

NECURON ANYAGOK FORGÁCSOLHATÓSÁGI VIZSGÁLATA MARÁSSAL

Szalókiné Pogácsás M.¹, Dr. Farkas G.²

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar

² Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Absztrakt. A polimer mátrixú kompozit anyagok alkalmazása az ipari termékgyártásban egyre elterjedtebb. Háztartási eszközök, sporteszközök, továbbá gépkocsi alkatrészek előállításánál is alkalmaznak ilyen anyagokat. A tanulmányunkban vizsgált NECURON anyagminőségek a szemcsés szerkezetű polimer mátrixú kompozitok körébe tartoznak. Ezeket az anyagokat főként modellezéshez, készülékezéshez, illetve felszerszámozáshoz használják. Kísérleteinkben három különböző minőségű NECURON anyag forgácsolhatóságát vizsgáltuk, ezen belül is a maráskor ébredő erőhatásokat és nyomatékot, továbbá néhány az ipari gyakorlatban ismert 2D-s mikrojeometriai jellemzőkkel foglalkoztunk. A tanulmányunk célja, hogy az ipar számára hasznos következtetéseket vonjunk le ezen anyagok forgácsolhatóságát illetően.

Keywords: NECURON, forgácsolhatóság, fajlagos forgácsolóerő, mikrojeometria, sarokmarás

1 Bevezetés

A műszaki tudományok számos területén és az ipari gyakorlatban a műszaki műanyagok fejlesztése, alkalmazhatóságának vizsgálata és felhasználása mára igen nagy jelentőségű. Elmondható, hogy a műanyagok egy része ma már nem pótanyagként jelenik meg, hanem fontos szerkezeti anyagként. Különösen nagy változások és változatok jelentek meg a különféle módszerrel előállított, társított műanyagok terén. Mindezt figyelembe véve, a kompozit anyagok megmunkálhatóságának és a létrejött felületek mikrojeometriai jellemzésének kísérleti úton történő vizsgálata, elemzése megalapozott. A műanyagok fejlesztése napról napra nagy mértékben történik, ezért a műanyagokhoz kapcsolódó megmunkálási technológiák (pl. forgácsolás) vizsgálata is célszerű, szükségszerű. [1]

Az alábbi tanulmány részletesen foglalkozik háromféle NECURON anyag forgácsolhatósági vizsgálatával, azon belül is a fajlagos forgácsolóerő és a nyomaték alakulásával, illetve a megmunkált felület mikrojeometriai elemzésével.

2 Anyag és módszer

2.1 A vizsgált NECURON anyagok

A kutatáshoz felhasznált NECUMER gyártmányú NECURON típusú anyagokat az Equip-Test Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. Ezek az anyagok szemcsés szerkezetű polimer mátrixú kompozitok, melyek legfőképpen a modellezés, a készülékezés és a felszerszámozás területén használatosak. Közös jellemzőjük a homogén szerkezet, a mérettartósság, a zsugorodásmentesség, a magas élstabilitás és a korlátlan tárolhatóság teljesen lapos és száraz helyen. [2]

A vizsgált anyagok, melyeknek a tulajdonságai az **1. táblázatban** láthatók, a következők: NECURON 840, NECURON 1001 és NECURON 1050. Ezeket aszerint választottuk ki a cég termékpalettájából, hogy minél jobban lefedjék az ajánlott alkalmazási területeket.

1. táblázat. Necuron anyagok tulajdonságai [2]

NECURON	840	1001	1050	
Hőtágulási együttható	45	50	70	$10^{-6} K^{-1}$
Hőmérsékleti ellenállás	130	70	70	°C
Shore D	80	83	82	-
Nyomószilárdság	52	70	82	N/mm ²
Hajlító szilárdság	54	75	81	N/mm ²
Sűrűség	0,98	1,2	1,2	g/cm ³
Kopásállóság	-	680	400	mm ³
Horony-ütőhajlító szilárdság	-	-	11,3	kJ/m ²
Ragasztóanyag	K8T	K8	K11/K8	

2.2 Az alkalmazott marószerszám

A forgácsolószerszám választása során olyan szerszámot kerestünk, amely kifejezetten polimer mátrixú kompozitok marásához ajánlott, így találtuk meg a most ismertetésre kerülő különleges élgeometriájú szármarót.

