Irodalom.....	39

1. Bevezetés

A tudományos diákköri munkám során alumínium ötvözetek finom esztergált felületét vizsgáltam. A felületekről érdesség mérő segítségével tudtam meghatározni az érdességi paramétereket és a hozzájuk tartozó profilokat. Az általános érdességi paramétereken túl (R_a , R_z) a dolgozatomban főként a gyártott felületi érdesség statisztikai paramétereit (R_{sk} - skewness, R_{ku} - kurtosis) vizsgáltam.

A statisztikai paraméterének vizsgálata (ún. topológiai térkép) többek között jellemzést adhat a működő felület várható tribológiai viselkedéséről.

Azért választottam vizsgálati területnek a már fent említett témát, mert napjainkban egyre szélesebb körben használják az Al ötvözeteket az iparban (autó-, hadi-, repülőgépipar), így szükségessége egyre nagyobb jelentőséggel bír. Köszönhető ez kedvező mechanikai tulajdonságainak és nem utolsósorban viszonylag nagy előfordulási arányának, hiszen a földkéregben közel 8%-ban található meg.

Kutatási szempontból azonban még mindig rengeteg kérdés merül fel, és marad megválaszolatlanul ezzel az anyaggal, illetve megmunkálásával kapcsolatban.

E dolgozatban néhány kérdésre szeretnék választ keresni, vagyis ismertetni az általam megfigyelteteket.

A továbbiakban szeretném bemutatni egy nagysorozatban gyártott autóalkatrészen, hogy milyen problémák léphetnek fel finomesztergálás során. Mindezt topológiai térképek felrajzolásának segítségével teszem meg.

A kísérletben két fajta anyagon, illetve különféle gyémántszerszámokkal történt forgácsolás.

2. Az alumínium tulajdonságai

2.1 Az alumínium története

Felfedezésének időpontját 1827-re teszik, de tiszta fémes állapotú Al-ot csak 1854-ben állítottak elő. Az Al nagyipari termelésének ideje azonban még sokat váratott magára. Hiába ismerték már az alumínium legfontosabb hordozó ércét, a bauxitot (1821), közel 60 évet kellett várni a timföldgyártási és fémelőállítási-eljárások technikai megvalósítása között. Így 1890-ben már megindulhatott az ipari termelés. A nagy mennyiségű előállítás hatására, 1964-ben az alumínium első helyre került a színesfémek évenkénti felhasználásának létráján [1].

A technológia rohamos fejlődésének hatására egyre csak nőtt felhasználási igénye. Ezzel egy időben (nagyteljesítményű megmunkáló központok, „HSC” - High Speed Cutting), újabbnál újabb szerszámanyagok jelentek meg.

2.2 Gyártása

Az Al gyártása napjainkra megváltozott: sokkal gazdaságosabb lett, mint korábban. A gyártás alapanyaga a bauxit. A bauxitot először timfölddé alakítják, ami többféle eljárással történhet (Deville, Gardanne, Serpek, Bayer...). A legjobban elterjedt, és hazánkban is használatos, a Bayer-féle eljárás. Lényege, hogy az alumínium-oxidot nagy hőmérsékleten, NaOH oldattal oldják ki. A bauxit egyéb összetevőit tartalmazó vörösiszapot eltávolítják. A kinyert nátriumaluminát oldatot hígítják, hűtik és ebből az oldatból nyerik ki a szilárd alumíniumhidroxidot. Mivel ez egy elég lassú folyamat, ezért oltóanyag hozzáadásával gyorsítják. Ezt szűrik, majd egy körülbelül 1200°C- os, hosszú csökemencében víztelenítik (kalcinálják), aminek eredményeként alumínium-oxid képződik. Ez után a timföldhöz kriolitot kevernek, hogy csökkentsék olvadáspontját, majd hevítik és elektrolízissel alumíniummá redukálják. Így kapják az úgynevezett kohó-alumíniumot (kb. 99,5%). Ezt követi a finomítás, ötvöztetés, amiből nagy tisztaságú ötvöztetett Al-t állítanak elő [2].

2.3 Az Al és ötvözetei

Az alumínium a könnyűfémek sorozatába tartozó fém. Az Al a felületén középpontos szabályos rendszerben kristályosodik, nem úgy, mint a többi, csoportjába tartozó anyag (Mg, Be, Ti) tömött hexagonális rendszerben. Emiatt van, hogy a többi könnyűfém közül, ennek van a legnagyobb képlékeny alakíthatósága, kristálytani síkja majdhogyan nem a legtöbb csúszásra alkalmas.[3] Kitűnő elektromos és hővezető képességű. Rugalmassági modulusa kicsi. Szakítószilárdsága alacsony ($R_m = 40 - 100 \text{ MPa}$), ez azonban alakítással növelhető. Jó korrózióállósággal rendelkezik a felületén képződő Al_2O_3 oxidrétegnek köszönhetően.

Mivel az alumínium szilárdsága alacsony, ezért a gyakorlatban különféle ötvözeteket használnak. Az alumínium fő ötvözőelemei: Mn, Mg, Si, Cu és Zn. Kedvező tulajdonságok érhetők el lítium (Li) ötvözéssel is. Valamennyi ötvöző kis mértékben oldódik az alumíniumban. Az oldhatósági határ felett az ötvözők az alapfémekkel vegyületfázist képeznek. A szilícium az alumíniummal eutektikus rendszert alkot.[4]

Az alumíniumötvözetek az ötvöztől függően képlékenyen alakítható vagy öntészeti anyagminőségek. Ezen ötvözőkkel igen jól egyesítik a kiváló mechanikai tulajdonságokat (keménység, szilárdság) a megfelelő technológiai előnyükkel (kiváló önthetőség, megmunkálhatóság, korrózióállóság, hegeszthetőség).

Az autópárhán már az 1980-as években előszeretettel használták a szilíciummal ötvözött alumíniumot, viszont forgácsolása problémát jelentett.

Az anyagok, szerszámok, szerszámgépek fejlődésével még jobban megnőtt a kereslet az Al ötvözetek iránt, nem csak az autópárhán, hanem, többek között a repülőgépipárhán is.

Az újabb szerszám anyagokkal nagymértékben javult a forgácsolhatóság, kezelhetőség, és ezek mind hozzájárulnak a termelékenység növeléséhez (csökkenő fő-, illetve mellékidő).

3. A kísérlethez használt eszközök ismertetése

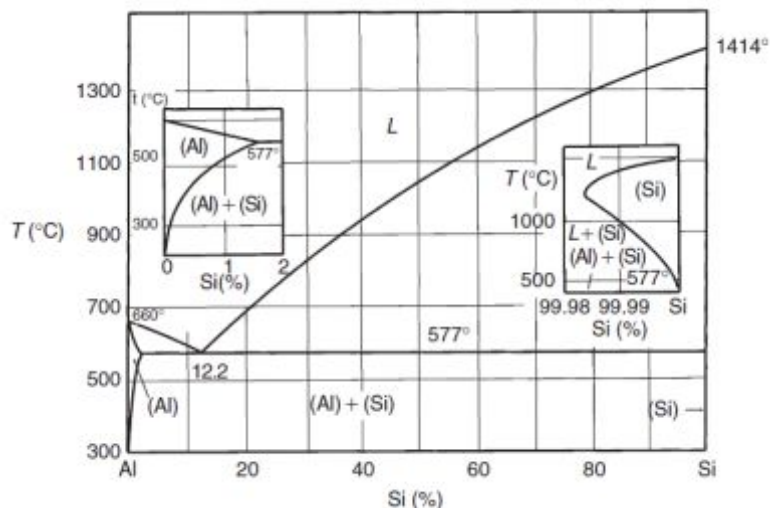
3.1 Alapanyagok bemutatása

A kísérletben két különböző Al ötvözetet használtam fel. Ennek oka, hogy napjainkban az autóipar területén leggyakrabban használt alapanyagokat is össze lehessen hasonlítani. Így esett a választás egy eutektikum közeli és egy hipereutektikus ötvözetre, úgy mint AS12 és AS17.

A 11,8%-nál nagyobb szilíciumtartalmú alumíniumötvözetet hipereutektikusnak mondjuk, ezen ötvözetek szinte mindegyikéről elmondható, hogy nagyobb kifáradási határral és kopásállósággal rendelkezik, mint az eutektikum közelié. Az alumínium könnyen forgácsolható, de nehézséget jelent a növelt Si-tartalom. Jelenléte nagyobb kopást eredményez és nőnek a megmunkáláskor fellépő nehézségek. A primér szilíciumkristályok, melyek az Al mátrixban helyezkednek el, törékenyebbé teszik a forgácsot, de jelenléte gyors kopáshoz vezet, legjobban a keményfém lapka esetén figyelhető meg. Ez a jelenség köszönhető az erős adhézióknak és kémiai reakcióknak, valamint az Al-Si - ötvözetekkel szembeni alacsony kopás-ellenállási képességnek.

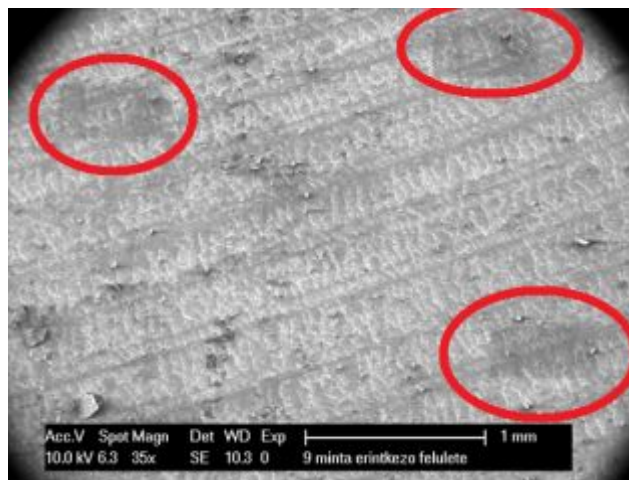
Forgácsolás közben, amint a szerszám éle találkozik a beágyazódott primér Si - részecskékkel, nagy keménységük miatt intenzíven koptatják azt, így a felületi minőség romlásához is vezet.

A megoldás a problémára, a primér Si - részecskék egyenletes eloszlása, kis szemcse nagysága, kedvező alakja, illetve olyan szerszám használata, amely képes ezen nagy keménységű részecskéket elvágni. Ellenkező esetben az adhézió folytán a szerszámélre tapadt részecskék „végigszánthatják” az esztergált felületet [5].



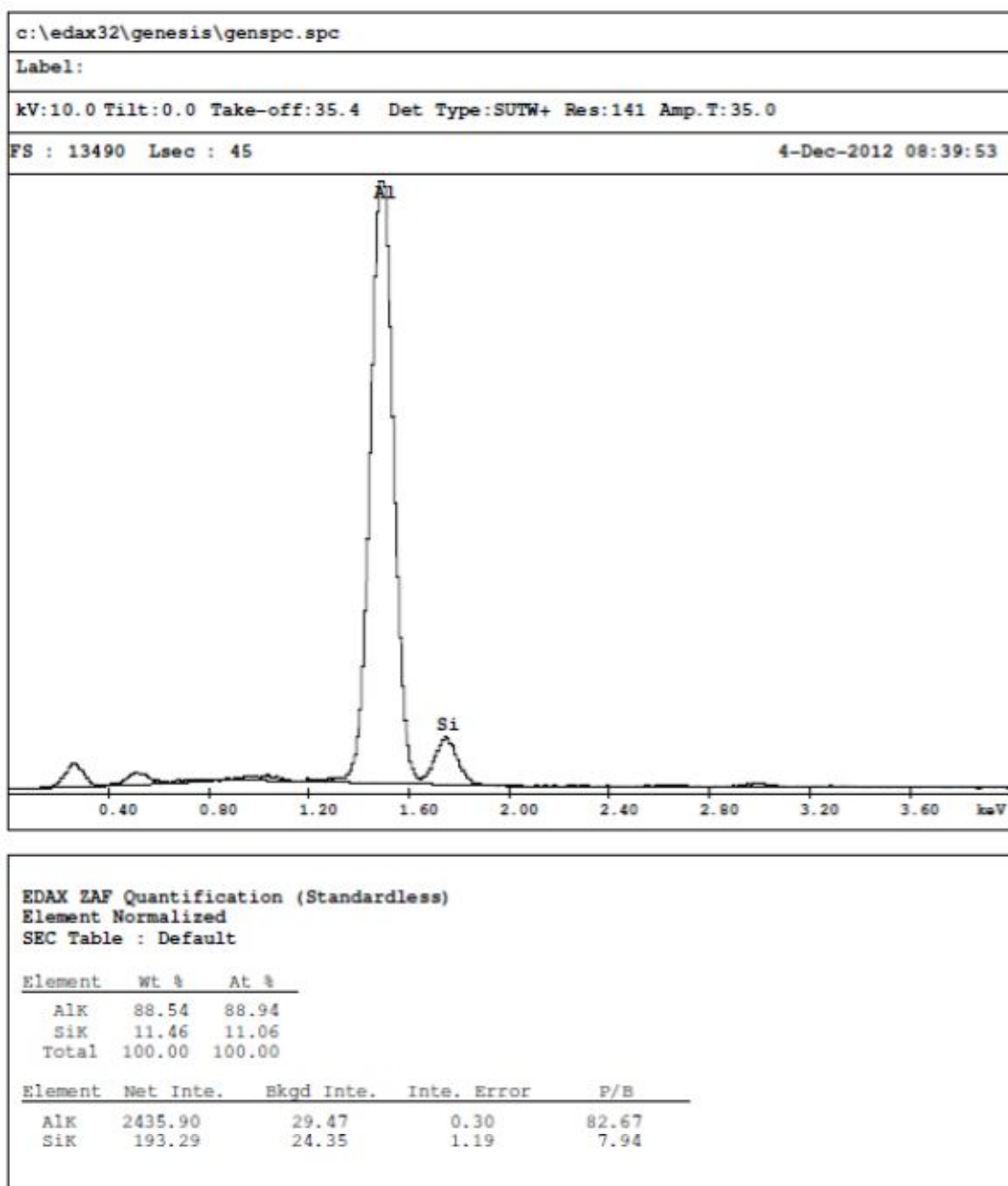
1. ábra: Al-Si egyensúlyi diagram [6]

