

# MŰSZAKI MŰANYAGOK FORGÁCSOLÁSÁNAK VIZSGÁLATA

## INVESTIGATION OF THE CUTTING OF ENGINEERING PLASTIC MATERIALS

*Kovács Róbert<sup>\*</sup>, Korzenszky Péter<sup>\*\*</sup>, Keresztes Róbert<sup>\*\*\*</sup>*

**ABSTRACT** During the turning process, we have investigated the problems that can arise, such as avoiding the formation of flow chips, which are eliminated by sawing the workpiece longitudinally. Furthermore, we measured the main cutting forces acting on the blade and the cutting forces in the feed direction at different feed rates, depths of grip and cutting speeds, and investigated possible correlations between these.

Chips produced at different cutting parameters and with different materials were investigated. All turning operations are carried out without emulsion and all other coolants for environmental and other reasons.

The specific cutting resistances have been determined, which are important for determining good tool utilisation and also for planning the economics of machining

The aim of this research is to define machining parameters that can be used in practice for the engineering plastics under investigation, so that the machining of these materials by turning can be made more economical.

### 1 A TÉMA AKTUALITÁSA, JELENTŐSÉGE

Napjainkban a műanyagok szerepe rendkívül megnőtt mind a mindennapi életünk során, mind az iparban. Gyakorlatilag, bárhova tekintünk műanyagokat látunk. Sok esetben elegendő, ha fröccsöntéssel, vagy extrudálással készítik a műanyag alkatrészeket, illetve egyéb termékeket. Mára azonban műanyagok felhasználási területe rendkívül szerteágazóvá vált. Nem csak másodlagos helyeken használják (burkolatok, díszelemek), hanem teherviselő elemként is, illetve megesis, hogy nagy pontosságú illesztésre is szükség lehet műanyagok esetén. Ilyenkor már szükség lehet a sok esetben a forgácsolással való megmunkálásra, itt kiemelkedő helyen a marás és az esztergálás áll. Forgástestek esetében nagy valószínűséggel az esztergálás a megfelelő forgácsolási mód. Már az acélok esztergálásánál is nagy szerepe van a folyó forgács elkerülésére, ez a műanyagoknál azonban nehezebb feladata az anyag jellegénél fogva. Erre az iparban jelen vannak már a kifejezetten műanyagok forgácsolására kifejlesztett esztergákések, lapkák, és egyéb szerszámok.

Természetesen itt is mint minden gyártási folyamatnál nagy szerepe van a termelékenységnek, illetve a

gazdaságosságnak, ezért elengedhetetlen a forgácsolási paraméterek megfelelő meghatározása, illetve annak beállítása szerszámgépeken. Ezzel kapcsolatban merül fel a szerszámozás kérdése is, mivel a speciális műanyag megmunkáló szerszámok ára igencsak magas. Alacsony darabszámnál nem biztos, hogy kifizetődő a megvásárlásuk, ilyenkor jönnek szóba a más anyagokhoz ajánlott megmunkáló szerszámok, például lágyabb fémekhez valóak, mint például az alumíniumhoz. A kutatásom során alumínium forgácsolásához való esztergákés lapkát használtam.

### 2 BEVEZETÉS

Az esztergálási eljárás során vizsgáltuk a felmerülő problémákat, mint például a folyóforgács kialakulásának elkerülése, mely a munkadarab hosszanti irányban történő befűrészelésével kerül kiküszöbölésre. Továbbá mértük a késre ható fő-, illetve az előtolás irányú forgácsoló erőt, különböző előtolásoknál, fogásmélységeknél és különböző forgácsoló sebességeknél, melyek között megvizsgáltuk a lehetséges összefüggéseket.

Vizsgálatra kerültek a különböző forgácsolási paraméterekkel és különböző anyagoknál keletkező forgácsok. Az összes esztergálás a környezetvédelem és egyéb szempontok miatt emulziós és minden más hűtőkenő folyadék nélkül került lefolytatásra.

Meghatároztuk a fajlagos forgácsolási ellenállásokat, melyek fontosak a szerszám jó kihasználtságának meghatározásához és a megmunkálás gazdaságának tervezéséhez is alkalmazható

A kutatás célja, a gyakorlatban is jól használható forgácsolási paraméterek behatárolása a vizsgált műszaki műanyagokra, mellyel az esztergálással való megmunkálása az adott anyagoknak gazdaságosabbá válhat.

### 3 A MŰSZAKI MŰANYAGOK

A műszaki műanyagok olyan polimerek, amelyek széles hőmérséklettartományban kitűnő mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezért sok konstrukcióban szerkezeti anyagként használhatók, gyakran előnyösebbek a fémeknél. Kiváló mechanikai jellemzőik mellett jó a kémiai ellenálló képességük, főleg elektromos szigetelők.

<sup>\*</sup> doktorandusz, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

<sup>\*\*</sup> habilitált egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

<sup>\*\*\*</sup> egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

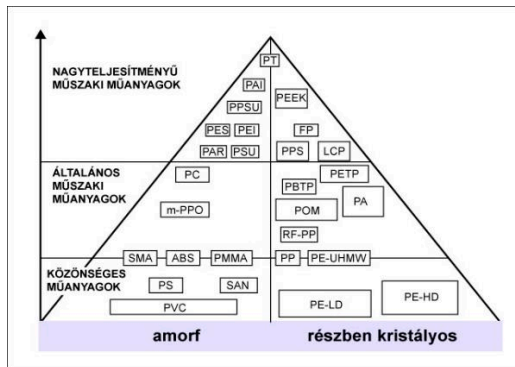
Ezek a műanyagok az alábbi formában szerezhetőek be:

- por, granulátum
- félkész termékek (rudak, csövek, táblák, fóliák, stb)
- késztermékek

A műszaki műanyagok egyaránt előnyösen használhatók új termékek előállítására, valamint a karbantartásban és a javításban.