A maráshoz az **1. ábrán** látható B20020.450 számú hengeres, 8 élű, 10 mm névleges átmérőjű szármarót használtuk, amit tesztszerszámként a FRAISA SA cég bocsátott a rendelkezésünkre. [3]



1. ábra. B20020.450 szármaró

2.3 A maráshoz választott forgácsolási paraméterek

Mielőtt a marási paramétereket kiválasztottuk volna, információkat kerestünk erre vonatkozóan a szakirodalomban, illetve a NECUMER cég által ajánlott paramétereket is áttanulmányoztuk.

A fordulatszám maximum értékének határt szabott a Kistler nyomatékmérő berendezés, így az ajánlott forgácsolási adatokat ennek és a szerszám geometriájának függvényében kellett felülbírálnunk.

A megvalósított kísérleti beállítások a következők voltak:

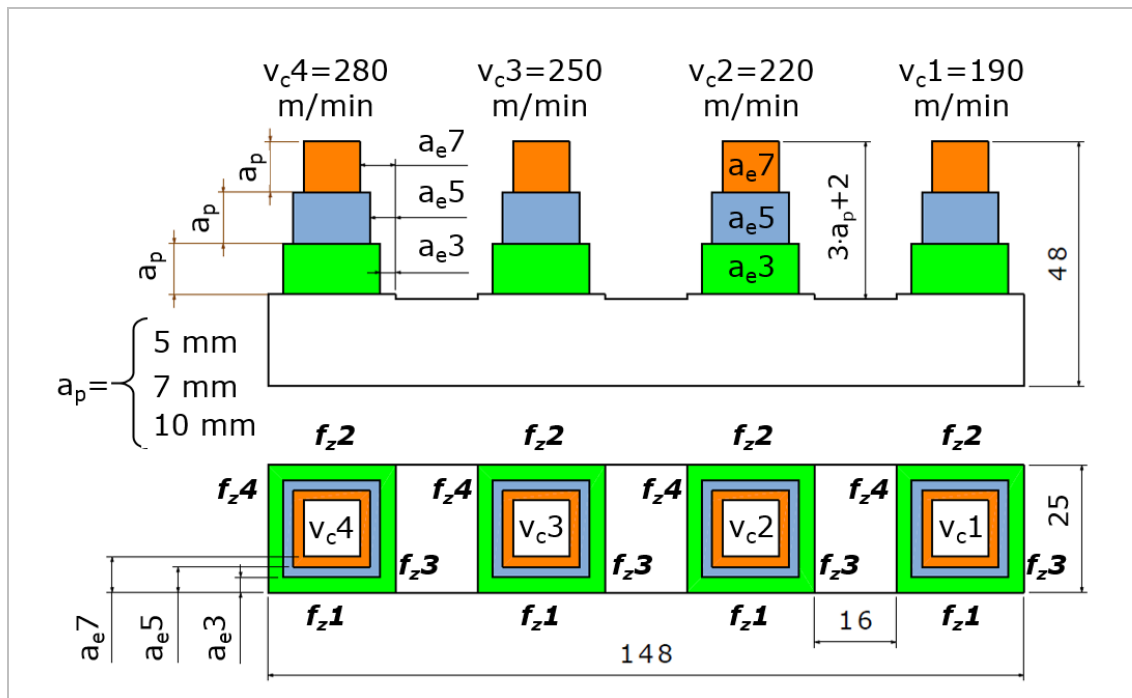
- forgácsolósebesség, $v_c = 190; 220; 250; 280$ m/min
- fogankénti előtolás, $f_z = 0,1; 0,125; 0,16; 0,2$ mm
- axiális fogásmélység, $a_p = 5; 7; 10$ mm
- radiális fogásszélesség, $a_e = 3; 5; 7$ mm
- hűtést a megmunkálás során nem alkalmaztunk, száraz forgácsolás történt.

