



A MEZŐGAZDASÁGBAN ALKALMAZOTT MŰANYAGOK FORGÁCSOLÁSA

KOVÁCS RÓBERT – KORZENSZKY PÉTER – KERESZTES RÓBERT

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Gödöllő

ÖSSZEFOGLALÁS

A diagramokon ábrázolt fajlagos forgácsolóerőkről 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 forgácsolóerők mutatkoztak. Ezek közül az utóbbi a kedvezőbb, gazdaságossági szempontból.

A POM C esetét a meghatározott fajlagos forgácsolóerő és szakítószilárdság arányok a gyakorlatban nagyon jól használhatóak a fellépő fajlagos forgácsolóerő 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 forgácsolóerő megbecslésére, azonban figyelembe kell venni, hogy bizonytalanabb eredményt kapunk.

Az UHMW 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 meghatározott fajlagos forgácsolási erő és az anyag szakítószilárdság hányadosai előnyösen használhatók és gyors, jó közelítésű eredményeket hoznak, mely a gyakorlatban fontos szempont.

Kulcsszavak: forgácsolás, esztergálás, műanyag, forgácsolóerő, mezőgazdaság

BEVEZETÉS

Napjainkban a műanyagok szerepe rendkívül megnőtt mind a mindennapi életünk során, mind az iparban, beleértve a mezőgazdaságot is. Gyakorlatilag, bárhova tekintünk műanyagokat látunk. Számos gépelemet műanyagból készítenek. A mezőgazdasági gépeknél gyakori a teherviselő vagy hajtásátviteli elemként való alkalmazás is, mint például a műanyag siklócsapágyak, fogaskerekek, szíjtárcsák. Számos esetben a növényi részekkel érintkező csúszó vezetőelemek anyaga is műanyag. Ilyenkor megeshet, hogy nagy pontosságú illesztésre is szükség lehet műanyagok esetén is, ekkor már szükség lehet a sok esetben a forgácsolással való megmunkálásra.

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, ekkor jönnek szóba a más anyagokhoz ajánlott megmunkáló szerszámok, például lágyabb fémekhez valóak, mint például az alumíniumhoz.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A műanyagok makromolekulákból, azaz óriásmolekulákból álló anyagok. Fő összetevőjük a szén és a hidrogén, melyek mellett még bizonyos esetekben megtalálhatók bennük a nitrogén, az oxigén, a fluor és a kén. A műanyagok a természetben nem fordulnak elő, de előállíthatóak természetes anyagokból is.

Megkülönböztetjük a műanyagokat eredetük szerint is, attól függően, hogy a monomer honnan származik és milyen módszerrel kerül polimerizációra.

- hagyományos műanyagok
- bio- vagy biolebontható polimerek

Utóbbi jelentősége egyre növekszik a fosszilis energiahordozók árának növekedése, illetve a környezetvédelmi, klímaváltozási szempontok miatt. Előnyük a bio-lebontható polimereknek az újrahasznosíthatóság, az egyszerű lebontás és a kedvezőbb hulladékkezelés igénye.

A bio-lebontható műanyagok lehetnek szintetikus, vagy természetes alapúak. Az utóbbiakat megújuló nyersanyagokból állítják elő, míg az előbbit kőolajszármazékokból. A lebontási mechanizmus alapján a műanyagok lehetnek:

- bio-lebonthatóak
- komposztálhatóak
- hidro bio-lebonthatóak
- bio-erodálhatóak

Jelenleg a műszaki gyakorlatban használt polimerek a hagyományos műanyagok csoportjába tartoznak. (Kalácska *et al* 2007)

A műanyagok előállítás:

A monomerek kémiai alapegységek között kémiai kötéssel létrehozott, hosszú molekulaláncú anyagokat nevezük műanyagoknak. A kis molekulatömegű monomerek akkor képesek egymáshoz kapcsolódni, ha rendelkeznek kettős kötésekkel vagy más aktív csoporttal. A monomereknek legalább két funkcionálisan aktív részre van szükségük, ahhoz, hogy makromolekulákat alkothassanak.