A hőállóság, a mechanikai tulajdonságok és a kémiai stabilitás szempontjából megkülönböztetnek:

- tömeggyártású, bizonyos esetekben műszaki célfelhasználású műanyagokat
- általános rendeltetésű
- kiemelkedő jellemzőkkel rendelkező, nagyteljesítményű (HPM) anyagokat [1]

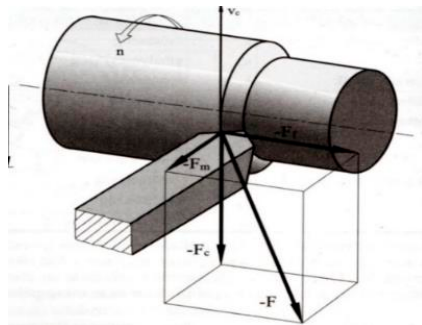


1. ábra - Műszaki polimerek csoportjai [1]  
Az esztergálásról

Az esztergálás az egyik leggyakoribb forgácsoló megmunkálás az iparban, alkalmazzák az egyedi gyártásban és a tömeggyártásban főként automatizált formában egyaránt. Az esztergálás egyélű szerszámmal, állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával végzett forgácsolás. [3]

### 3.1 Az esztergálás során fellépő erők

Az esztergálás során a kése három irányú erő hat. A kése merőlegesen hat a főforgácsoló erő ( $F_c$ ), a kés szárával párhuzamos irányú a fogásvétel irányú erő ( $F_m$ ), illetve a kés szárára merőlegesen, vízszintes irányban hat az előtolás irányú erő ( $F_t$ ). Ezek közül a legnagyobb mértékű a főforgácsoló erő.



2. ábra Esztergálás erőviszonyai [2]

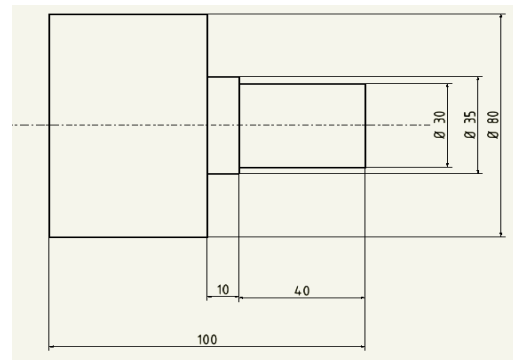
### A keletkező forgács típusok:

A forgácsolási eljárások során 3 féle forgács típus szokott kialakulni: elemi, átmeneti illetve folyó forgács. Az elemi forgács, apró darabos forgács kemény anyagok forgácsolásánál alakul ki, amely azért kedvező, mert nem okoz problémát a forgácsfeltekeredése a munkadarabra vagy a szerszámmra. Az átmeneti forgács, mikor az apró forgácsrészek nagyobb darabokba összehegednek a leválás után. Az utolsó típus a folyó forgács, lágy anyagoknál keletkezik, emiatt a műanyagoknál jelentős szerepe van. Mint ahogy az elnevezése is mutatja, olyan forgácsról van szó, amely a megmunkálás közben a folyamatos akár több méter hosszú darabokban képes leválni, ami munkabiztonsági szempontból és a forgácsolási technológia szempontjából is kedvezőtlen, mivel feltekeredhet a munkadarabra, a szerszámmra, és ez a felületi érdességet rontja, növeli a forgácsoló erőt, rontja a méretpontosságot.

Az forgácsolási vizsgálatok egy NCT Euroturn-12B típusú CNC esztergagépen kerültek elvégzésre.

### 3.2 A munkadarabok előkészítése

A méréshez használt munkadarabokat hagyományos esztergagépen készítettem el, ami azért volt indokolt, hogy a CNC eszterga kisebb méretű tokmányával biztonságosan meg lehessen fogni. A kiindulási alapanyag átmérő 80mm-es rúd volt.



1. ábra - Munkadarabok műhelyrajza

### 3.3 A mérőrendszer bemutatása

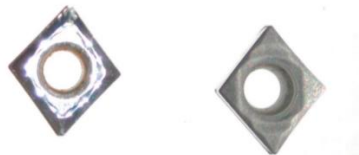
A forgácsoló, illetve az előtoló erő mérése egy nyúlásmérő bélyegekkel felszerelt váltólapkás eszterga késszár segítségével történt. A bélyegek jele egy Spider 8 típusú elektromos mérőrendszerbe jut, amely párhuzamos porton át van összekötöttesben a számítógéppel.



4. ábra A nyúlásmérő bélyegekkel ellátott kés a késtartóban elhelyezve

Az adatok gyűjtése Catman szoftver segítségével történik, mely gyűjti az adatokat illetve grafikusán is ábrázolja a fellépő erőket az idő függvényében. Mentés után pedig táblázatkezelő programmal megnyithatóak a mérési eredmények.

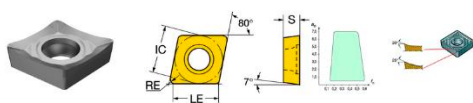
### 3.4 Alkalmazott esztergakés lapkák



5. ábra - Alkalmazott lapkák

A képeken látható bal oldali lapka egy polírozott felületű lapka mely típusa:

CCGX 09 T3 04 AL H10



6. ábra - A lapkák geometriája [6]

A jobb oldali lapka pedig egy normál préselt felületű lapka: CCGT 09 T3 04 AS IC20 [6]

### 3.5 A vizsgált anyagok

A méréseimhez a műszaki gyakorlatban leginkább használt polimeretek választottam. A három különböző polimer a Poliamid 6, az Ultra Nagy Molekulatömegű Polietilén és a Polioximetilén. A polimerek főbb tulajdonságait és gyakori felhasználási területeit a következőkben röviden összefoglalom.

#### Poliamid 6 (PA6)

Alkalmazási területe általában: csapágyerselyek, fogaskerekek, fogasléc, szállító szalag görgők, szigetelőelemek, tömítőgyűrűk, vágólapok, lánckerekek és még sok szerteágazó alkalmazási terület az iparban.

Átlagos szakítószilárdsága 70-110MPa. Alkalmazási hőmérséklete a -40-tól a +140°C-ig is terjedhet. Jó siklási tulajdonságok és jó kopásállóság jellemzi. Hátránya viszont, hogy nedves környezetben képes a vizet megkötni és ezáltal megváltoznak a mechanika tulajdonságai és a méretei is a vízfelvételből adódó duzzadása miatt.