A munkadarab összetett leválasztási tervét a **2. ábra** mutatja.

Az ábrán az előtolásokat f_{z1} -től f_{z4} -ig jelöltük. Az f_{z1} jelöli a legkisebb, 0,1 mm-es, míg az f_{z4} a legnagyobb, tehát a 0,2 mm-es fogankénti előtolás értékét.

Piramisonként különböző forgácsolósebességeket alkalmaztunk, ahogy a **2. ábra** is mutatja.

Egy-egy anyagminőségre 3 darab előgyártmány készült el, amiket darabonként 5 mm-es, 7 mm-es illetve 10 mm-es konstans fogásmélységgel munkáltunk meg.



2. ábra. Leválasztási terv

2.4 A sarokmarási folyamat körülményei

A marási kísérleteket a Mazak VERTICAL CENTER NEXUS 410A-II típusú, Mazatrol vezérlővel rendelkező CNC megmunkálóközponton végeztük el, ami megtalálható az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar gépműhelyében. A marási kísérletek során Einhell gyártmányú vákuumos forgácselszívó berendezést alkalmaztunk.

A marószerszám befogása patronos rögzítésben történt. A szerszámütés vizsgálatát a főorsóban rögzített szerszámhelyzetben mikronos mérőórával végeztük el. Az ütés 0,02 mm.

A szerszám befogása után különböző paramétereket, mint például a forgácsosztók helyzetét, vagy a szerszám kinyúlását Elbo controllli Hathor szerszám bemérő géppel mértük meg.

2.5 A nyomatókmérés körülményei

A nyomatókméréshez Kistler 9123C1111 típusú forgó négy komponensű dinamométert, valamint Kistler 5019 többcsatornás erősítőt használtunk. A maximálisan alkalmazható fordulatszám 10 000 1/min.

A szerszámgép főorsójára a jellevő patkó rá lett szerelve. A nyomatékmérőből érkező jelet az erősítő felerősíti és tovább küldi a számítógépnek, ami a DynoWare nevű szoftver segítségével elérhetővé és kiértékelhetővé teszi számunkra a mért értékeket. A nyomatékmérő berendezés X, Y és Z irányú erőket, valamint nyomatékot tud mérni.

2.6 A felületi érdességmérés körülményei

A megmunkált felületek érdességi vizsgálatait a Mahr-Perthen Perthometer PRK Concept-2D, 3D felületvizsgáló berendezéssel végeztük el. Az alkalmazott tapintó típusa: MFW-250:1 (#6851881). A tapintó csúcssugara, $r_{tip} = 2 \mu\text{m}$, csúcsszöge pedig 60° .

A felületek kiértékelésénél az alábbi beállításokat alkalmaztuk az ISO 4288:1996 szabvány szerint:

- vontatási hossz: $l_t = 10 \text{ mm}$;
- kiértékelési hossz: $l_m = 5 \text{ mm}$;
- szabványban előírt szűrő: $l_c = 2,5 \text{ mm}$;
- mérési sebesség: $0,5 \text{ mm/s}$.

A mérések során felvett érdességi paraméterek:

- átlagos érdesség, R_a ,
- egyenetlenség magasság, R_z ,
- profil maximális csúcsmagassága: R_p ,
- lokális csúcsok közepes távolsága, R_S ,
- egyenetlenségek közepes hullámhossza, R_{Sm} ,
- ferdeségi mérőszám, R_{Sk} ,
- lapultsági mérőszám, R_{ku} , illetve
- profil hajlásának négyzetes középértéke, $R_{\Delta q}$. [4]

Azért választottuk ezeket a paramétereket, mert az átlagos felületi érdesség illetve az egyenetlenség magasság általánosan használt az iparban, a többi mérőszámtól viszont azt vártuk, hogy a felületről kiegészítő információkat adjanak.

3 Kísérleti eredmények

A marási kísérletek után megvizsgáltuk a szerszámot. Mivel kopás gyakorlatilag nem keletkezett, így a forgácsolhatóság ezen fő tényezőjétől eltekintünk, hiszen nem befolyásolja szignifikánsan a folyamatot.