A monomerek közötti reakció eredményeként három féle műanyag keletkezhet:

- hőre lágyuló (termoplasztok)
 - részben kristályos szerkezetű
 - amorf szerkezetű
- hőre nem lágyuló (duroplasztok)
- elasztomerek

A műanyagok előnyei a fémekhez képest:

- alacsony sűrűség és nagy fajlagos szilárdság
- korrózióállóság, vegyszerállóság
- kiváló hő és villamos áram szigetelő képesség
- nagy tervezési rugalmasság
- alakos késztermékek könnyen gyárthatók
- korlátlan színezési lehetőség

- az energiaköltségek csökkenthető

(*Kalácska at al 2007*)

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.

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 cél-felhasználású műanyagokat
- általános rendeltetésű
- kiemelkedő jellemzőkkel rendelkező, nagyteljesítményű (HPM) anyagokat

(*Kalácska at al 2007*)

Az esztergálásról

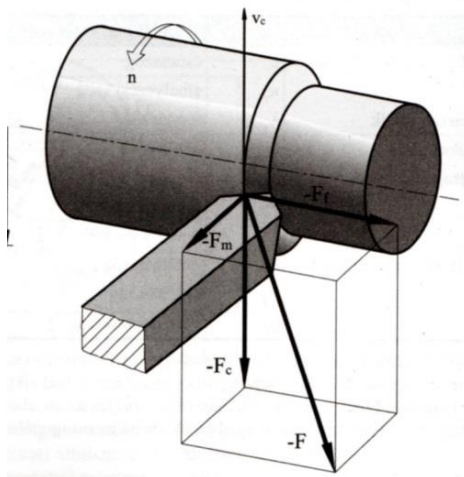
Az esztergálás az egyik leggyakoribb forgácsoló megmunkálás az iparban, alkalmazzák az egyedi gyártásban és a tömeggyártásban főként automatizált formában egyaránt. Az esztergálás egyélű szerszámmal, állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával végzett forgácsolás. (Kári-Horváth *et al* 2016)

Az esztergálás közben fellépő mozgások:

Az esztergálás során eltérő irányú mozgások lépnek fel, melyeket a szerszám illetve a munkadarab végez. A munkadarab végzi a forgácsoló főmozgást mely az esztergálás esetében a forgó mozgás. A mellékmozgásokat pedig a szerszám végzi, amelyek az előtolás irányú, illetve a fogásvétel irányú mozgás.

Az esztergálás során fellépő erők:

Az esztergálás során a késre három irányú erő hat. (1. ábra) A késre 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.

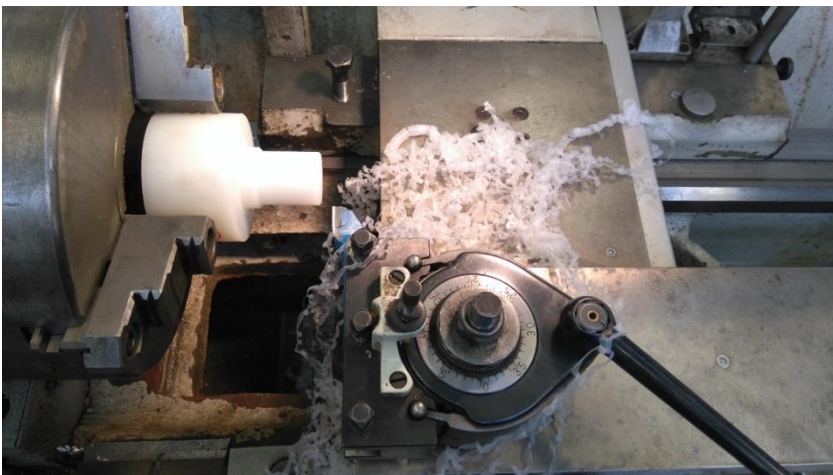


1. ábra Esztergálás erőviszonyai (Fenyvessy *et al* 2010)

Figure 1: Turning force conditions (Fenyvessy *et al* 2010)