Megmunkálása lehetséges különböző forgácsolási eljárásokkal, mint a fúrás, marás, esztergálás, fűrészelés, dörzsárazás, stb. Alkalmazható szénacél, gyorsacél, keményfém, gyémánt. Hűtés alkalmazása megengedett és nagy sebességeknél ajánlott is. [7]

#### Ultra nagy molekulatömegű polietilén (PE HD1000)

Alkalmazási területe általában siklócsapágyak, csúszóvezetékek, vágóasztalok, élelmiszeripari alkalmazás, csúszda- és tároló bélések szemcsés

anyagmozgatásnál szigetelők, görgők, kis terhelésű fogaskerekek, árnyékolók a nukleáris iparban.

Viszonylag alacsony folyáshatár 20-24MPa, nagy szívósság, jól megmunkálható, időjárásálló, csillapítóképeség, jó vegyszerállóság, jól ellenáll az abráziós kopásnak. Nedvesség hatására nem duzzad.

Megmunkálása fém-, illetve famegmunkáló szerszámokkal. Alkalmazható szénacél, gyorsacél, keményfém, gyémánt, éles kivitelben. Nagy forgácsoló sebesség érdekében hűtés javasolt. [7]

#### Polioximetilén kopolimer POM C

Alkalmazási területe kis modulú fogaskerekek, precíziós mérettartó gépalkatrészek, rugók, szelepvilék, villamos szigetelő elemek, vízzel érintkező gépalkatrészek, görgők, stb.

Viszonylag nagy folyáshatár 70-80MPa, jó siklási tulajdonságok. alkalmazása a -50-től a +120°C hőmérsékletig terjedhet, jó kifáradási és csillapítási képesség, nagy keménység, rendkívül jól forgácsolható automata gépeken is. Víz hatására nem duzzad. Ez a változat egy kopolimer változat mely a homopolimer társához képest jobb siklási illetve kopási tulajdonságokkal rendelkezik és 80°C-ig víz alatt is alkalmazható.

Megmunkálása lehetséges különféle forgácsoló eljárásokkal, szénacéllal, gyorsacéllal, keményfémmel, illetve gyémánttal is, éles kivitelben. A legjobban forgácsolható műanyagok közé tartozik. Nagy forgácsoló sebességekhez hűtés javasolt. [7]

#### 3.6 A mérések során alkalmazott paraméterek

A vizsgálatok során a forgácsolósebesség 500, 300, illetve 100m/min volt, mindegyik sebesség esetén a fordulatonkénti előtolás értéke 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,5 mm/fordulat volt. A fogásmélység értékek pedig minden beállított forgácsolósebesség és előtolás esetén 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2 illetve 5mm volt.

A táblázaton belül az egy-egy bekeretezett rész az egy programba foglalt paramétereket jelöli.

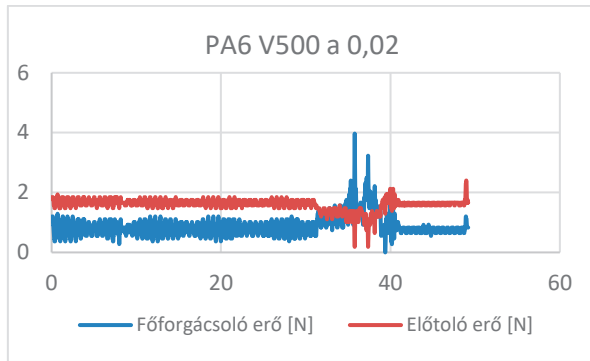
Ebből látható, hogy egy forgácsoló programban az forgácsolási sebesség és a fogásmélység állandó és az előtolás volt változtatva. Az előtolás a kés 10mm hosszirányú elmozdulása után volt változtatva és így jött ki az 50mm hosszú megmunkált felület minden programban.

## 4 A VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A diagramok címében mindig meg van jelölve az anyag rövidített neve a forgácsoló sebesség és a lapka típusa. A „p” jelölés jelenti a polírozott lapkát, az „s” jelenti a normál felületű lapkát.

Próbaméréseket végeztem a tényleges mérések előtt, mely során megállapításra került, hogy az eredetileg tervezett 0,02mm-es fogásmélység során olyan alacsony

forgácsoló erők keletkeznek, melyek mérése nem hoz jól értékelhető eredményeket, ezért a további méréseket az előzőekben bemutatott táblázatnak megfelelően 0,1mm fogásmélységtől kezdtem.



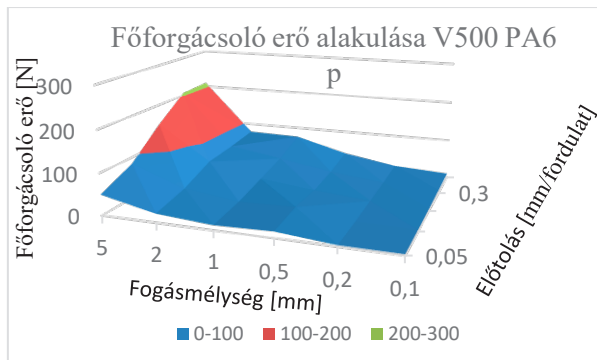
72. ábra - PA6 próbamérése 0,02 mm fogásmélységgel

A diagramból jól látható, hogy a ténylegesen mért erők, olyan minimális értékűek, hogy nehezen lehet elkülöníteni a gép rezgéséből adódó a késre ható erőktől.

PA 6 , forgácsoló sebesség: 500m/min

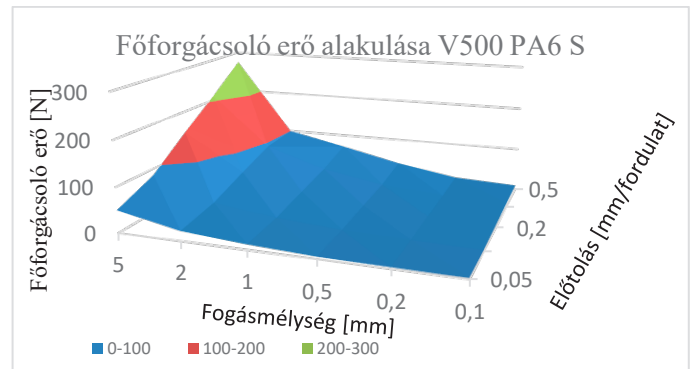
A méréseket próbamérések elvégzése után a PA 6-al kezdtem, 500 m/min forgácsoló sebességgel.