3.1 A nyomaték és a fajlagos forgácsolóerő alakulása

Mivel az anyagok fajlagos forgácsolási ellenállását nem ismerjük, ezért a kapott eredményeket nem tudtuk összevetni az elméleti nyomaték értékekkel, viszont a fajlagos forgácsolóerők kiszámítását okvetlenül szükségesnek tartottuk.

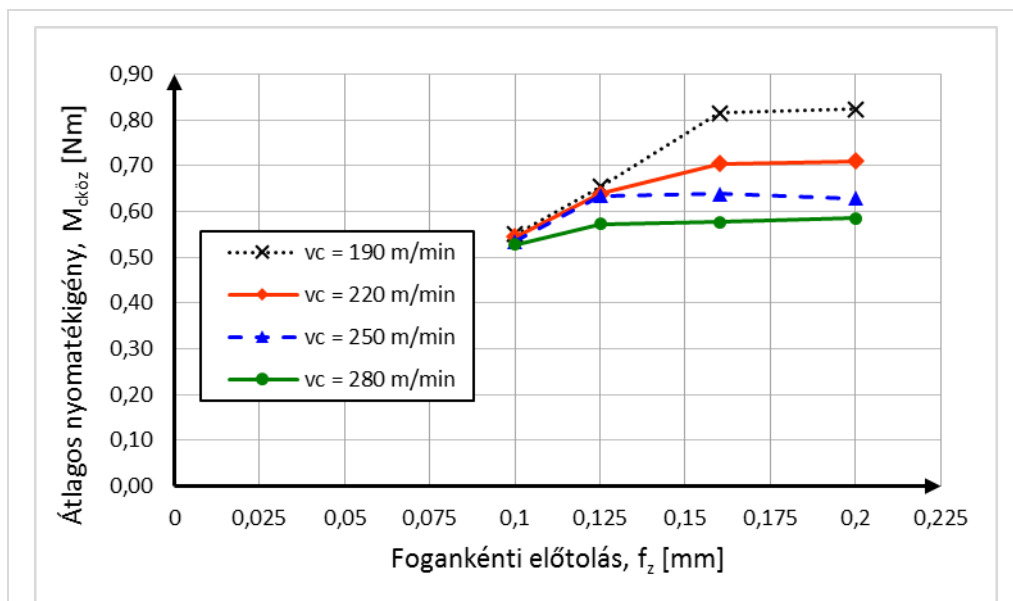
A tanulmány terjedelme nem engedi meg, hogy hosszas levezetéseket közöljünk, ezért a fajlagos forgácsolóerő mért nyomatékértékből történő számításának a végső, rendezett képletét adjuk meg:

$$\bar{k}_c = \frac{\bar{F}_c \cdot D_c \cdot \pi}{a_e \cdot a_p \cdot f_z \cdot z} \quad [N/mm^2] \quad (3.1)$$

ahol:

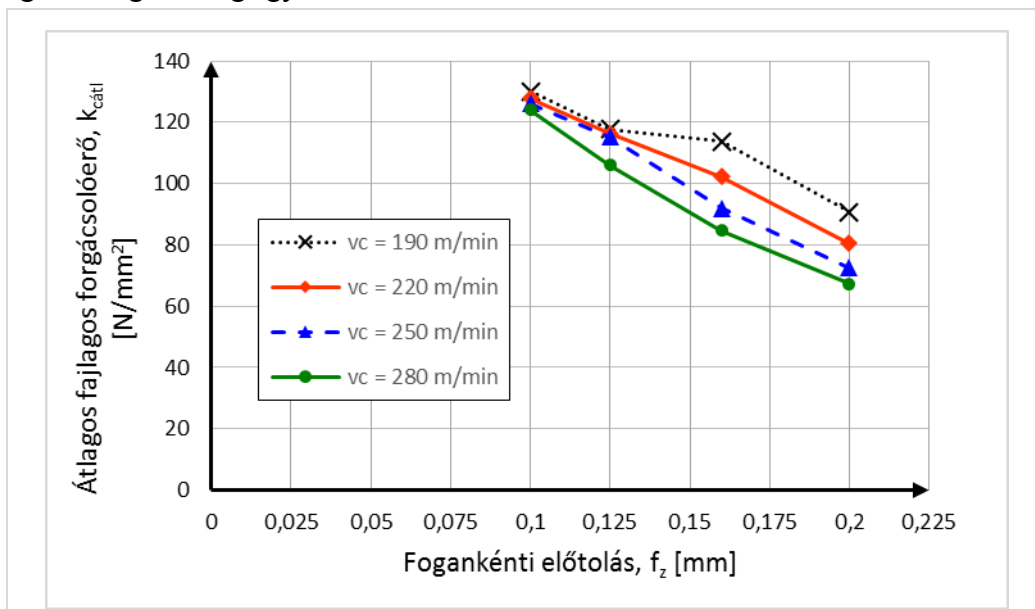
- \bar{k}_c – fajlagos forgácsolóerő [N/mm²];
- \bar{F}_c – átlagos forgácsolóerő [N];
- D_c – a szerszám átmérője [mm];
- a_e – radiális fogásszélesség [mm];
- a_p – axiális fogásmélység [mm];
- f_z – fogankénti előtolás [mm];
- z – fogszám [db].