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 munkadarabra vagy a szerszámra. (2. ábra) 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 szerszámra, és ez a felületi érdességet rontja, növeli a forgácsoló erőt, rontja a méretpontosságot. (Kalácska 2005)



2. ábra: Folyóforgács keletkezése

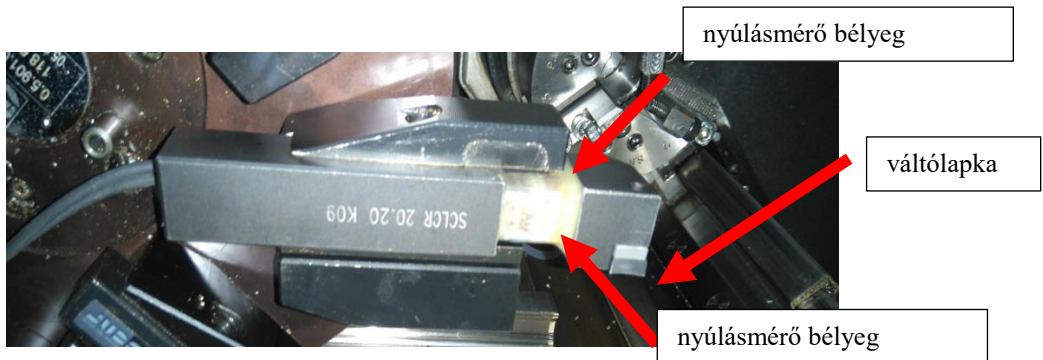
Figure 2: Formation of river chips

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás során alumínium forgácsolásához való esztergákész lapkát használtunk. (3. ábra) A mérések során a forgácsolt anyagok PA6, POM C, illetve UHMW PE HD 1000 voltak. Az esztergálási eljárás során vizsgáltuk a felmerülő problémákat, mint például a folyóforgács kialakulásának elkerülése, mértük a kesre ható fő-, illetve az

előtolás irányú forgácsoló erőt, különböző előtolásoknál, fogásmélységeknél és különböző forgácsoló sebességeknél, melyek között megvizsgáltuk a lehetséges összefüggéseket.

A megmunkálások egy NCT Euroturn-12B típusú CNC vezérlésű esztergagépen kerültek lefolytatásra. A forgácsoló, illetve az előtoló erő mérése egy nyúlásmérő bélyegekkel felszerelt váltólapkás eszterga késszár segítségével történt. (3. ábra) A bélyegek jele egy Spider 8 típusú elektromos mérőrendszerbe jut, amely párhuzamos porton át van összeköttetésben a számítógéppel.



3. ábra: A nyúlásmérő bélyegekkel ellátott kés a késtartóban elhelyezve

Figure 3: A knife with strain gauges placed in the knife holder

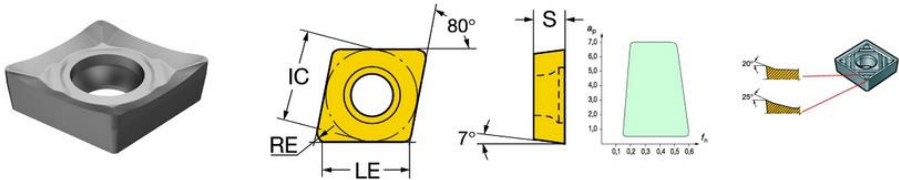
Az adatok gyűjtése Catman szoftver segítségével történt, mely gyűjti az adatokat, illetve grafikusán is ábrázolja a fellépő erőket az idő függvényében. Mentés után pedig táblázatkezelő programmal megnyithatóvá válnak a mérési eredmények.

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

Meghatároztuk a fajlagos forgácsolóerőt, melyek fontosak a szerszám jó kihasználtságának meghatározásához és a megmunkálás gazdaságosságának tervezéséhez is alkalmazható.