Az 1. ábrán az Al-Si egyensúlyi diagram látható. Az Al-Si tartomány 4%-22%-ig tart. Ezt a tartományt fel lehet osztani még külön három csoportra, úgy mint 4%-9%; 10%-13% és 14%-tól terjedő tartományokra. Az első csoportot hipoeutektikusnak, a másodikat eutektikusnak, a harmadikat pedig hipereutektikus ötvözeteknek mondjuk [6].



2. ábra A csiszolat felülete (nagyítás: 35x)

Az egyes alapanyagok pontos összetétele elektronmikroszkóp segítségével lett meghatározva. A 2. ábrán figyelhető meg, hol, melyik területekről készült mintavételezés.



3. ábra Az AS12-es anyag összetétele

A kiértékelés során nagy pontossággal meg lehet határozni az alapanyagok összetételét. A vizsgálatok mind a két anyagon megtörténtek. Az előkészített csiszolatokon három helyen történt az összetétel vizsgálat.

AS12 estén az 1., 2., 3. táblázat tartalmazza részletesen az ötvözőket.

1. táblázat

Element	Wt %	At %
AlK	88.43	88.84
SiK	11.57	11.16
Total	100.00	100.00

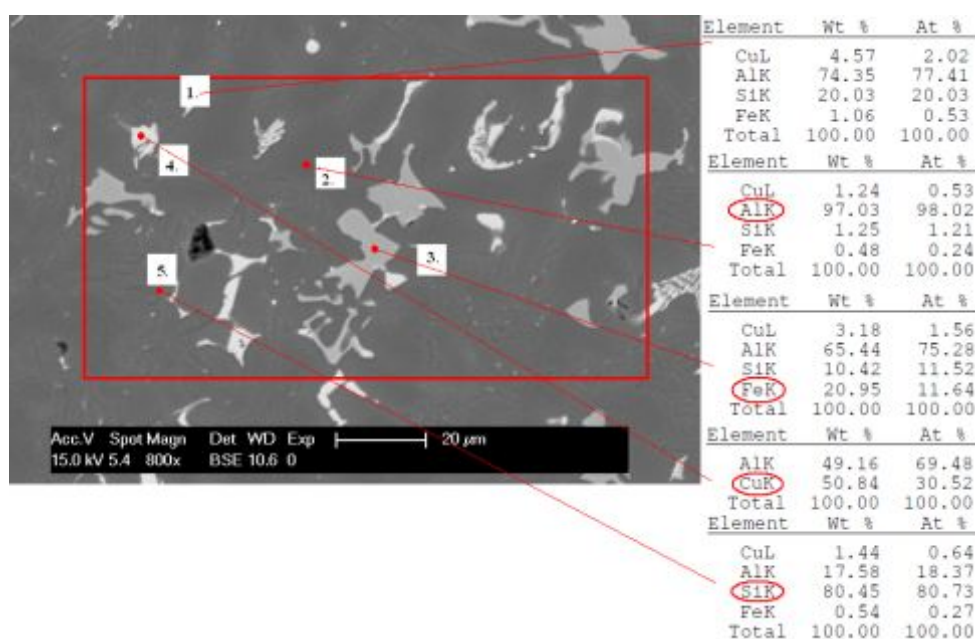
2. táblázat

Element	Wt %	At %
AlK	88.61	89.01
SiK	11.39	10.99
Total	100.00	100.00

3. táblázat

Element	Wt %	At %
AlK	88.51	88.91
SiK	11.49	11.09
Total	100.00	100.00

A mintaterületek összetételét a 3. ábra mutatja. Az összetétel ~12% Si tartalmú, eutektikus összetételt mutat.



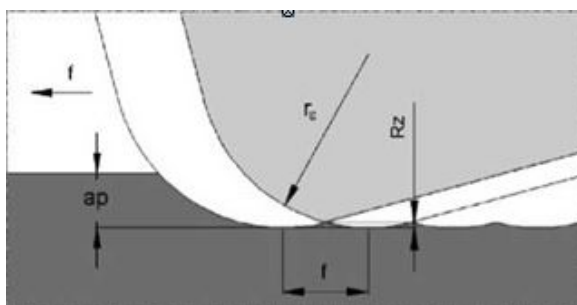
4. ábra Az AS17-es anyag felülete és összetétele (nagyítás: 800x)

A fenti ábra (4. ábra) az AS17-es anyag összetételét láthatjuk, 800x-os nagyítás alatt, csiszolaton. A nyilak az egyes elkülönülő területekhez tartozó anyagot és összetételét mutatják. Megfigyelhetjük az egyes ötvözők elhelyezkedését, eloszlását is.

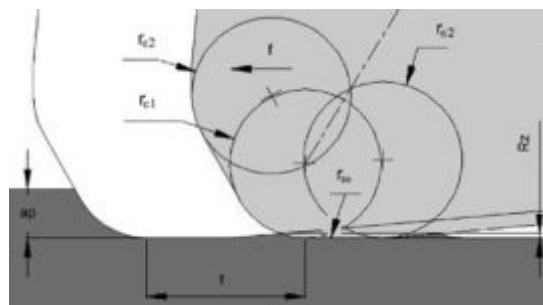
3.2 Vizsgált szerszámok bemutatása

A vizsgálatok során használt lapkák mindegyikét, jól összehasonlítható forgácsolási paraméterek mellett vizsgáltam. Két különböző geometriájú lapkát használtam; ISO és Wiper kialakításút.

Mindkettőt előszeretettel használja az ipar más-más tulajdonsága miatt.



5. ábra ISO geometria [7]



6. ábra Wiper geometria [7]

Az ábrákon is jól látszik a lapkák kialakítási különbsége, míg az ISO lapka állandó csúcssugárral rendelkezik, addig a Wiper lapka két részből tevődik össze; a csúcssugár egy Wiper rádiuszbba csatlakozik és utána egy kisebb egyenes szakasszal ér a mellékélhez. A csúcs kialakításának köszönhetően az előtolás megduplázható a felületminőség romlása nélkül. A lapka mondhatni „legyalulja” a felületi csúcsokat.

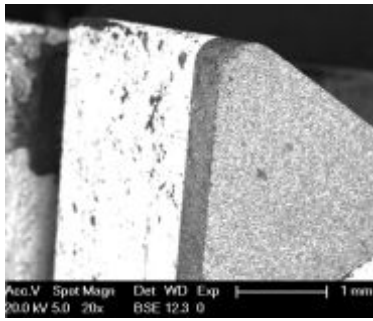
Ezen kívül anyagukban is eltérő lapkákat hasonlítottam össze. Az első lapka, amit vizsgáltam egy polikristályos gyémánt lapka (polycrystalline diamond tool; PCD) volt.

A kísérletben használtam még, egy úgy nevezett CVD-D lapkát is (Chemical Vapor Deposition Diamond), ami egy kémiai úton felvitt vékony gyémántréteget jelent.

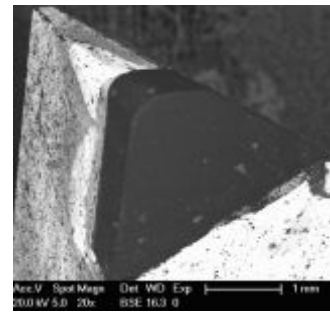
Végül, de nem utolsó sorban, volt szerencsém bevonni a kísérletekbe egy természetes gyémánt lapkát (MDC). Nagy szilárdságának, kopásállóságának és a természetes gyémánt többi pozitív tulajdonsága mellett, meg kell említeni, hogy ára miatt, (amely a többszöröse a PCD lapkának), nem nagyon használják a gyárak, cégek.

Az utóbbi csak ISO geometriával készül, ezért magától értetődő módon csak a többi ISO szerszámmal lehet összehasonlítani teljesítőképességét.

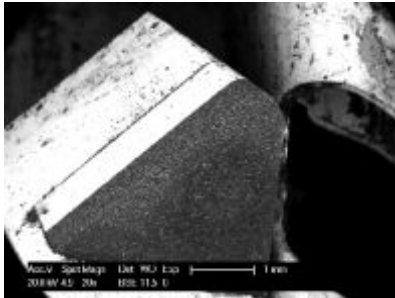
A PCD és CVD-D lapkákat azonban páronként vizsgáltam, hiszen mindkettőből van ISO és Wiper geometriával rendelkező típus.



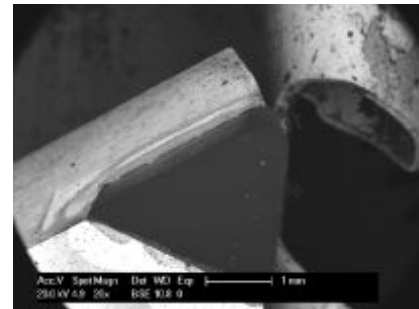
7. ábra PCD-ISO (nagyítás: 20x)



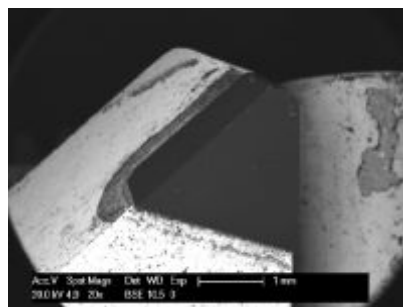
8. ábra CVD-D -Wiper (nagyítás: 20x)



9. ábra PCD- Wiper (nagyítás: 20x)



10. ábra CVD - D – ISO (nagyítás: 20x)



11. ábra MDC-ISO (nagyítás: 20x)

A szerszámok nem rendelkeznek forgácstörővel.

A felhasznált szerszámok pontos megnevezése:

Gyártó:	Lapkakód:	Szerszámtartó:
Tiroltool Werkzeug System GmbH.	CVD-D-Wiper: DCGW 11T304 FR-W Habicht	Sandvik SDJCR 1616H 11
	CVD-D-ISO: DCGW 11T304 FN Habicht	
	PCD-Wiper: DDCGW 11T304 FR-W Sonnblick	
	PCD-ISO: DCGW 11T304 FN Sonnblick	
WNT Deuchland GmbH.	MDC-ISO: DCMW 11T304 MDC	

3.3 Vizsgálatba vont szerszámgép bemutatása



12. ábra EUROturn-12B ellenorsós CNC esztergagép [8]

Műszaki adatok

Legnagyobb elforduló átmérő az ágy fölött (mm)	310
Legnagyobb elforduló átmérő a keresztcsán fölött (mm)	120
Legnagyobb esztergálható átmérő (mm)	120
Csúcsávolság (mm)	300
Ajánlott tokmány átmérő (mm)	160
Főorsó furat / rúd áteresztés (mm)	56 / 44
Főorsó fordulatszám (1/perc)	50 - 6000
Főorsó homlok mérete (-)	A2-5
Főorsó tartományok száma (-)	1
Főorsó teljesítmény tartós: (kW)	7
Legnagyobb főorsó nyomaték (Nm)	67
X/Z löket (mm)	144 / 420
Gyorsmenet X/Z (m / perc)	15 / 30
Alapterület (mm)	2250 x 1500
Magasság (mm)	1800
Villamos csatlakozás (VAC / A)	16A
Gép nettó tömege (kg)	1200

3.4 Felületi érdesség mérőeszközeinek bemutatása

A méréseim folyamán 1920 mérési pontot regisztráltam. Minden egyes forgácsolási felületen 12 ponton mértem az érdességi paramétereket. A méréseket az alábbi képen látható mérőberendezéssel végeztem.