A **3. ábrán** egy nyomaték-előtolás diagram látható, amely mindhárom anyagminőségnél hasonlóan alakult. Érdekes megfigyelni, hogy a forgácsolósebesség növekedése jótékony hatással van az átlagos nyomatékigény alakulására. A fogankénti előtolás egy bizonyos értékig növeli az átlagos nyomaték értékét, majd további változás alig érzékelhető.



3. ábra. Nyomaték – előtolás diagram (NECURON 1050, $a_p = 7$ mm, $a_e = 5$ mm)

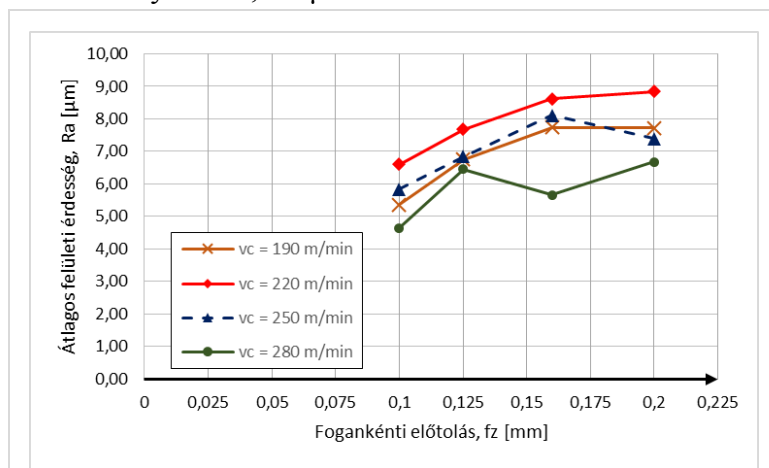
A 4. ábra szerint, a forgácsolósebesség, illetve a fogankénti előtolás növekedése a fajlagos forgácsolóerő csökkenését okozza. A különböző fogásmélység értékeknek csekély eltérése van egymáshoz képest. Ezek a megállapítások mind a három anyagminőségnél megfigyelhetők.



4. ábra. Fajlagos forgácsolóerő-fogankénti előtolás diagram (NECURON 1050, $a_p = 7$ mm, $a_e = 3$ mm)