Alkalmazott esztergákés lapka: (4.ábra)

CCGX 09 T3 04 AL H10

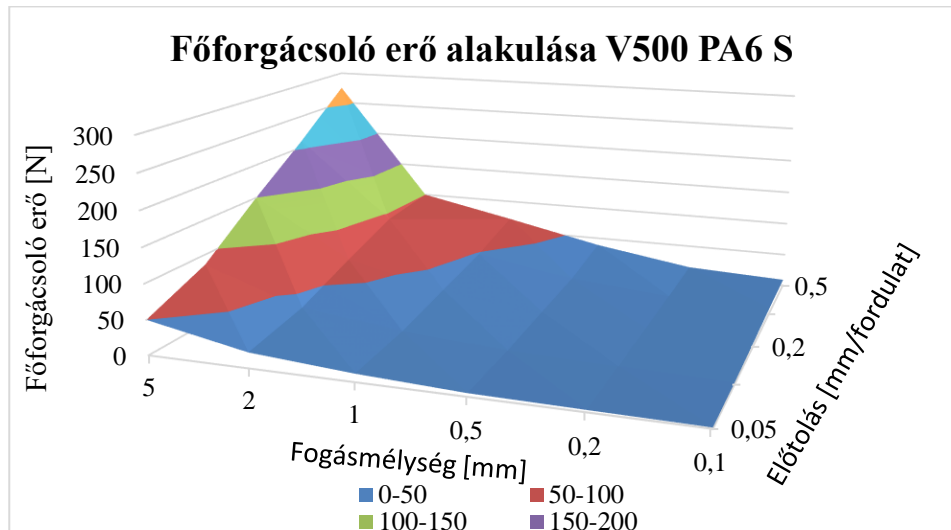


4. ábra: A lapka geometriája (www.sandvik.coromant.hu)

Figure 4: The geometry of the tile (www.sandvik.coromant.hu)

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

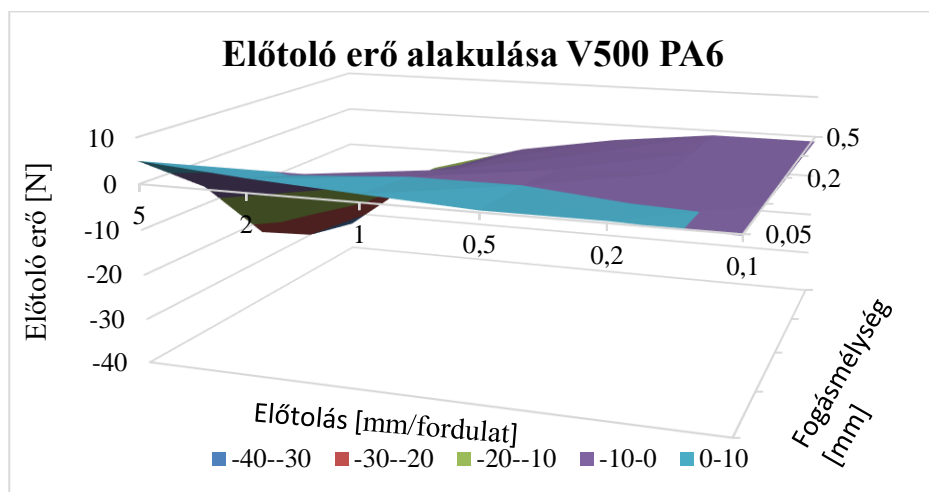
A diagram jól mutatja a főforgácsoló erő értékeit az előtolás, illetve a fogásmélység függvényében. (5. ábra) A mérés során megjegyezhető, hogy a diagramban jelölt legnagyobb forgácsolási paramétereknél már erőteljes hanghatás is kísérte az esztergálást, amely valószínűleg a rezgésekből adódóan jöhetett létre.



5. ábra: A főforgácsoló erő alakulása PA6

Figure 5: Evolution of the main cutting force 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. (6.ábra) Ez a jelenség lényeges lehet mivel a CNC vezérlésű gépek hossz szánjának nincs holtjátéka, ellentétben a hagyományos esztergák többségével, melyeknek van holtjátéka, és ezáltal ez a jelenség rendkívül hátrányos. Ilyen estben a holtjáték mértékével magára rántja a kést és hirtelen nagy dinamikus terhelés jön létre mely károsíthatja a kést, növeli hirtelen a fellépő erőket és rontja a felületi minőséget. Tehát hagyományos gépeken érdemes figyelembe venni ezen paramétereket.