13. ábra Surftest SJ301 (Mitutoyo, Japan)

A metszettapintó tű, mérés közben végigcsúszik a felületen, a magasságirányú mozgásából adódóan keletkező jeleket az átalakító segítségével elektromos jellé alakítja, ezáltal PC-n regisztrálható, mérhető értékeket kapunk.[9]

A gép specifikációi:

- Tapintási magasságkülönbség: 350 μm
- Felbontás 0,01 μm
- Mérési hossz 12,5 mm

4. A kísérlethez felhasznált módszerek

4.1 Az alkalmazott kísérletterv bemutatása

Egyáltalán miért is van szükségünk különböző kísérlettervek készítésére?

A különféle anyagú és kialakítású szerszámok forgácsoló-képességét, illetve a különféle anyagú és állapotú munkadarabok forgácsolhatóságát jellemző mennyiségek többnyire empirikus úton állapíthatók meg. Tehát, mindenképpen szükségünk van valamiféle stratégiára, hogyan is álljunk neki a vizsgálódásnak.

Ahhoz hogy, csökkenteni tudjuk a kísérletek számát, egyszerre több tényezőt kell változtatni, nem szükséges minden egyes beállítási lehetőséget beállítani. A független változók csak kevés értéket (szintet) vesznek fel. Fontos, hogy a vizsgálat során nem lehet kizárni a véletlenszerű hatásokat, ezért a vizsgálat véletlenszerű sorrendben történik és a számítógép a kísérletezés teljes folyamatát (tervezi - sorrendet szab - feldolgoz - ellenőriz) átfogja.[10]

Az korszerű kísérletterv lényege, hogy lerövidítse a kísérlet időtartamát. A kísérlettervezés során ez költségmegtakarítással is együtt jár, hiszen ez által le tudjuk redukálni a gépköltségeket, a gépkezelő költségeit, illetve kevesebb anyag szükségeltetik. Emellett legalább olyan jó vizsgálati eredményeket mutat, mintha minden egyes lehetséges beállítással hajtottuk volna végre a kísérletet.[10]

A megbízhatóság jellemzői

- adekvát modell
- szignifikáns konstansok
- csekély eltérés (*a mért és számított értékeknél*)
- szoros konfidencia sávok
- magas korreláció (R)
- nagy megfeleléség (R^2)

A hatékonyság jellemzői

- beállítások száma
- a kísérletekre fordított összes idő

A vizsgált forgácsolási paramétereket célszerű úgy beállítani, hogy azok megfeleljenek a napjainkban, az iparban alkalmazott értékeknek, és elégítse ki a „HSC” alkalmazások igényét is. Figyelembe véve a vizsgálatban használt megmunkáló központ maximális főorsó fordulátát, illetve a vizsgált alkatrészek viszonylagos „kicsi” (~ 110 mm) átmérőjét, a forgácsolási min-max paramétereket az 4. és 5. táblázat tartalmazza. A forgácsolási kísérleteknél meghatározott kísérletterv az ún. central composit terv, (3 faktoros kísérletterv, 5 szinten vizsgálva) [11].

4. táblázat ISO lapka esetén

$v_{cmin}=500 \text{ m/min}$	$v_{cmax}=2000 \text{ m/min}$
$f_{min} = 0,05 \text{ mm}$	$f_{max} = 0,12 \text{ mm}$
$a_{min} = 0,2 \text{ mm}$	$a_{max} = 0,8 \text{ mm}$

5. táblázat Wiper lapka esetén

$v_{cmin}=500 \text{ m/min}$	$v_{cmax}=2000 \text{ m/min}$
$f_{min} = 0,1 \text{ mm}$	$f_{max} = 0,24 \text{ mm}$
$a_{min} = 0,2 \text{ mm}$	$a_{max} = 0,8 \text{ mm}$

Az 6. és 7. táblázat tartalmazza a vizsgálatba vont szerszámokra alkotott kísérletterv mérési pontjainak beállítandó forgácsolási paramétereit. A 15. és 16. mérési pont (középpontban), ellenőrzésre szolgál. Ezek a mérési pontok új darabra, új beállással, külön-külön kerültek esztergálásra.

6. táblázat

ISO			
Mérési pontok	vc, m/min	f, mm	a, mm
1	667	0,058	0,267
2	667	0,058	0,733
3	667	0,112	0,267
4	667	0,112	0,733
5	1833	0,058	0,267
6	1833	0,058	0,733
7	1833	0,112	0,267
8	1833	0,112	0,733
9	500	0,085	0,5
10	2000	0,085	0,5
11	1250	0,05	0,5
12	1250	0,12	0,5
13	1250	0,085	0,2
14	1250	0,085	0,8
15 (C)	1250	0,085	0,5
16 (C)	1250	0,085	0,5

7. táblázat

Wiper			
Mérési pontok	vc, m/min	f, mm	a, mm
1	667	0,116	0,267
2	667	0,116	0,733
3	667	0,224	0,267
4	667	0,224	0,733
5	1833	0,116	0,267
6	1833	0,116	0,733
7	1833	0,224	0,267
8	1833	0,224	0,733
9	500	0,17	0,5
10	2000	0,17	0,5
11	1250	0,1	0,5
12	1250	0,24	0,5
13	1250	0,17	0,2
14	1250	0,17	0,8
15 (C)	1250	0,17	0,5
16 (C)	1250	0,17	0,5

A paraméterek teljes mértékben megegyeznek, kivéve az előtolás értékeit. Ez, a már fent említett, élgeometriai különbségek miatt van.

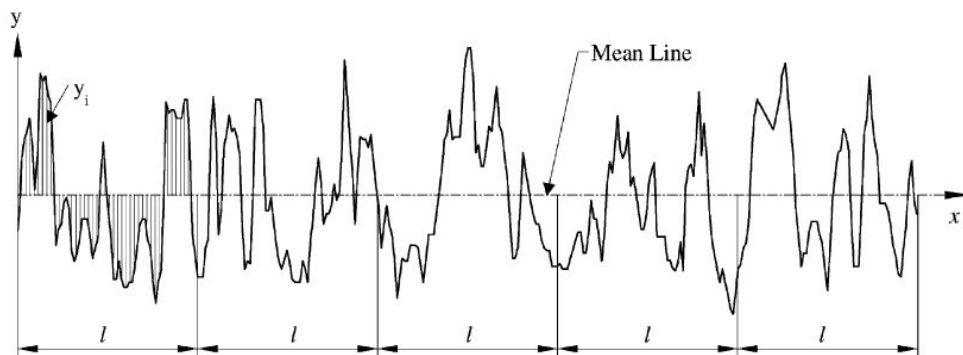
4.2 Vizsgált érdességi paraméterek bemutatása

Átlagos érdesség (R_a) [12]

Ez az egyik legismertebb érdességi paraméter. Az átlagos érdesség azonban csak a felület magassági értékek jellemzésére szolgál. Az iparban a legelterjedtebb jellemző; könnyű mérni, definiálni. Az R_a a tényleges profil és a középvonal közti y_i távolságok abszolút értékének számtani átlaga.

Matematikai definíciója:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$



14. ábra: Az átlagos érdesség (R_a) értelmezése [13]

Segítségével egészen pontos képet kapunk a megmunkált felület finomságáról vagy annak hiányosságáról. A megmunkálás közben, ha az R_a értékek változnak, következtethetünk valamely technológiai paraméter változására, romlására (kopás). Sajnos az átlagos érdességi jellemző nem ad teljes képet a hordozó felületről. Nem tudjuk meg, több völgy, avagy csúcs található a felületen. Ennek ismerete nélkülözhetetlen a későbbi tervezéshez is. Nem tudjuk, hogyan fog működés közben viselkedni a felület.

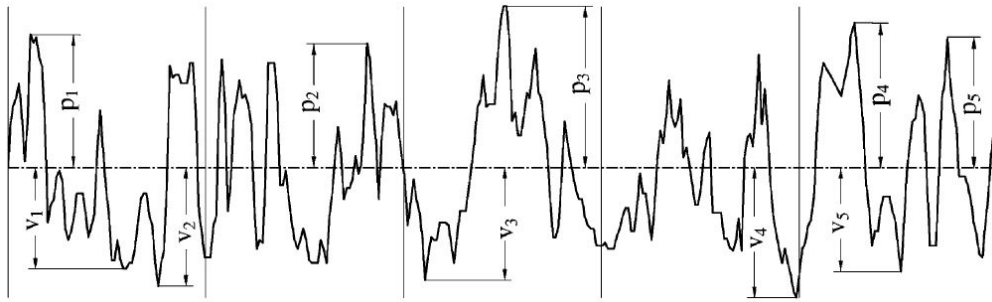
Négyzetes középérték (R_q) [12]

Teljesen megegyezik az átlagos érdesség tulajdonságaival. A különbség abban áll, hogy egy sokkal „érzékenyebb” paraméterről van szó. A középvonaltól való eltérés a négyzetesen szerepel.

Matematikai definíciója:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx}$$

Érdesség magasság (R_z) [12]



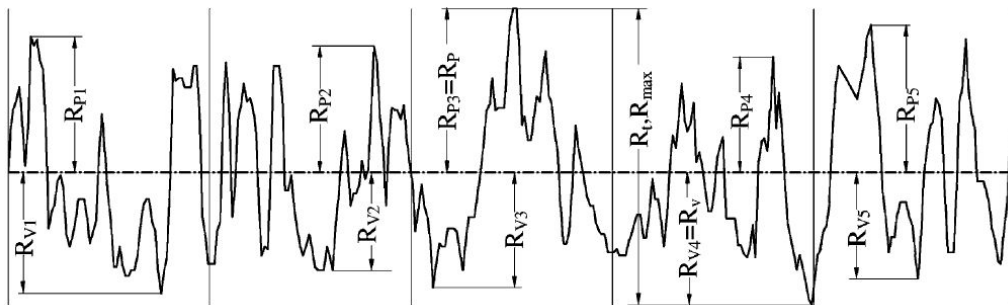
15. ábra Az érdesség magasság értelmezése [13]

Az érdesség magassággal a kiugró értékeket (völgyeket, csúcsokat) lehet meghatározni. A mért hosszon az öt legmagasabb csúcs és az öt legmélyebb völgy távolságának átlagát veszi.

A profil max. csúcsmagassága (R_p) és völgymélysége (R_v) [12]

Az R_p az alaphosszon értelmezett legmagasabb csúcsot jelenti, a középvonaltól a mérési hosszon, míg az R_v a legnagyobb völgy mélységét jelenti a középvonaltól.

A 16. ábrán az $R_{p3} = R_p$ -vel, míg az $R_{v4} = R_v$ -vel.



16. ábra R_p és R_v értelmezése [13]

Maximális egyenetlenség (R_t) [12]

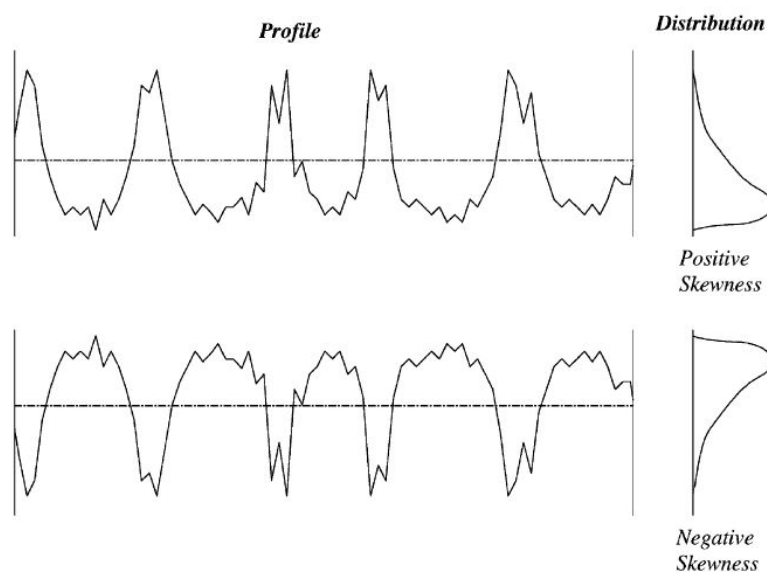
Az R_t paraméter a maximális csúcsmagasság és a maximális karc mélység közötti vertikális eltérést adja meg. Segítségével egyedi hibákra következtethetünk. Azaz:

$$R_p + R_v = R_{p3} + R_{v4} \text{ (16. ábra)}$$

Ferdeségi mérőszám (R_{sk}) [12]

A ferdeségi mérőszám (skewness) paraméter a profil magasságeloszlás-függvényének alakját - a középvonalhoz viszonyított aszimmetriáját jellemzi.