3.2 Érdességi paraméterek alakulása

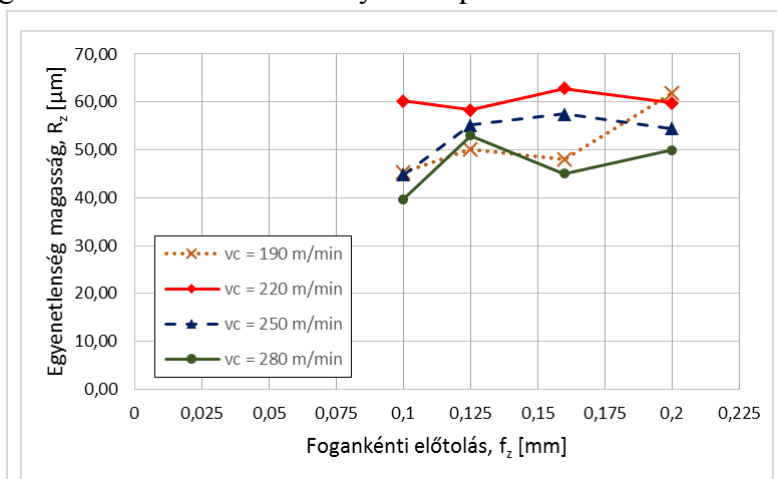
Az **5. ábrán** látszik, hogy az átlagos érdességnél a fogásmélység és a fogankénti előtolás növelése többnyire növeli az érdességet, míg a forgácsolósebesség növelése csökkentő hatással bír. Az Ra értéke kis előtolások tartományában 5,5-6,5 µm, míg a nagy előtolások tartományában 6,5-9 µm között alakultak.



5. ábra. Átlagos érdesség – fogankénti előtolás diagram [5]

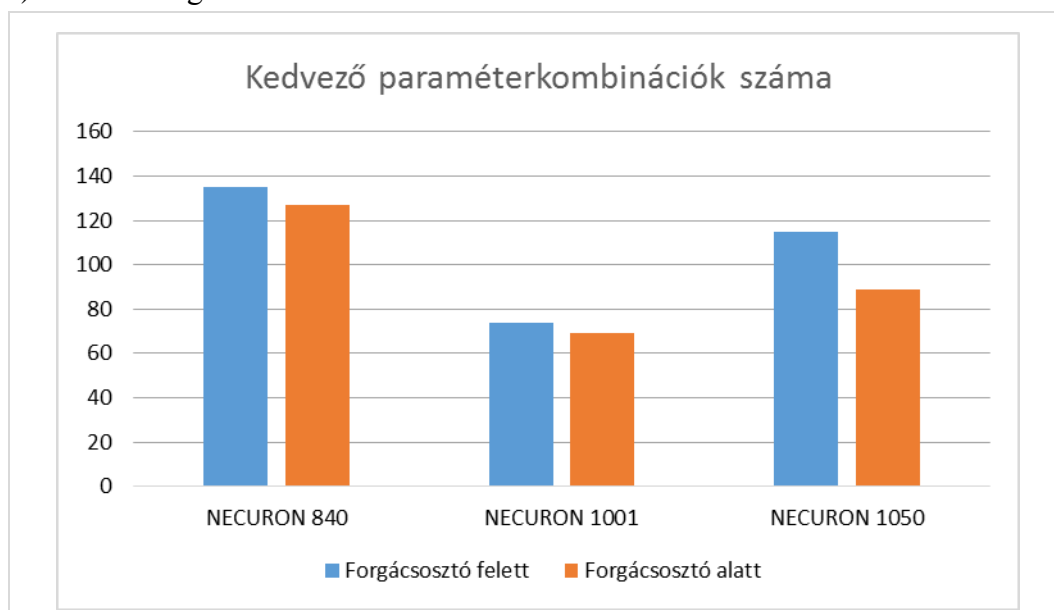
Az egyenetlenség magasság esetén (**6. ábra**) a forgácsolósebesség növekedése láthatóan csökkentő, míg az előtolás növekedése érdességnövelő hatással bír. A fogásmélység növelése nem okoz szignifikáns különbséget, ami azért kedvező, mert így egységnyi idő alatt több forgács választható le a felület romlása nélkül.

Bár az **5.** és a **6. ábrák** a NECURON 840 értékeire vonatkoznak, mind a három anyagminőség esetében hasonló eredményeket tapasztalhatunk.