A főforgácsoló erő:



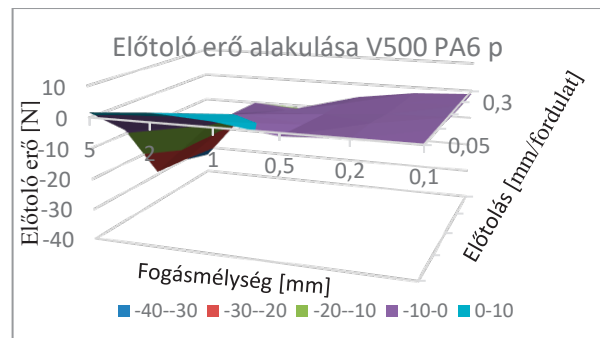
3. ábra - A főforgácsoló erő alakulása PA6

A diagram jól mutatja a főforgácsoló erő értékeit az előtolás, illetve a fogásmélység függvényében. A mérés során megjegyezhető, hogy a diagramban jelölt legnagyobb forgácsolási paramétereknél már erőteljes hanghatás is kísérte az esztergálást, amely valószínűleg a rezgésekből adódóan jöhetett létre.



8. ábra - A főforgácsoló erő alakulása PA6

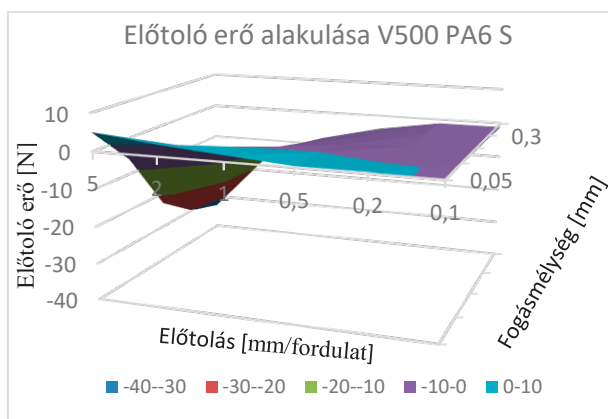
A polírozott lapkával végzett esztergálás során a forgácsoló erőben csak a felső előtolási és fogásmélységi tartományokban tapasztalható változás, konkrétan az 5 és 2 mm-es fogásmélységgel és 0,5mm/fordulat értékekkel végzett esztergálásoknál. A többi paraméternél nem tapasztalható jelentős eltérés. A 300, illetve 100 m/min forgácsolósebességgel végzett mérések során a főforgácsoló erő mértéke hasonló eredményeket mutatott, illetve a polírozott lapka minhárom esetben alacsonyabb főforgácsolóerő értékeket mutatott.



9. ábra - Előtoló erő alakulása PA6

Jól látszik, hogy az előtoló erő nagyrészt negatív értékeket vesz fel amely azt mutatja, hogy a esztergákést nem tolni kell hanem húzni, tehát visszatartani, mert a munkadarab úgymond magára rántja a kést.

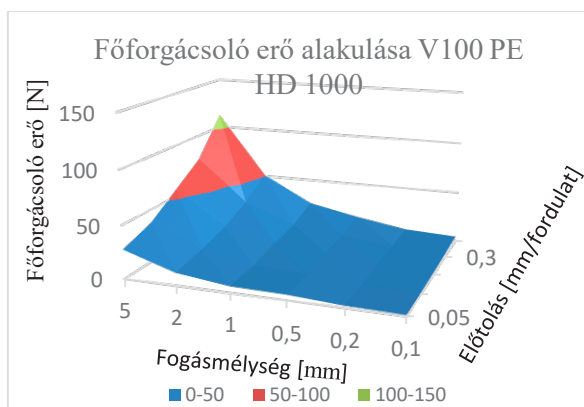
Az előtoló erő csak egy bizonyos előtolási érték felett vált negatívra, amelyet példaként az alábbi diagram 500 m/min forgácsoló sebesség és 5mm-es fogásmélység mellett szemléltet.



4. ábra - Előtoló erő alakulása PA6

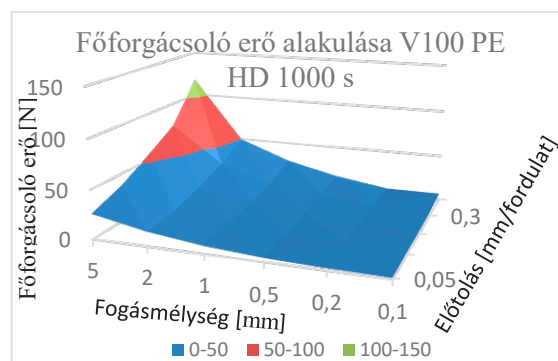
Az előtoló erő már más eltéréseket mutatott. A polírozott lapkával végzett forgácsolás esetén nagyrészt kevésbé húzta a munkadarab magára kést, tehát kisebb negatív erők keletkeztek, illetve pozitív tartományban nem mutatott ennek ellenére jelentősen nagyobb erőket, mint a normál lapkával, az összes beállított paraméter esetén. Alsó tartományokban ez az eltérés minimális értékeket képvisel, azonban a felső tartományokban elérte akár az 50% százalékos eltérést, tehát ennyivel kisebb negatív erő keletkezett a normál felületű lapkával.

A 300, illetve 100 m/min forgácsolósebességgel végzett mérések során az előtoló erő jellege hasonló eredményeket mutatott. A forgácsolósebesség csökkentésével csökkenő tendenciát mutatott az előtoló erő is.