Amennyiben a mért felület profil csúcsai nagyobbak, mint a völgyek mélységei, akkor a felület pozitív ferdeségű. Ha azonban a völgyek mélyebbek a csúcsok nagyságánál, 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. (17. ábra)



17. ábra Ferdeségi mérőszám értelmezése [13]

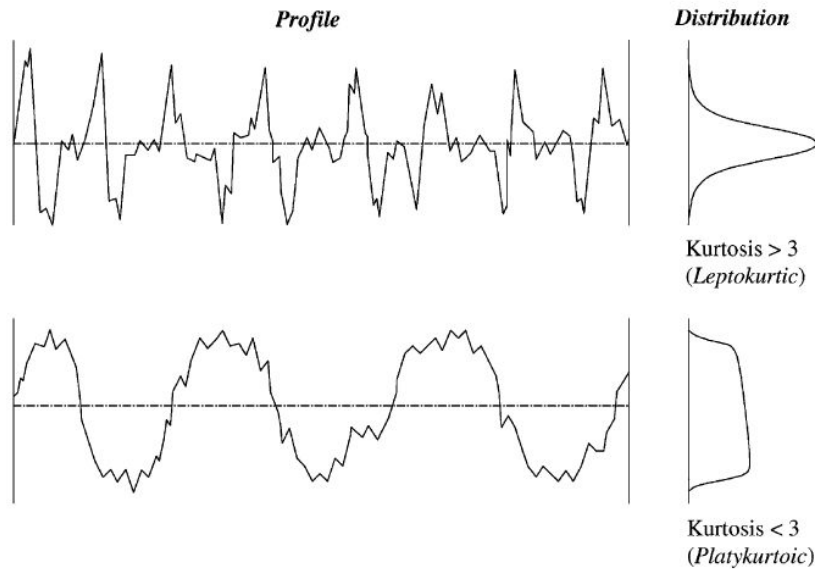
Sokszor fordul elő, hogy egy felület ugyan olyan R_a -val és ugyan olyan R_z -vel rendelkezik, de más alakkal bír. Ezen hordfelületek megítélésére szolgál ez a paraméter.

Matematikai értelmezése:

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy$$

Lapultsági mérőszám (Rku) [12]

Az Rku lapultsági mérőszám (kurtosis), az amplitúdók eloszlásgöbéjének “hegyességét” (vagy “csúcsosságát”), tehát szórását (szórásterjedelmét) jellemzi:



18. ábra Lapultsági mérőszám értelmezése [13]

Ha $Rku > 3$ az egymáson elcsúszó felületeket intenzív kopás jellemzi, ha pedig $Rku < 3$, akkor a kapcsolódó felületek sokkal kedvezőbb működési tulajdonságot mutathatnak. Matematikai definíció szerint:

$$Rku = \frac{1}{R_q^4} \int_{-\infty}^{\infty} y^4 p(y) dy$$

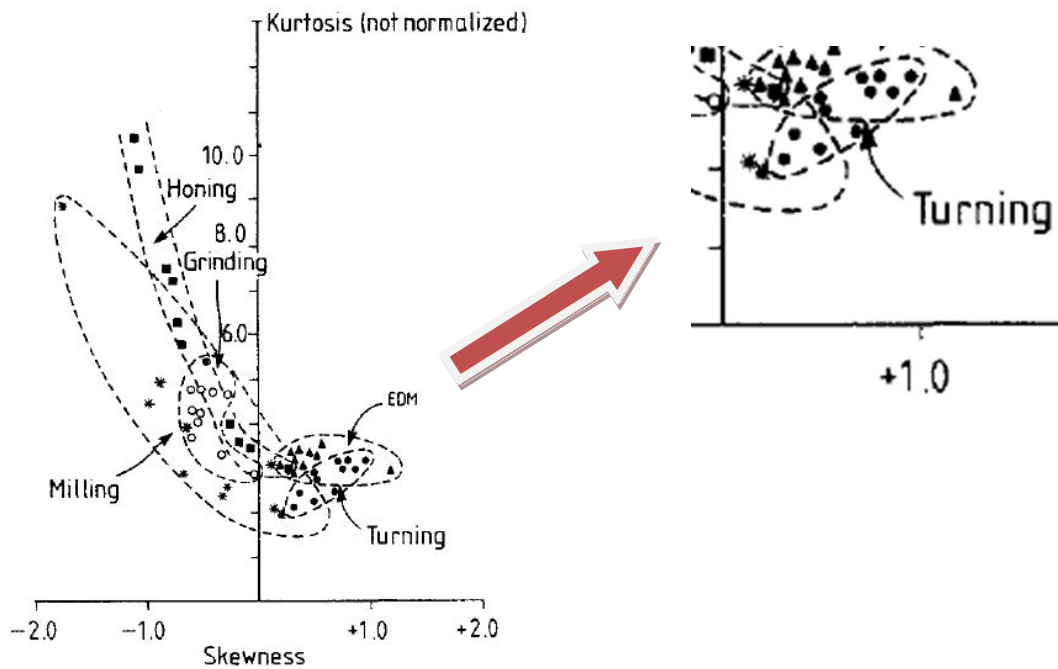
4.3 Topológiai térkép definiálása

A topológiai térkép egy $Rsk - Rku$ síkon ábrázolt pontsor, amely a különböző beállítások (jelen esetben 16 darab) mellett készített felületszakasz egyidejűleg mért érdekességének skewness és kurtosis paramétereit adja meg. E két jellemző nagyban befolyásolja a működési tulajdonságokat, és a készített térkép a következő sajátosságokkal rendelkezik:

- Rsk - Rku koordináta-rendszerben ábrázolva az értékeket, minél jobbra és feljebb van a felület textúrájának egyidejűleg mért Rsk - Rku 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 [14].



19. ábra Az egyes megmunkálási folyamatok tipikus R_{ku} és R_{sk} értéke [15]

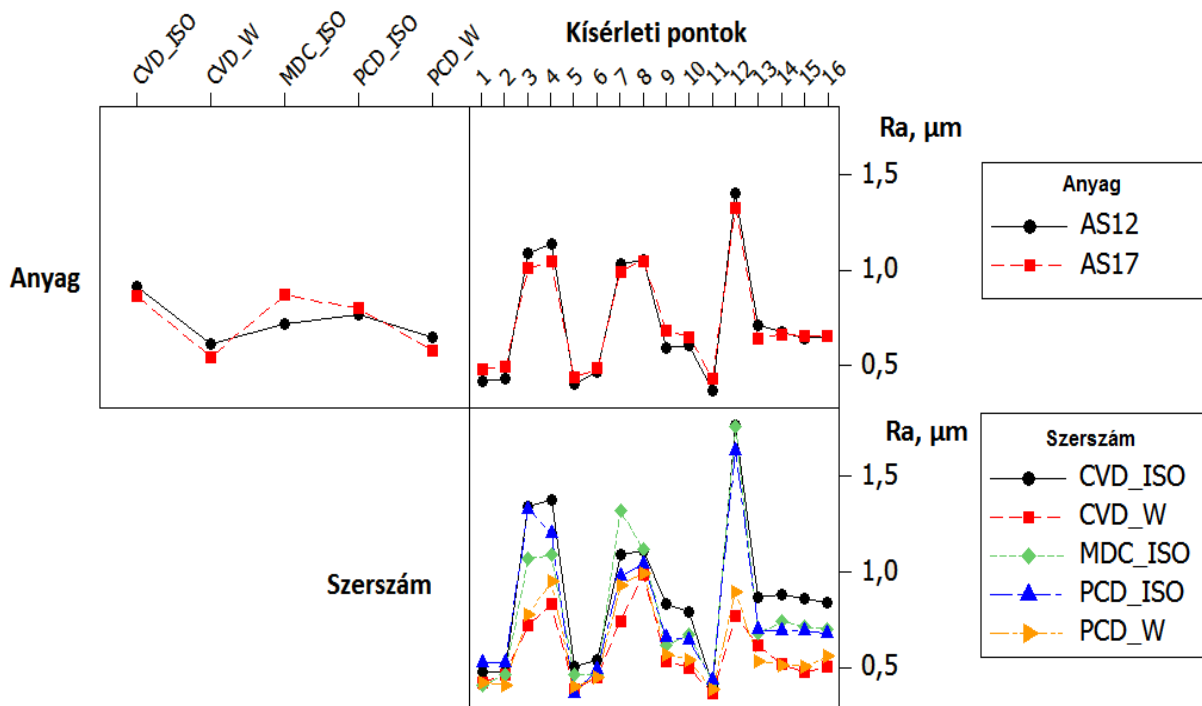
A 19. ábra különféle megmunkálások gyártási területeit mutatja. Az esztergálás a 0 és 1 közötti R_{sk} értékek között helyezkedik el az vízszintes tengelyen. Egyes szerszámokkal nem csak igazoltuk, és 0- hoz közelebbi értékeket tudtunk gyártani, de még a negatív tartományt is sikerült elérni. Az egyes szerszámok gyártási területeit a következő fejezetekben fejtem ki.

Ebben a dolgozatban az esztergálás topológiai térképével foglalkoztam.

5. Eredmények bemutatása

5.1 Általános érdességi paraméterek vizsgálata

5.1.1 Ra alakulásának jellemzése

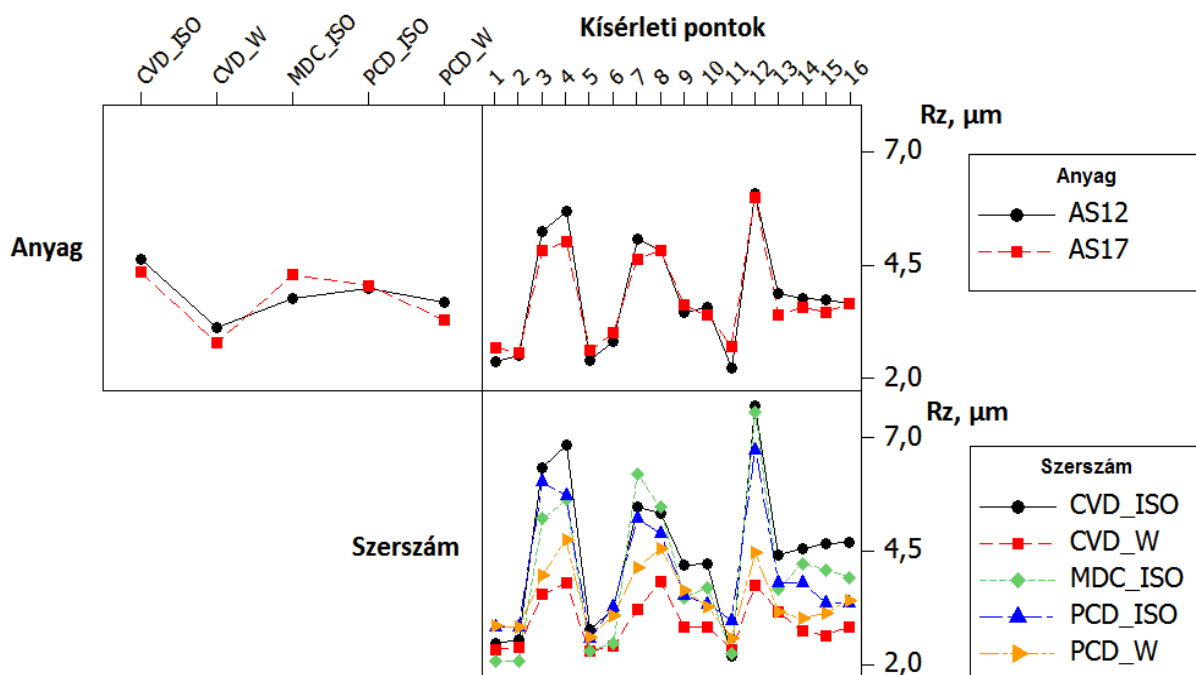


20. ábra Az Ra értékek alakulása

A 20. ábra mutatja, hogy az egyes forgácsolási paraméterek beállításával melyik szerszám, milyen Ra értékeket eredményez. Az ábrán jól elkülönül az ISO és Wiper lapkák által létrehozott érdességi tartomány. A két Wiper lapkához tartozó vonal (PCD-Wiper, CVD-D-Wiper) 0,5 μm és 1 μm körül veszi fel értékeit, míg az ISO tartományról elmondhatjuk, hogy a felső határ kitolódik 1,5 μm - ig is. A szerszámok összehasonlításakor minden mérési pontot figyelembe vettünk, azaz mind az AS12, mind pedig az AS17- es anyag értékeit egyszerre mutatja a diagram.