6. ábra. Egyenetlenség magasság – fogankénti előtolás diagram [5]

A profil ürtényezőjét megvizsgálva megállapítható (**7. ábra**), hogy a NECURON 840 anyag felülete viselkedik a legkedvezőbben koptató igénybevétel esetén, míg a NECURON 1001 felülete csúcsokkal taglalt. Általánosságban elmondható, hogy a nagyobb forgácsolósebességek ($v_c = 250 - 280$ m/min) és a kisebb fogásmélységek ($a_p = 5$ mm), fogásszélességek ($a_e = 3$ mm) valamint fogankénti előtolás ($f_z = 0,1 - 0,125$ mm) értékek a legkedvezőbbek.



7. ábra. A profil ürtényező alakulására kedvező paraméterkombinációk száma [5]

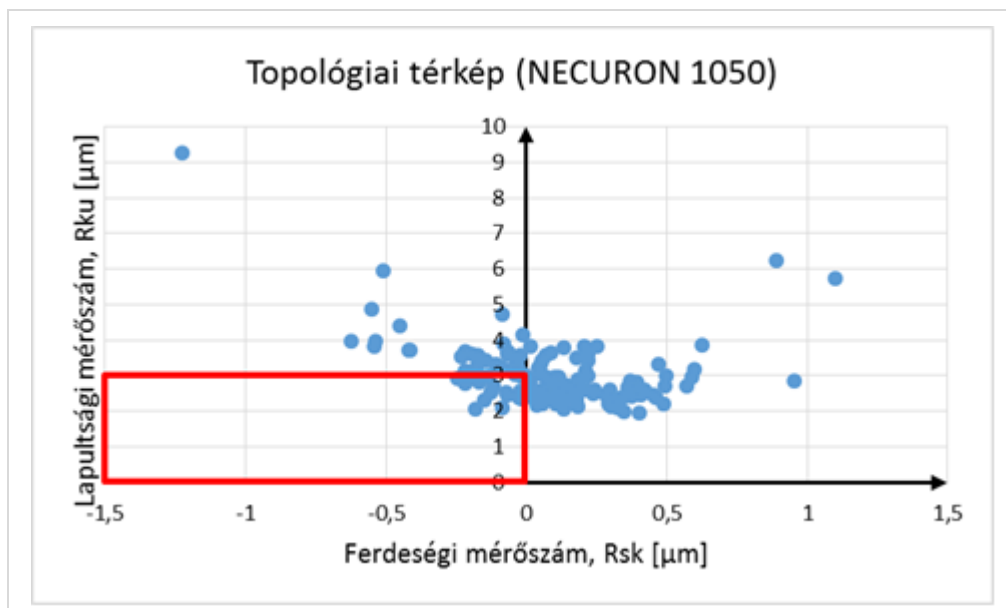
Az egyenetlenségek közepes hullámhosszából és az előtolásból az látható, hogy a szerszám ütése hatással van a felületi érdesség alakulására. A **2. táblázat** példát mutat arra, hogy az RSm paraméterek eltérése mekkora az f_z értékekhez képest.

2. táblázat. RSm és f_z százalékos eltérése ($a_p = 5$ mm, $a_e = 3$ mm, $v_c = 190$ m/min) [5]

	NECURON 840	NECURON 1001	NECURON 1050
$f_z = 0,1$ mm	34,10%	19,53%	35,63%
$f_z = 0,125$ mm	40,31%	21,89%	39,43%
$f_z = 0,16$ mm	21,81%	33,42%	30,96%
$f_z = 0,2$ mm	42,31%	35,30%	38,54%

Ha a lokális csúcsok közepes távolságát és az előtolást nézzük, akkor a NECURON 840-nél 7%-kal, a NECURON 1001-nél 25%-kal, a NECURON 1050-nél pedig átlagosan 22%-kal volt nagyobb az előtolás, mint az RS, vagyis mindegyik anyagminőség kiszakadozott a marás során.

A **8. ábrán** egy topológiai térkép látható. A topológiai térkép egy olyan pontsor, ami a lapultsági mérőszám illetve a ferdeségi mérőszám függvényében van ábrázolva. Működési szempontból a kedvező paraméterkombinációk tartománya a piros kerettel jelzett területben van. Ez alapján megállapítható, hogy kedvező működésbeli tulajdonságok többnyire akkor keletkeztek, ha a forgácsolósebesség 190 m/min vagy 250 m/min, a fogankénti előtolás 0,125 mm vagy afeletti, a fogásszélesség 5 mm, a fogásmélység pedig 5 mm vagy afeletti volt.