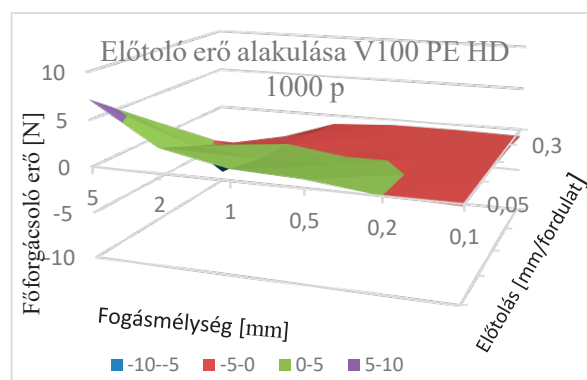
11. ábra - Főforgácsoló erő alakulása PE HD 1000

Ennél a forgácsoló sebességnél is elmondható a főforgácsoló erőről, hogy viszonylag egyenletesen változik, nem figyelhetők meg kiugrások sehol.



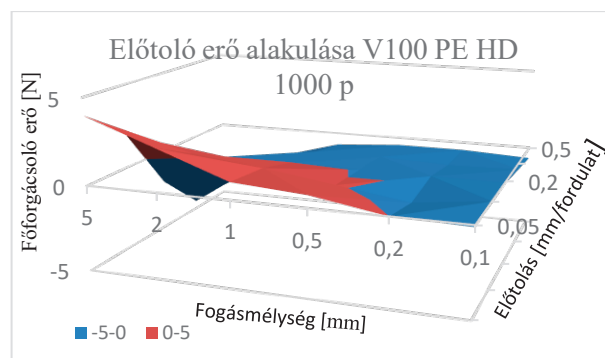
12. ábra - Főforgácsoló erő alakulása PE HD 1000

A mérési eredmények azt mutatták, hogy ennél a forgácsoló sebességnél számottevő eltérés nem figyelhető meg a főforgácsoló erőben, a két vizsgálatba bevont lapkával történő forgácsolás esetén.



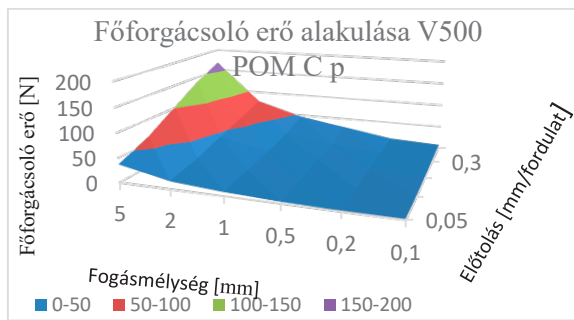
13. ábra - Előtoló erő alakulása PE HD 1000

Az előtoló erő hasonlóan viselkedett ennél a forgácsoló sebességnél is mint az előzőeknél, annyi eltéréssel, hogy kis előtolás esetén nagyobb pozitív erőket vett fel az előtoló erő.



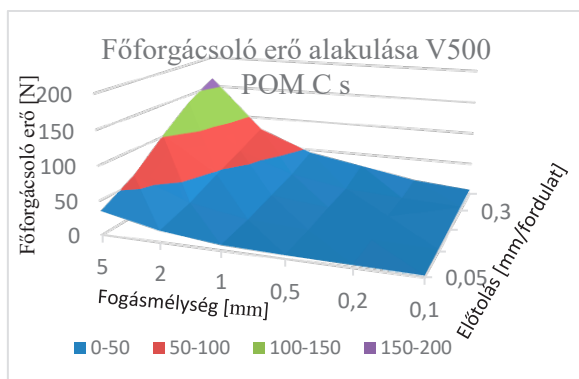
14. ábra - Előtoló erő alakulása PE HD 1000

Hasonlóan az előzőekhez, ennél a forgácsoló sebességgel végzett méréseknél sem tapasztalható számottevő eltérés az előtoló erőben a két különböző lapkával történő esztergálásnál. Annyi megfigyelhető hogy a polírozott lapkánál nagyobb pozitív értékű előtoló erők keletkeztek.



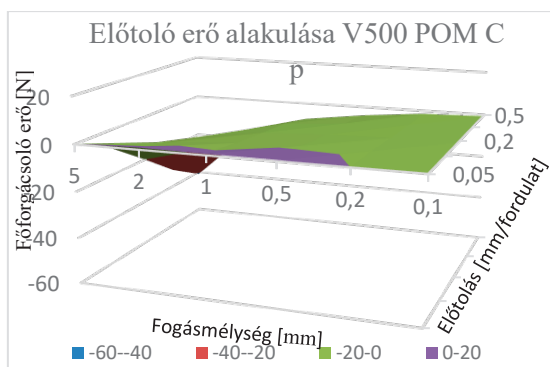
15. ábra - Főforgácsoló erő alakulása POM C

Megfigyelhető, hogy a főforgácsoló erő egyenletesen változik az előtolás és a fogásmélység függvényében. Nem mutat sehol nagyobb kiugrásokat.



16. ábra - Főforgácsoló erő alakulása POM C

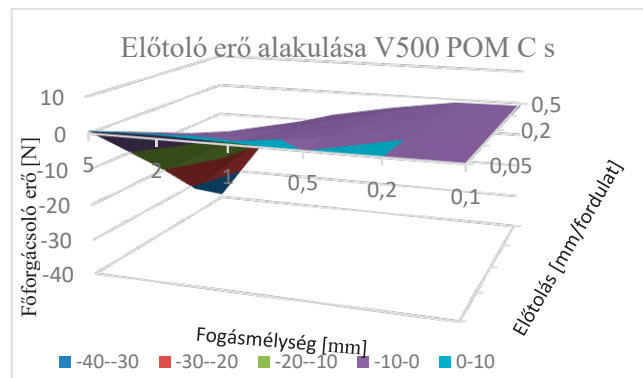
Ennél a forgácsoló sebességnél lényegében semmilyen jelentős eltérést nem mutatott a polírozott lapka a normál felületűhöz képest. A 300 és a 100m/min forgácsolósebesség mellett hasonló jellegű értékeket mutatott a főforgácsolóerő



17. ábra Előtoló erő alakulása POM C

Az előtoló erőben kisebb pozitív erők jelentek meg, mint általában az előzőekben vizsgált polimerek esetén.