Az ábra felső részén a két anyag közötti forgácsolhatóság mértékét mutatja. Esztergálás esetében segítségünkre lehet a szerszámválasztásban, az egyes szerszámok más és más módon képesek megmunkálni a két anyagot.

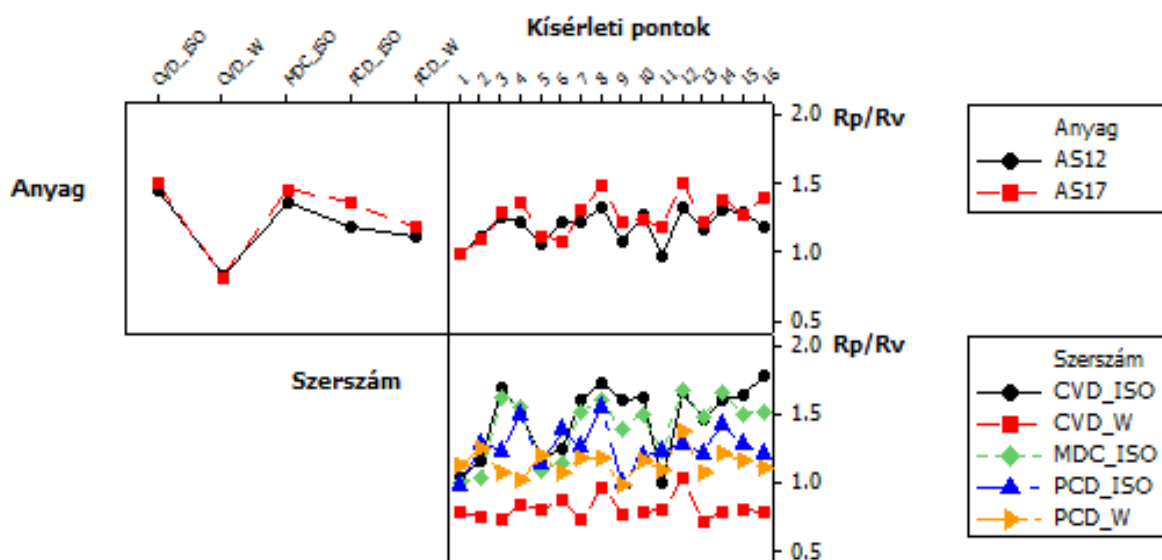
5.1.2 Rz alakulásának jellemzése



21. ábra Az Rz alakulása

A következő ábra (21. ábra) szintén az öt különböző szerszámot mutatja, de az Rz paraméter alapján hasonlítjuk össze. Az Ra és Rz paraméterek egymás közötti kapcsolata miatt az ábráról szinte ugyan azt tudjuk leolvasni. Az Rz értékek azonban érzékenyebbek, jobban össze lehet hasonlítani a szerszámokat. A CVD-D-Wiper és a PCD-Wiper közötti különbség eddig nem igazán volt szembetűnő az Ra értékek alapján, de az eltérés ebben az esetben már nyilvánvaló. A Wiper szerszámok közül a CVD-D teljesített a legjobban, megelőzve a PCD - t.

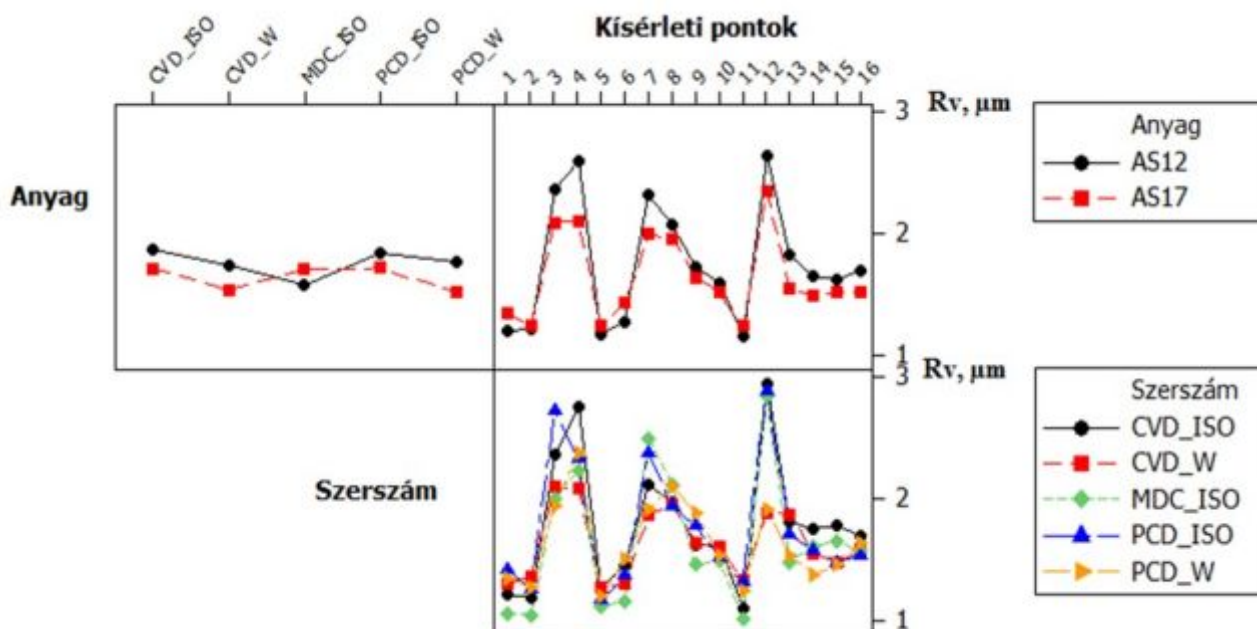
5.1.3 Rp, Rv kapcsolata



22. ábra R_p/R_v arányok értékei

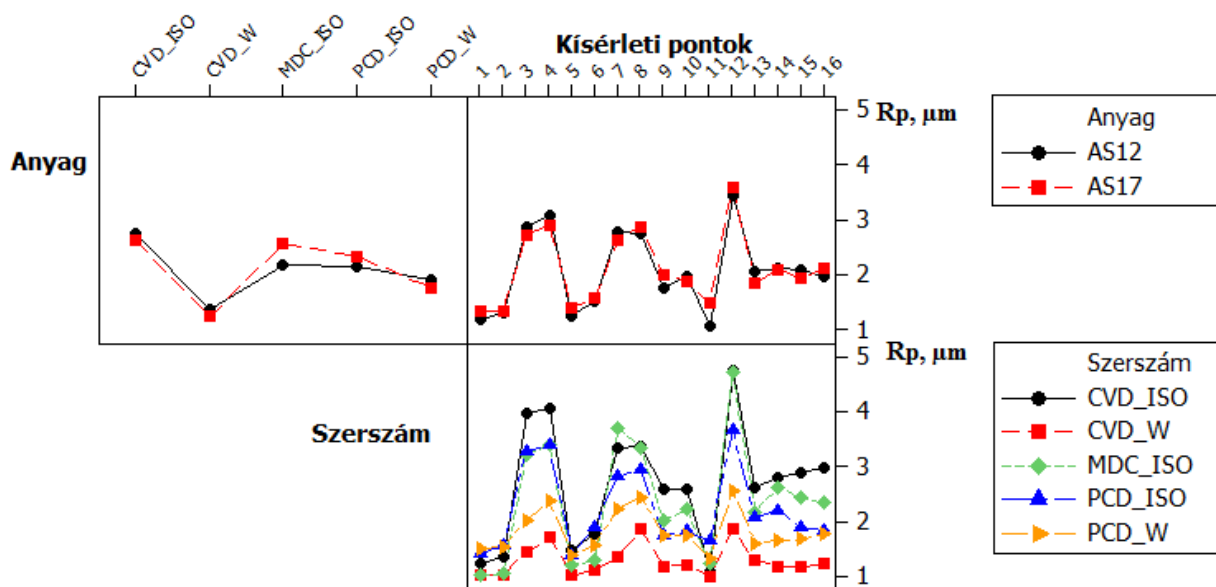
A Wiper szerszámok kisebb R_a és R_z értékeinek magyarázatára használhatjuk az R_p/R_v aránypárt is, hiszen ez a csúcsok és völgyek közötti arányt mutatja. Az $R_p/R_v = 1$ teljesen szimmetrikus felületet jelent. A PCD-Wiper közel 1-et mutat. A legrosszabbnak, túlnyomó részt, a CVD-ISO bizonyult.

Az R_p/R_v arány számlálóját és nevezőjét (a gyártott felületek csúcs és völgy paramétereit) a 23. és 24. ábra mutatja részletesen.



23. ábra R_v értékei

Az R_v értékeket megfigyelve, láthatjuk, hogy nem nagy különbség van az öt szerszám között. Szinte teljesen egyszerre alakulnak az érdességi paraméter völgy értékei.



24. ábra Rp értékei

Az Rp értékek esetében szemmel láthatóan elkülönülnek egymástól. Ez annyit tesz, hogy az ábrából leolvassva megállapíthatjuk, hogy a Wiper szerszámok (különösen CVD-D Wiper szerszám) sokkal kevésbé csúcsos felületet gyárt. Természetesen ez a már ismertetett okokból következik, a Wiper kialakításnak köszönhetően a lapka „legyalulja” a csúcsokat. Így az Rp/Rv arány változása a vizsgált szerszámok által gyártott felületeknél számottevően az Rp paraméter változásától függ.

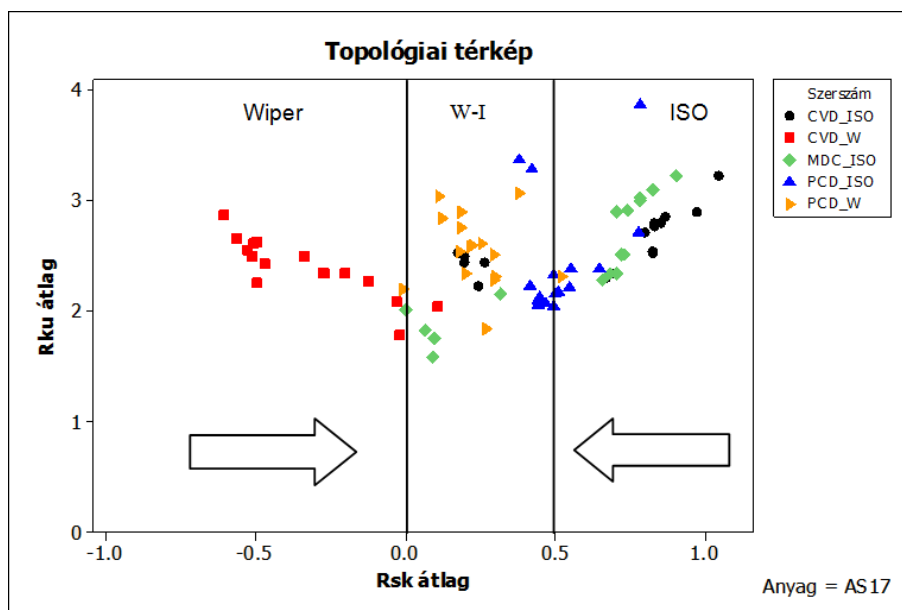
5.2 A vizsgált szerszámok topológiai térképének elemzése

5.2.1 Mérési eredmények a vizsgált szerszámokra

Először is megvizsgáltam mind az öt szerszám közös topológiai térképét, mindkét vizsgált alapanyag esetében. Az ábrán szereplő 1 pont, 12 mérési pont átlagának felel meg.