8. ábra. Topológiai térkép [5]

Az anyag kopásállóságát a profil hajlásának négyzetes középértéke jól mutatja. Minél kopásállóbb az anyag, annál kisebb az R_{dq} értéke, tehát a megmunkált felület jellemző csúcsok kevésbé kiemelkedőek. Sem a forgácsoló sebesség, sem a fogankénti előtolás itt sincs szignifikáns hatással az R_{dq} értékére. Megállapítható továbbá, hogy a nagyobb fogásvétel és fogásmélység az optimális ebben az esetben is.

4 Összefoglalás

Az eredmények kiértékelése után levonható következtetések közül a gyakorlat számára az egyik legfontosabb, hogy a forgácsolósebesség növelése egyértelműen csökkenti a nyomatékigény és a fajlagos forgácsolóerő értékét, valamint az átlagos felületi érdesség alakulására is jótékony hatással van. Kiemelhető megállapítás továbbá, hogy a

fogankénti előtolás növelése rontja az átlagos felületi érdesség értékét, és az egyenetlenség magasságot is.

A profil ürtényező szempontjából a következő forgácsolási paraméterek választandók, akkor, amikor a robosztus, jó kopási tulajdonságokkal rendelkező felület készítése a cél: kis fogásmélység - fogásszélesség - fogankénti előtolás kombináció, nagy forgácsolósebességgel társulva.

A lokális csúcsok közepes távolsága és a fogankénti előtolás összefüggése megmutatta, hogy minden anyagminőségnél van kiszakadozás.

A topológiai térképek alapján megállapítottuk, hogy kedvező működésbeli tulajdonságok átlagosan akkor keletkeztek, ha a forgácsoló sebesség 190 m/min vagy 250 m/min, a fogankénti előtolás 0,125 mm vagy afeletti, a fogásszélesség 5 mm-es, a fogásmélység pedig 5 mm vagy afeletti volt.

A profil hajlásának négyzetes középértékénél a magasabb fogásmélység és fogásszélesség az optimális, továbbá jól érzékelteti az anyag kopásállóságát.

Célunk, hogy a jövőben további, más szerkezetű (szálerősítésű) polimer mátrixú kompozitokat is vizsgáljunk a forgácsolhatóság szempontjából.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani Szalóki István tanársegédnek, hogy lelkiismeretesen segítette munkánkat a kísérletek megtervezésével és kivitelezésével.

Köszönettel tartozunk Dr. Sipos Sándor mestertanárnak és Dr. Palásti-Kovács Béla címzetes egyetemi tanárnak a hasznos tanácsaikért és segítségeikért.

Szeretnénk megköszönni továbbá a Fraisa Hungária Kft.-nek, az Equip Test Kft.-nek, illetve az EFT Szerszámok és Technológiák Magyarország Kft.-nek, hogy rendelkezésünkre bocsátották a marószerszámot illetve a vizsgált anyagminőségeket, valamint bemérték a szerszámot, hogy a pontos számításokat el tudjuk végezni.

Irodalom

- [1] Pogácsás Mónika: Kompozit anyagok forgácsolhatóságának vizsgálata marási kísérletekkel. Szakdolgozat. Budapest, 2016. p. 2-3.
- [2] NECUMER GmbH: NECURON. Tájékoztatófüzet. Bohmte, 2015.
- [3] FRAISA SA: Neuheiten 2013 Fräswerkzeuge. Bellach, 2013. http://www.fraisa.com/hu/assets/media/pdf/kataloge/Neuheiten_2013_Fraeswerkzeuge.pdf
- [4] Dr. Farkas Gabriella: Esztergált műszaki műanyag felületek mikrotopográfiai jellemzői. Doktori értekezés. Gödöllő, 2010. p. 23-31.

- [5] Pogácsás Mónika: Kompozit anyagok forgácsolhatóságának vizsgálata marási kísérletekkel. Szakdolgozat. Budapest, 2016. p. 40-44.