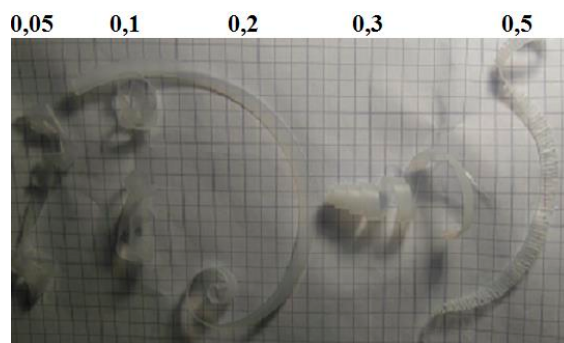
Hasonlóan, mint a forgácsoló sebességnél az előtoló erőben sem volt észlelhető, számottevő eltérés a két különböző felületű lapkával történő forgácsolás között.



185. ábra - Előtoló erő alakulása POM C

#### 4.1 Forgácsolóképek alakulása:

A korábban már említett okokból a gyakorlatban fontos szempont a folyóforgács elkerülése ezért érdemes a mérések során ezen szempontokat is figyelembe venni. A forgácsok szilárdsági tulajdonságaira jelen kutatásban nem térek ki, de vizuálisan meg vizsgálom és értékelem.

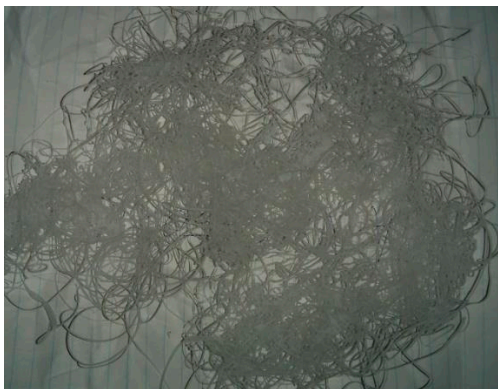


19. ábra Forgácsolóképek alakulása PA6

A PA6 esetén megfigyelhető, hogy az előtolás növelésével a fólia vastagságú forgácstól kezdve eljutunk az egész vastag, sőt töredezett forgácsig. Az ábrán látható forgácsolóképek alakultak ki az 5 és a 2 mm fogásmélységeknél, azonban ez a fogásmélység értékek alatt már végig folyó forgács keletkezett.

Tehát megfelelően nagy forgácsoló sebesség, előtolás és fogásmélység esetén elkerülhető a folyó forgács kialakulása, és ha nem is apró elemi forgács, de kisebb darabos forgács keletkezhet.

A PE HD 1000 esetén már a munkadarabok hagyományos esztergagépen történő előkészítése során várható volt, hogy az általunk használt forgácsolási paraméterek során minden esetben folyó forgács fog keletkezni. Ez a mérések során így is történt, minden esetben folyóforgács keletkezett, melyet csak a kialakított forgácsoló horony szakított meg. Megállapítható, hogy az iparban történő megmunkálása esetén fokozott figyelmet kell fordítani a folyó forgács kialakulásából eredő problémák kiküszöbölésére.



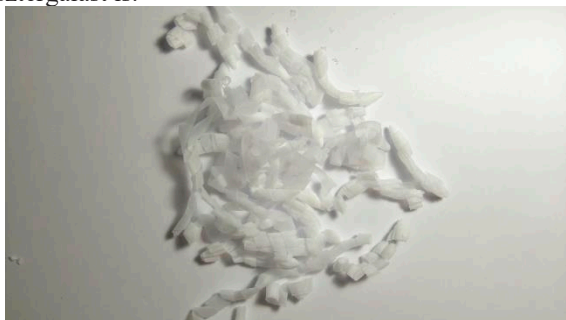
206. ábra - Forgácsok PE HD 1000

A POM C esetében megfigyelhető volt, hogy a 5mm fogásmélység mellett 0,5 illetve 0,3 mm/fordulat előtolással végzett esztergálás esetén apró darabos forgács keletkezett, ami igen kedvezőnek mondható, mivel nem okoz gondot a forgács. Azonban ezek az értékek alatt már átmeneti, illetve folyó forgács keletkezett, ami viszont az esetek döntő többségében könnyen szakadó volt.



7. ábra Forgácsok POM C

A POM C esetében a legmagasabb előtolás és fogásmélység értékeknél még apró forgács keletkezett, de a továbbiakban már csak folyó forgács keletkezett beleértve a következő forgácsolási sebességgel végzett esztergálást is.



22. ábra Átmeneti forgács POM C

#### 4.2 A fajlagos forgácsolási ellenállások alakulása

A fajlagos forgácsolási ellenállás azt mutatja meg, hogy mekkora erő szükséges 1mm<sup>2</sup> anyag leválasztásához. Jól látható, hogy kis előtolás és kis fogásmélység esetén magasabb értékeket mutat, mint ugyanezen paraméterek

magasabb értékeinél. Azért lényeges vizsgálni, mivel így könnyebben meghatározható a szerszám kihasználtsága és a forgácsolás gazdaságossága is optimalizálható.

$$\text{Számítása: } k_s = \frac{F_f}{f \cdot a} \left[ \frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

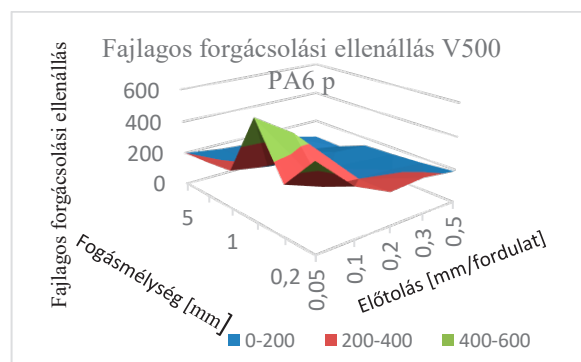
Ahol:

F<sub>f</sub> – főforgácsoló erő [N]

f – előtolás [mm/fordulat]

a – fogásmélység [mm]

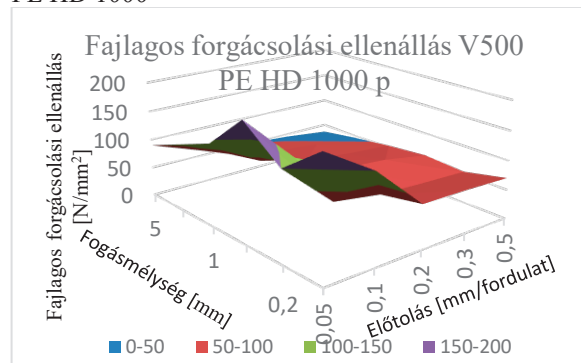
Minden anyaghoz kidolgoztam az összes vizsgált forgácsoló sebességhez, illetve mindkét kés esetén a diagramokat, ezeket kiértékeltem és ezeket összefoglalva bemutatom anyagonként egy-egy diagram segítségével a fajlagos forgácsolási ellenállás változását.