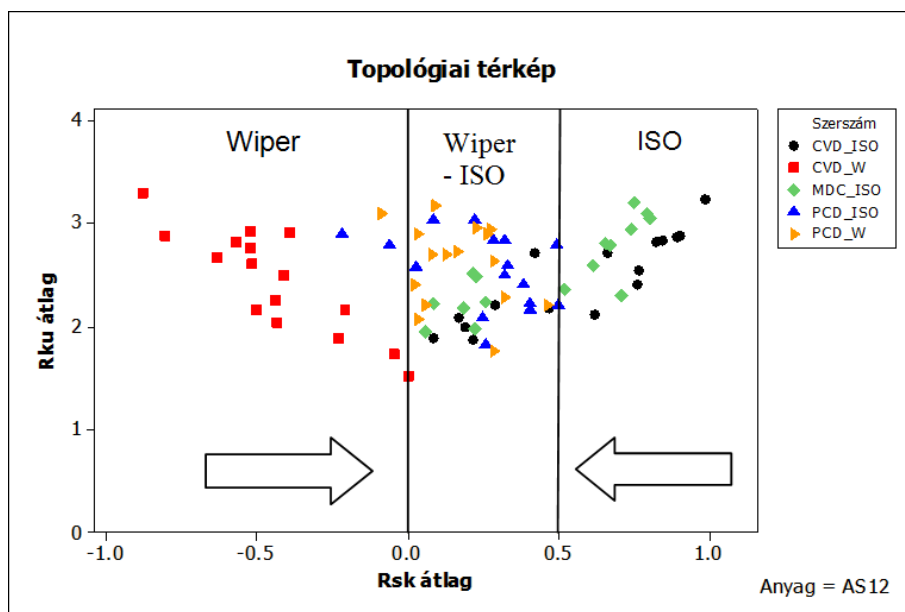
A 25. ábra az AS17-es anyag Rsk-Rku értékek alakulását mutatja. Látszik, hogy a különböző élkialakítások egy-egy összefüggő csoportot eredményeznek a topológiai térképen. Az első ilyen sávban (bal szélső) a CVD - Wiper értékei helyezkednek el. Ebben az esetben körülbelül -0,6 és 0 közé esnek a vízszintes tengelyen. A másodikban (középen) egy vegyes tartomány figyelhető meg, ahol is megtörténik az átmenet. Itt Wiper és ISO szerszámok által

gyártott Rsk értékek egyaránt vannak. A közös tartomány 0 és 0,5 között helyezkedik el. Majd pedig az utolsó tartományba, 0,5 és 1 közé, csak az ISO szerszámok gyártottak.



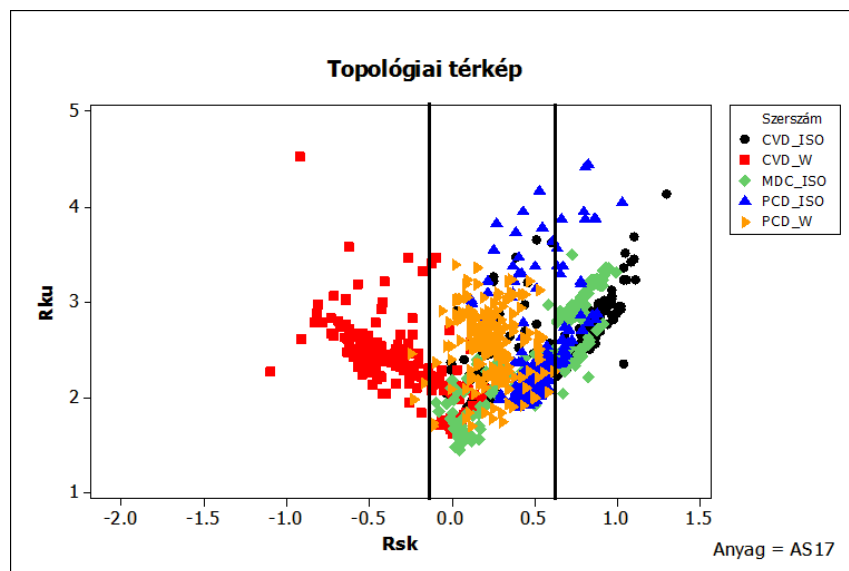
25. ábra Az öt szerszám topológiai térképe AS17- es anyagnál

A 26. ábra szintén az öt szerszám topológiai térképet mutatja, de az AS12 esetében. A két anyag közötti mechanika különbségekből adódóan, látható, hogy a tagozódás ugyan úgy megvan. Habár a középső rész sokkal több ISO-t tartalmaz, de megvan a hármas tagozódás. A negatív rész kiszélesedett, 0-tól egészen -1-ig elhúzódik.

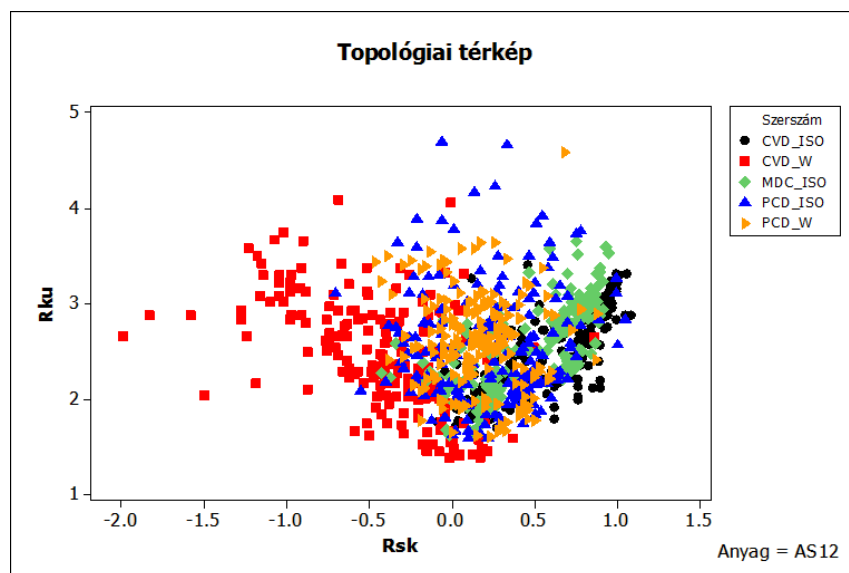


26. ábra Az öt szerszám topológiai térképe AS12- es anyagnál

A következő 2 ábra (27., 28. ábra) olyan topológiai térképet mutat ahol az összes mérési pont szerepel. (Szemben az előzőekben bemutatott 25. és 26. ábrán látható R_{sk} – R_{ku} értékek átlagaival.) Ezáltal látható, hogy az összes érték szerepeltetésével ugyan úgy, látványosan elkülönülnek az egyes szerszámok gyártási területei.



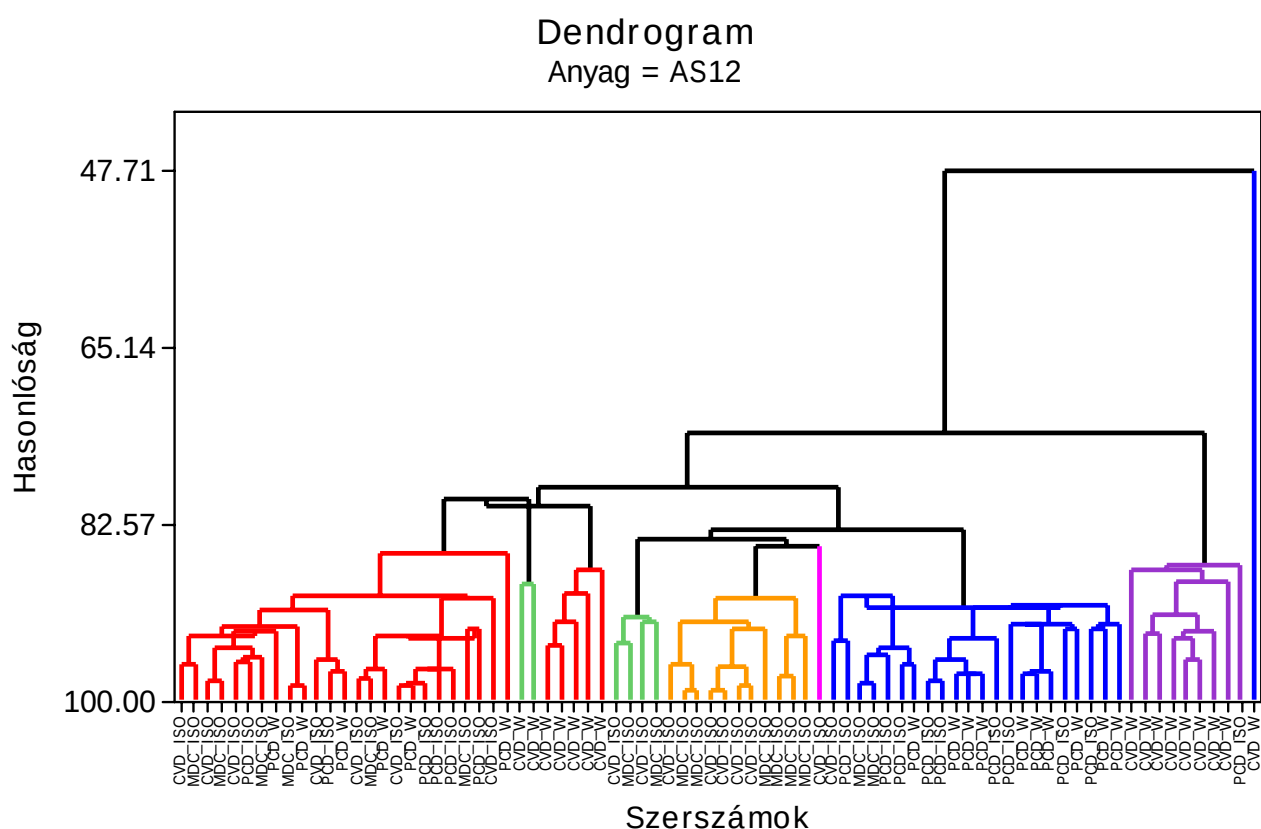
27. ábra Az összes mérési pontot mutató topológiai térkép (öt szerszám esetén, az AS17 anyagnál)



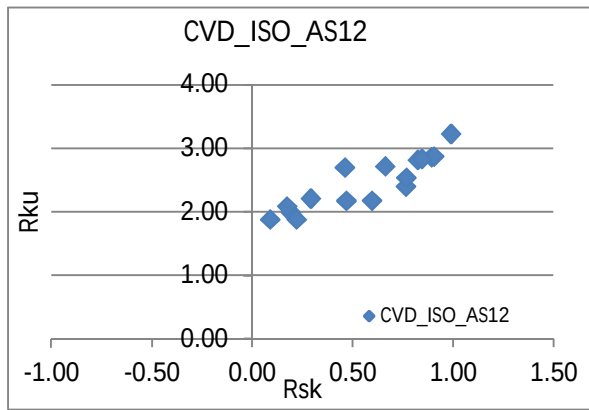
28. ábra Az összes mérési pontot mutató topológiai térkép (öt szerszám esetén, az AS12 anyagnál)

Az egymáshoz tartozó Rsk-Rku pontokat csoportelemzéssel is vizsgáltam. A hierarchikus csoportelemzés során az egyes pontpárok távolságainak megfelelően csoportokat hozunk létre. Az egyes csoportokba tartozást a hasonlósági érték adja meg, amelyet dendogramokról (29. és a 30. ábra) olvashatunk le. A kétféle dendogram a két anyagnak megfelelően külön látható. A vízszintes tengelyen az egyes kísérleti beállítások találhatók, az adott kísérleti beállításhoz használt szerszámok megnevezésével. Azon szerszámok tartoznak az Rsk-Rku szerint egy csoportba, amelyek azonos színnel rendelkeznek.

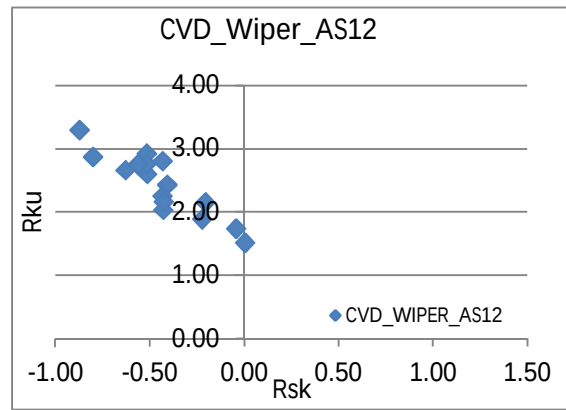
Látható az ábrákról, hogy a Wiper geometriájú és az ISO geometriával rendelkező szerszámok csoportokba rendeződtek. Az egyes típusok az ISO geometrián belül nem különülnek el, keverednek.



29. ábra Rsk – Rku értékek dendogramja AS12-es anyagnál

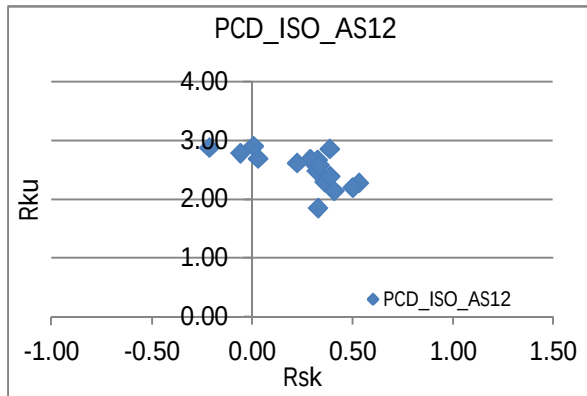


31. ábra CVD-D-ISO szerszám topológia térképe

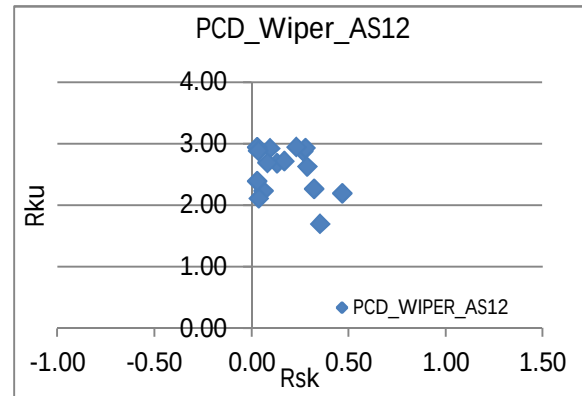


32. ábra CVD-D-Wiper szerszám topológia térképe

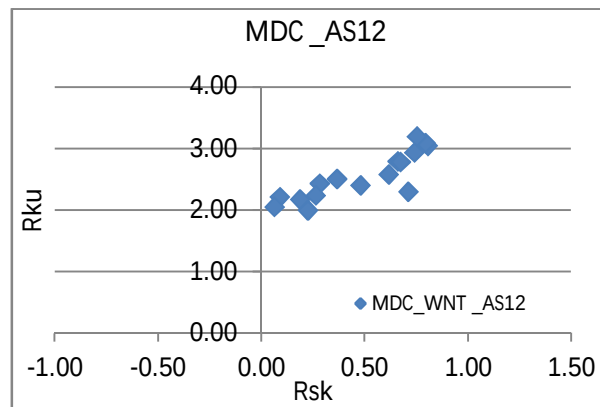
A 31. és a 32. ábrán jól látszik, a CVD-D éanyagú lapkás szerszám esetében, hogy teljesen más területekre gyárt az egyik, másik szerszám. Az ISO esetében 0,1 és 1 közötti értékeket vesznek fel az Rsk pontok, a Wiper esetében pedig ~0 és -1 közöttiek. Ez, azt jelenti, hogy ugyan olyan forgácsolási paraméterek mellett is a két szerszám által létrehozott hordozófelület mégis teljesen eltér egymástól.



33. ábra PCD-ISO szerszám topológia térképe



34. ábra PCD-Wiper szerszám topológia térképe



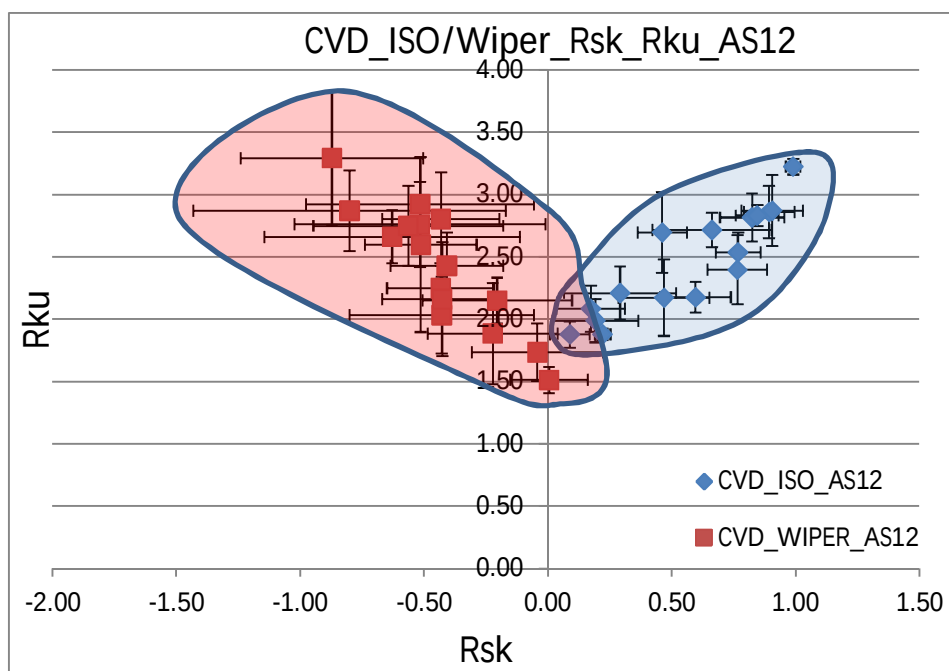
35. ábra MDC-ISO szerszám topológia térképe

A PCD szerszám esetében, azonban teljesen más értékeket kaptam. Míg az ISO kivitelű maradt a közel 0 és 1 (0,5) közötti tartományban, addig a Wiper lapka által képzett felület értékei, összehasonlítva a CVD lapkával, jobbra csúsztak a topológiai térképen. Ez azt jelenti, hogy a hordfelület nagy valószínűséggel rosszabb tribológiai szempontból.

A természetes gyémánt (35. ábra) szintén maradt az ISO szerszámtól már megszokott értékek között, azonban megfigyelhető, hogy kiszámíthatóbb, egyenletesebb, jobban tervezhető pontsört kaptunk.

Kiválasztottam a két legjobban elkülönülő szerszámpárt, amik ugyan azon élyanyagból, de eltérő élgeometriával rendelkeznek, (CVD-D ISO és a CVD-D Wiper-re). A továbbiakban a vizsgálataimat ezekre a szerszámokra terjesztetem ki részletesebben.

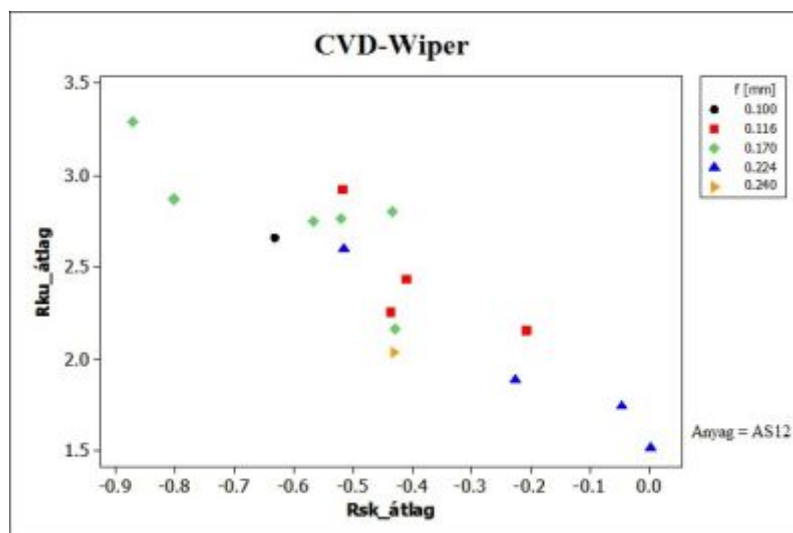
A 36. ábra szemlélteti, mennyire élesen különül el a két szerszám által alkotott felületek topológiai térképe. Az egyes pontokon (12 adat átlaga) feltüntettem a szórások nagyságát. Megfigyelhető, ISO-nál sokkal kisebb szórással rendelkeznek az értékek, mint a Wipernél.



36. ábra CVD-D ISO/Wiper topológiai térképe

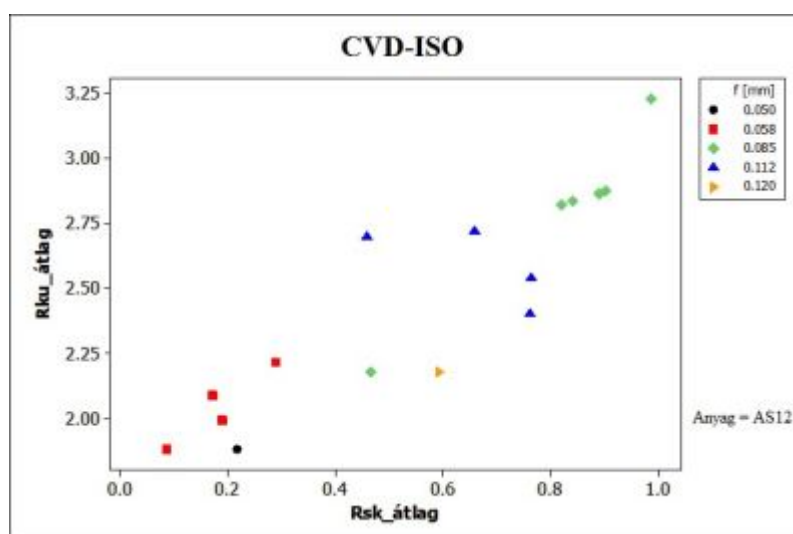
A következő ábrák (37. és 38. ábra) szintén a topológiai térképet mutatják a CVD szerszámnál, az előtolás értékekkel feltüntetve.

A 37. ábra a Wiper szerszámot mutatja. Látszik, hogy az előtolásokhoz tartozó értékek, ha nem is teljes mértékben, de elkülönülő csoportokat alkotnak. Az előtolás növelésével az Rsk értékek növekednek, míg az Rku értékek csökkennek.



37. ábra CVD-D Wiper_Rsk-Rku

ISO élgeometria esetében (38. ábra) szépen elkülönülnek az egyes előtolás értékekhez tartozó pontok. Sokkal jobban, mint az előző esetben. Az előtolás növelésével csak egyre inkább rontunk a felület minőségén tribológiai szempontból. Az Rsk értékek és az Rku értékek is növekednek.

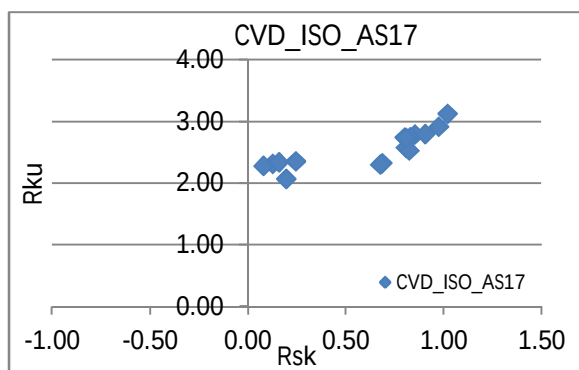


38. ábra CVD-D ISO_Rsk-Rku

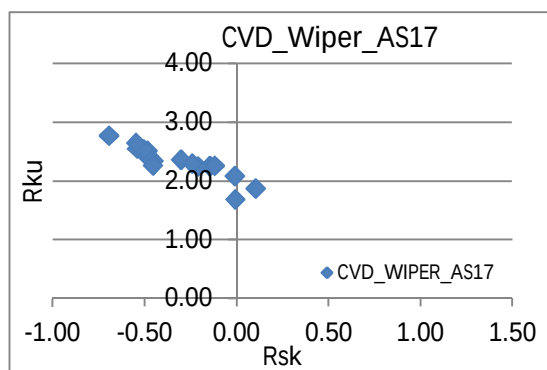
5.2.3. AS17- es anyag vizsgálati eredményei

Az AS17-es anyag esetében is megvizsgáltam a topológiai térképeket minden egyes szerszámról.

A 39. és a 40. ábráról szintén leolvasható, mint az AS12 esetében, a Wiper lapka -1 és 0 között, míg az ISO lapka 0 és 1 közötti értékeket vesznek fel.

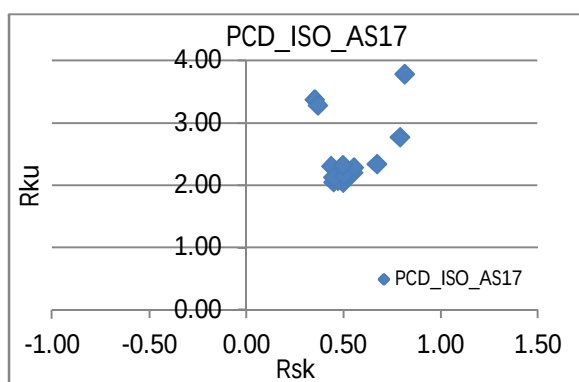


39. ábra CVD-D-ISO szerszám topológia térképe

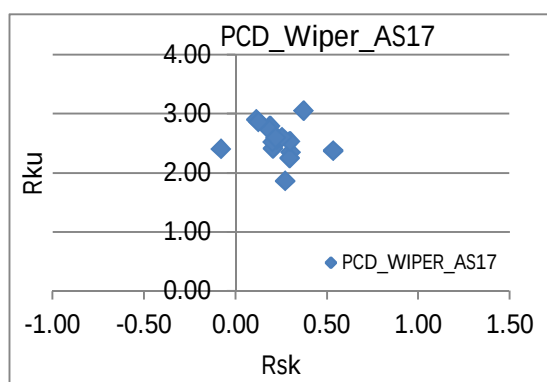


40. ábra CVD-D-Wiper szerszám topológia térképe

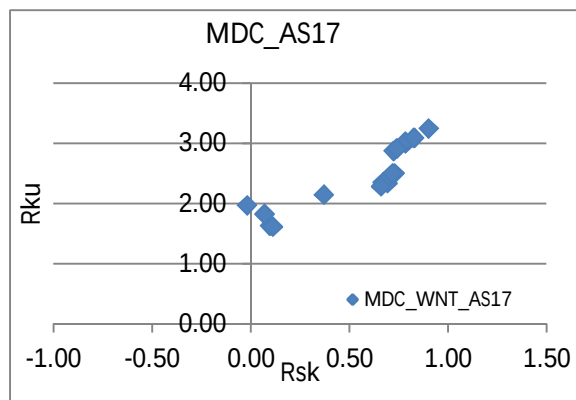
A PCD esetében megint csak elmondható, hogy ugyan arra területre gyárt a topológiai térképen, bár itt már jobban elkülönül a két szerszám, azaz a Wiper lapka jobban teljesített, hiszen az értékek inkább a 0-hoz közelítenek. Az ISO esetében inkább a 0,5 körül teszi fel az értékeket.