23. ábra - Fajlagos forgácsolási ellenállás PA6

A PA esetén nem teljesen egyenletes a változás, de ennek ellenére jól látszik, hogy a fajlagos forgácsolási ellenállás értéke a fogásmélység és az előtolás növelésével együtt csökken és egy bizonyos érték után szinte nem is változik.

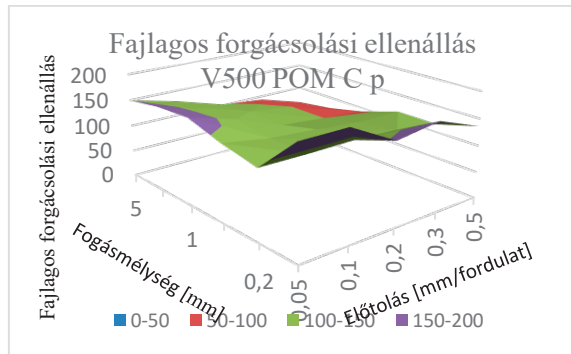
PE HD 1000



248. ábra - Fajlagos forgácsolási ellenállás PE HD1000

A PE HD 1000 esetén már kisebb az fajlagos forgácsolási ellenállások értéke, azonban arányaiban sokkal eltérőbb értékeket mutat a diagram az eltérő fogásmélység és előtolás beállításoknál. Itt is megfigyelhető, hogy egy bizonyos területen szinte állandó az értéke az fajlagos forgácsolási ellenállásnak.

## POM C



25. ábra - Fajlagos forgácsolási ellenállás POM C

A POM C esetén a fajlagos forgácsolási ellenállások értékei az előzőekben vizsgált PA6-nál és PE HD 1000-nél megállapított értékek között helyezkednek el. Az előzőekben megfigyelhető szinte állandó értékű terület itt elmarad, de itt szűkebb határok között mozognak az értékek a teljes vizsgált tartományban.

### 4.3 A fajlagos forgácsolási ellenállás és a szakítószilárdság aránya

Az vizsgálataim során igyekeztem, valamilyen összefüggést keresni a szilárdság és a forgácsolásnál fellépő erők között, mely alapján előre meg lehet becsülni a fellépő főforgácsoló erő nagyságát.

Az alkalmazott összefüggés:

$$\frac{k_s}{\sigma_B} [-]$$

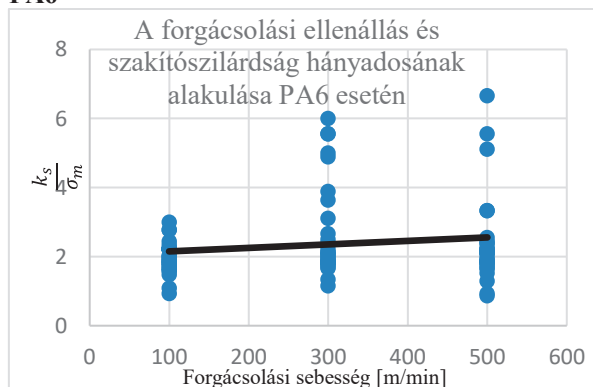
Ahol:

$k_s$  – fajlagos forgácsolási ellenállás [ $\frac{N}{mm^2}$ ]

$\sigma_B$  – a polimer szakítószilárdsága [ $\frac{N}{mm^2}$ ]

Az eredmény egy dimenzió nélküli arányszám, melynek változását az alábbiakban bemutatok.

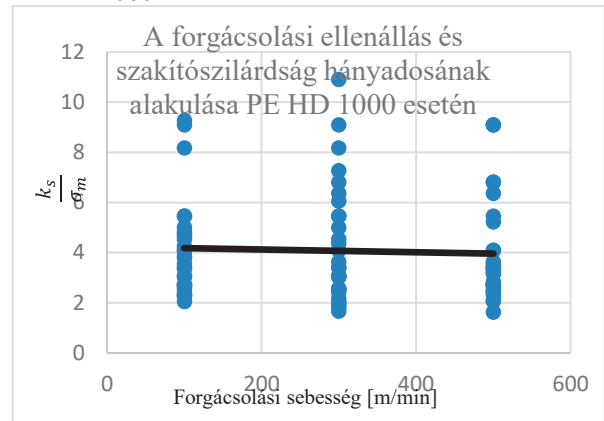
## PA6



26. ábra - A forgácsolási ellenállás és szakítószilárdság hányadosának alakulása PA6 esetén

A diagram jól mutatja, hogy az arányok a 2 érték körül helyezkednek el főként. Az egyenes az átlaguk változását mutatja a forgácsolási sebesség változtatásával.

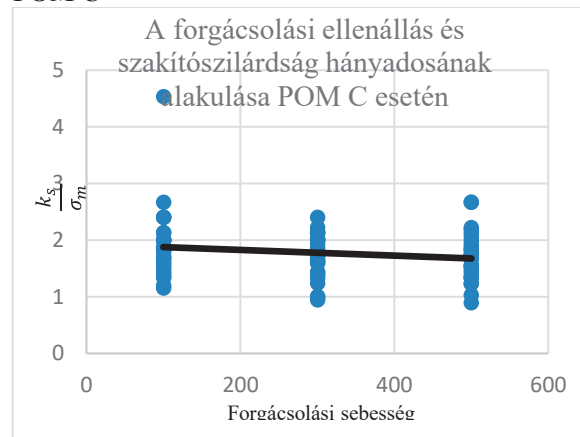
## PE HD 1000



27. ábra - A forgácsolási ellenállás és szakítószilárdság hányadosának alakulása PE HD 1000 esetén

A PE HD 1000-nél ellentétes jelenség figyelhető meg, mint a PA6-nál. Az általam felállított arány átlagosan a forgácsoló erő növekedésével csökken. Itt az arány 4 körül helyezkedik el.

## POM C



28. ábra - A forgácsolási ellenállás és szakítószilárdság hányadosának alakulása POM C esetén

POMC esetén is hasonlóan változik az arány, mint a PE HD 1000-nél. Az is jól látszik, hogy az értékek, hasonló eloszlást is mutatnak. Az arány az 1,5 és a 2 között veszi fel átlagosan az értéket.

## 5 ÖSSZEFOGLALÁS

Jól látható, hogy a különböző polimerek eltérően viselkednek az esztergálás során, illetve más-más erők lépnek fel azonos forgácsolási paraméterek esetén, különböző anyagoknál.

A PA6 esetében mindkét lapkával és megfigyelhető volt a forgács típusok keletkezése is, mely az általam vizsgált forgácsolási paraméterek felső tartományában kedvező képet mutatott, mivel ha elemi forgácsot nem is



sikerült elérni, de átmeneti forgács keletkezett ezen tartományokban. A főforgácsoló és előtoló erőket, illetve a fajlagos forgácsolási ellenállások alakulását diagramokon ábrázoltam. Mindkét felületű lapkával megvizsgáltam és látható volt az eredményekből, hogy csak a felső forgácsolási paramétereknél volt megfigyelhető számottevő változás a főforgácsoló és az előtoló erőben, míg a főforgácsoló erőben a polírozott felületű lapkánál kisebb értékek mutatkoztak, addig az előtoló erőben nagyobbak, azonban ezek sokkal kisebb eltérések, mint a főforgácsoló erőnél.

A PE HD 1000 esetén jelentősen kisebb erők léptek fel a főforgácsoló erőnél, és az előtoló erőnél is. Gyakorlatilag a vizsgálat során is minden esetben folyó forgács keletkezett. Itt is ugyancsak a polírozott lapkánál a felső forgácsolási beállítások esetén alakultak kisebb főforgácsoló erők, illetve nagyobb előtoló erők. Azonban itt már jóval kisebb eltérés mutatkozott, mint a PA6-nál.

POM C a legjobban forgácsolható anyagnak a vizsgált polimerek közül. A felső forgácsolási paraméterekkel való vizsgálat során már elemi forgács keletkezett és lefelé haladva a beállítási értékekkel átmeneti, majd könnyen szakadó folyó forgács keletkezett. A két különböző lapkával történő vizsgálatok során, itt már gyakorlatilag nem volt számottevő eltérés sem a főforgácsoló, sem az előtoló erőben.

A diagramokon ábrázolt fajlagos forgácsolási ellenállásokról elmondható összességében, hogy a kis fogásmélységek és kis előtolások esetén magas értékeket mutatott, míg nagy előtolás és nagy fogásmélység értékek esetén ennek az ellenkezője volt megfigyelhető, tehát alacsony forgácsolási ellenállások mutatkoztak. Ezek közül az utóbbi a kedvezőbb, gazdaságossági szempontból.

Először a POM C esetét tekintem, mivel ennél a meghatározott fajlagos forgácsolási ellenállás és szakítószilárdság arányok a gyakorlatban jól használható a fellépő fajlagos forgácsolási ellenállás becslésére a szakítószilárdság alapján és ebből meghatározható akár a várható fellépő főforgácsoló erő nagysága adott fogásmélység és előtoláshoz. Ez gyakorlati szempontból rendkívül előnyös lehet gyors kalkulációk, szerszám kiválasztás és még számos szempontból.

A PA 6 esetén az arány már nagyobb szórást mutatott, illetve itt a forgácsoló sebesség növelésével nőtt az érték. A nagyobb szórás ellenére ez is alkalmazható a fellépő fajlagos forgácsolási ellenállás megbecslésére, azonban figyelembe kell venni, hogy bizonytalanabb eredményt kapunk.

A PE HD 1000 esetén az arány hasonló szórást mutatott, mint a PA 6 esetén. Azonban itt a forgácsoló erő növekedésével csökken ez az arányszám értéke. Az említett nagyobb szórás ellenére ez is alkalmazható a forgácsolási adatok megbecslésére, igaz hasonlóan a PA 6 esetéhez, pontatlanabb mértékben. Ami ennél az

anyagnál kevésbé lényeges mivel kisebb erők lépnek fel a forgácsolásakor.

A vizsgálatok eredményei akár azonnal a gyakorlatban előnyösen alkalmazható, melyek figyelembevételével növelhető a megmunkálások gazdaságossága és mivel emulziós, illetve bármely más hűtés nélkül végeztem a méréseket, nem utolsó sorban környezetkímélőbbé is tehető a termelés, mely mellett ugyancsak gazdaságosabb is lehet a megmunkálás, mivel, ha nem szükséges hűtő kenő folyadék, akkor annak sem a kezeléséről, sem az elszállításáról sem kell gondoskodni. A meghatározott fajlagos forgácsolási erő és az anyag szakítószilárdság hányadosai pedig előnyösen használható és gyors, jó közelítésű eredményeket hoz, mely a gyakorlatban fontos szempont.

## 6 IRODALOMJEGYZÉK

- [1] - Dr. Kalácska Gábor szerk., Dr. Keresztes Róbert, Dr. Kozma Mihály, Dr. Zsidai László - Műszaki Polimerek és Kompozitok a gépészmérnöki gyakorlatban, 3C-Grafika Kft., Gödöllő, 2007
- [2] - Fenyvessy Tibor, Fuchs Rudolf, Plósz Antal - Műszaki Táblázatok, NSZFI, Budapest, 2010
- [3] - Dr. Kári-Horváth Attila, Dr. Fledrich Gellért, Dr. Kakuk Gyula, Dr. Zsidai László - Gépgyártástechnológia, Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., Gödöllő, 2016.
- [4] - [www.dieterle-tools.de](http://www.dieterle-tools.de)
- [5] - [www.nct.hu](http://www.nct.hu)
- [6] - [www.sandvik.coromant.hu](http://www.sandvik.coromant.hu)
- [7] - [www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)