41. ábra PCD-ISO szerszám topológia térképe

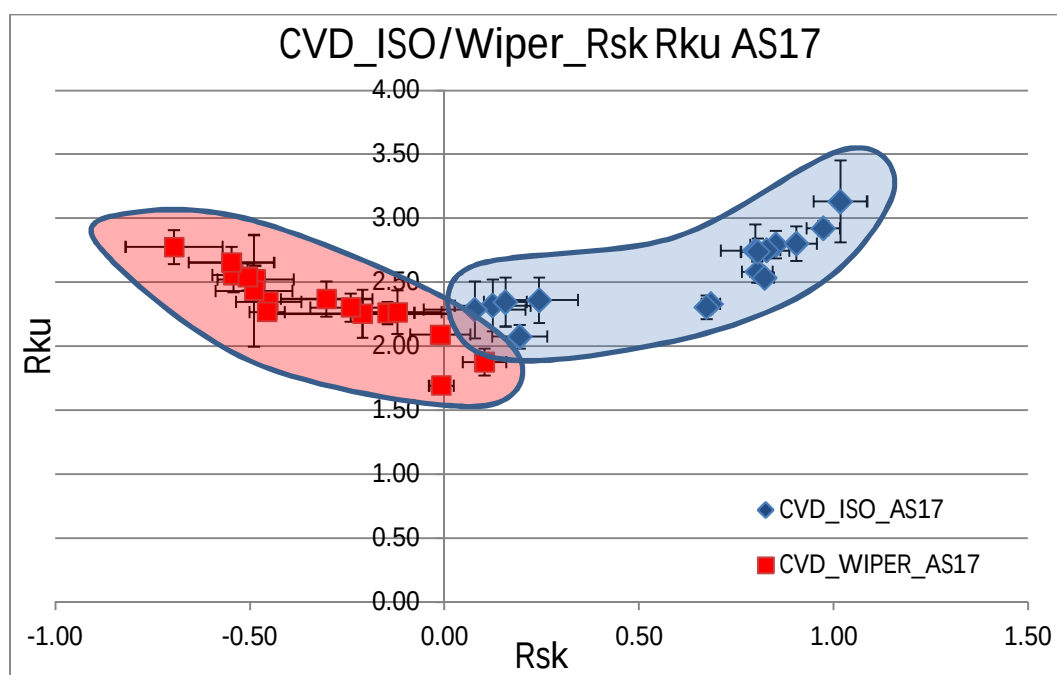


42. ábra PCD-Wiper szerszám topológia térképe



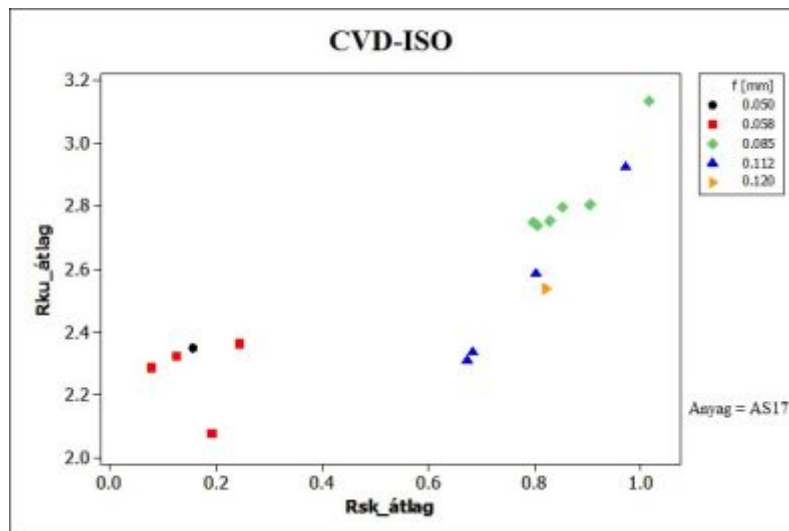
43. ábra MDC szerszám topológia térképe

Az MDC-nél ha összevetjük az AS12-es anyaggal, akkor majdhogy nem teljes egyezést figyelhetünk meg. Mindkét esetben az Rku értékek 2-3 között helyezkednek el és az Rsk értékek pedig 0 és 1 között.



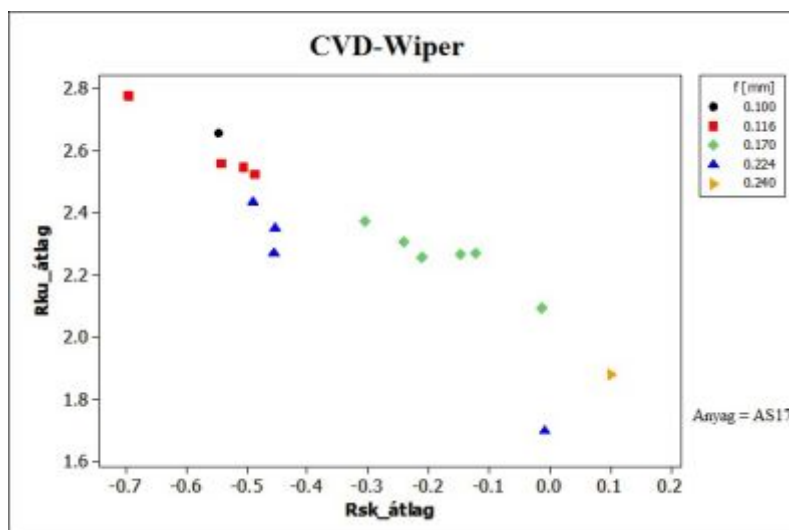
44. ábra CVD ISO/Wiper szerszám topológiai térképe

A CVD szerszámokat jobban megvizsgálva, külön ábrán feltüntetve (44. ábra), szórással együtt, látható, hogy a két terület, ahová gyárt, szintén elkülönül egymástól. Továbbá, összevetve az AS12-vel, az ISO esetében megint csak kis szórással rendelkeznek, de a Wiper esetében, míg az előbbi esetben viszonylag nagy szórással bírt, addig itt alig van eltérés a 12 mért pont között.



45. ábra CVD_ISO_AS17_Rsk-Rku

A CVD-ISO szerszám Rsk-Rku térképén szintén elkülönülnek az egyes halmazok az előtolások függvényében. Látszik, hogy az előtolás (f , mm) növelésével egyre csak romlik a hordozó felület. Minél nagyobb az előtolás, annál nagyobb Rsk és Rku értékek tartoznak hozzá.



46. ábra CVD_Wiper_AS17_Rsk-Rku

A Wiper esetében elmondható, hogy az előtolás növelésével ebben az esetben is romlik a felület minősége. A különálló csoportok szintén megfigyelhetők, amik az előtolás alapján csoportosulnak.

6.Összegzés

6.1 Konklúzió

Összefoglalva a jelen vizsgálatot, az alábbi következtetések mondhatók el:

- bizonyítást nyert, hogy a különböző élananyagok és élgeometriák érdesség előállító képessége különbözik;
- A Wiper élgeometriájú szerszámok még kétszeres előtolás tartományban is jobb Ra és Rz érdességi értékeket gyártanak, mint az azonos élananyagú ISO geometriával rendelkező szerszámok. Ennek magyarázata az Rp/Rv arány vizsgálatában keresendő.
- A Wiper geometriával rendelkező szerszámok érdességi profiljai (az ISO-val azonos Rv értékek mellett) szignifikánsan kisebb (ISO - hoz képest) Rp csúcsokat gyártanak.
- A jelen vizsgálatban a szerszámok által gyártott topológiai térképek a vizsgált alapanyagtól nem, a vizsgált szerszám élananyagától nem, csak az élgeometriától függtek.
- Az Rsk paraméterek függvényében éles határok határozhatóak meg a különböző élgeometriák által gyártott felületek topológiai térképében.
- Kimondható, hogy a jelen vizsgálatban az AS17-es anyagminőségnél (960 mérési pont alapján) az Rsk értéke a szerszámgeometria függvényében a következő módon alakul:

Szerszám geometria	Wiper		Wiper & ISO		ISO
Rsk	-1	<	0-0,5	<	1

- az AS12-es anyagnál a topológiai térképben az AS17-hez hasonló elkülönülés nem figyelhető meg, de negatív ($Rsk < -0,5$) ferdeségű felületet ebben az esetben is csak Wiper geometriával lehet létrehozni.
- Az ISO geometriájú szerszámok Rsk – Rku értékei kisebb szórással gyárthatóak, mint a Wiper szerszámok által gyártott felületeké.
- Ebben a kutatásban a vizsgált szerszámgeometriákkal a finom esztergálás topológiai térképében az Rsk értékek negatív tartományt is felvesznek, szemben a szakirodalomban eddig ismertetett „klasszikus” esztergálási területtel.

6.2 Jövőbeli célok

A későbbiekben szeretném tovább folytatni a vizsgálatokat. A vizsgált érdességek, teljesen eltérő Rsk értékei, a gyártott felületek eltérő tribológiai viselkedését vetíthetik előre. Ezt a várható tribológiai viselkedést szeretném tovább kutatni koptatási vizsgálatokkal.

7.Irodalom

- [1] Dr. Várhegyi Győző: A Magyar alumínium 50 éve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984
- [2] Baránszky-Jób Imre: Az alumíniumról, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1973
- [3] Dr. Zorkóczy Béla: Metallográfia és anyagvizsgálat, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1968
- [4]<http://www.bgk.uni-obuda.hu/~aat/oktatas/gepesz/anyagtudomany2/gyakseg2.htm>
- [5] Horváth Richárd – Dr. Palásti Kovács Béla - Dr. Sipos Sándor: Optimális szerszámválasztás alumíniumöntvények környezetbarát finomesztergálásához, *International Engineering Symposium at Bánki (IESB 2011)*, Budapest, Magyarország, (2011) 1-14.
- [6] Vadim S. Zolotarevsky – Nikolai A. Belov – Michael V. Glazoff: Casting aluminum alloys, first edititon, Amsterdam, Netherlands (2007)
- [7] W. Grzesik, T. Wanat: Surface finish generated in hard turning of quenched alloy steel parts using conventional and wiper ceramic inserts, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 46 (2006) 1988-1995
- [8] <http://www.nct.hu/prosp/ncttermek/index.html>
- [9] Dr. Horváth Sándor, A felületi hullámosság 2D-s és 3D-s jellemzése, a működési tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata és elemzése, Doktori (PhD) értekezés, Budapest, 2008
- [10] dr. Sipos Sándor: DoE a forgácsolószerszámok vizsgálatánál, elektronikus jegyzet, 2013
- [11] Horváth Richárd, Dr. Mátyási Gyula Alumínium alkatrészek forgácsolhatóságának vizsgálata kísérletterv segítségével, *XVIII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka* Cluj-Napoca, Románia, (2013) 159-163
- [12] Czifra Árpád: Útmutató A Tribológia tárgy Mikrotopográfiai vizsgálatok laborgyakorlatához, Budapest, 2011. http://www.gbi.bgk.uni-obuda.hu/oktatas/segedanyagok/gepelemek/tribologia/Utmutato_trib_labor.pdf
- [13] E.S. Gadelmawlaa, M.M. Kourab, T.M.A. Maksoucf, I.M. Elewaa, H.H. Solimand, Roughness parameters, *Journal of Materials Processing Technology* 123 (2002) 133-145
- [14] Horváth Richárd – Sipos Sándor dr.: Topológiai térképek alumíniumöntvény finomesztergálásakor, *Óbuda University e-Bulletin* Vol. 2, No. 1, 2011
- [15] Whitehouse, D.I. (1994), Handbook of Surface Metrology, Institute of Physics Publishing, Bristol, U.K.