6. ábra: Előtoló erő alakulása PA6

Figure 6: Evolution of feed force PA6

A fenti diagramokon ábrázolt előtolás és fogásmélység értékekkel kerültek lefolytatásra a mérések a PA6 esetén 300m/min, illetve 100m/min forgácsolósebességekkel is. (6. ábra) A 300m/min forgácsolósebesség esetén a forgácsoló erő végig nagyobb értékeket mutatott, mint az 500 m/min forgácsoló sebességnél. Itt is megfigyelhető volt, hogy a főforgácsoló erő szinte ugrásszerűen csökkent a 0,3 és a 0,2 mm/fordulat előtolás értékek között.

Az előzőhöz hasonlóan csak a legfelső előtolás és fogásmélység értékeknél volt észlelhető jelentősebb változás a főforgácsoló erőben. Az előtoló erő hasonlóan az előző

forgácsoló sebességénél mértékhez alakult, tehát megfigyelhető volt, ahogy egy bizonyos forgácsolási paramétereknél az előtoló erő átvált negatív értékre.

100m/min forgácsolósebességénél már egyenletesebb változást mutatott a főforgácsoló erő, az előtoló erő pedig szintén hasonlóan viselkedett, mint a korábbi mérések során.

Elvégeztük az UHMW PE HD1000, illetve a POM C esetében is ugyanazon mérési sorozatokat, ugyanazon paraméterek beállításával.

Az UHMW PE HD1000 esetén kisebb erők léptek fel, mint a PA6-nál és sokkal egyenletesebben is változnak az előtolás és a fogásmélység függvényében. Az előtoló erők esetében is hasonlóan alakultak az erők a korábban vizsgált PA6-hoz képest, sokkal kisebb erők keletkeztek.

A POM C forgácsolása során megfigyelhető, hogy a főforgácsoló erő egyenletesen változik az előtolás és a fogásmélység függvényében. Nem mutat sehol nagyobb kiugrásokat.

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

A fajlagos forgácsolóerő alakulása:

A fajlagos forgácsolóerő azt mutatja meg, hogy mekkora erő szükséges 1mm² 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.

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

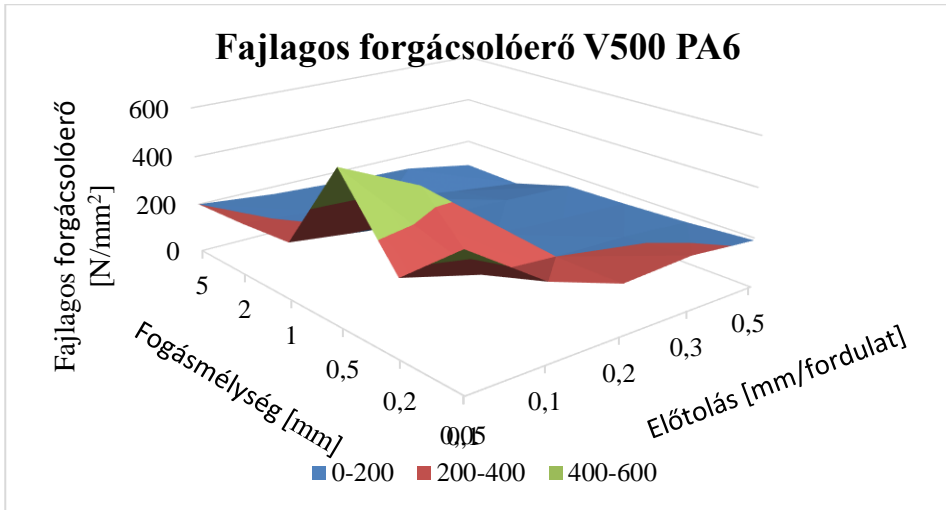
Ahol:

F_f – főforgácsoló erő [N]

f – előtolás [mm/fordulat]

a – fogásmélység [mm]

PA6:

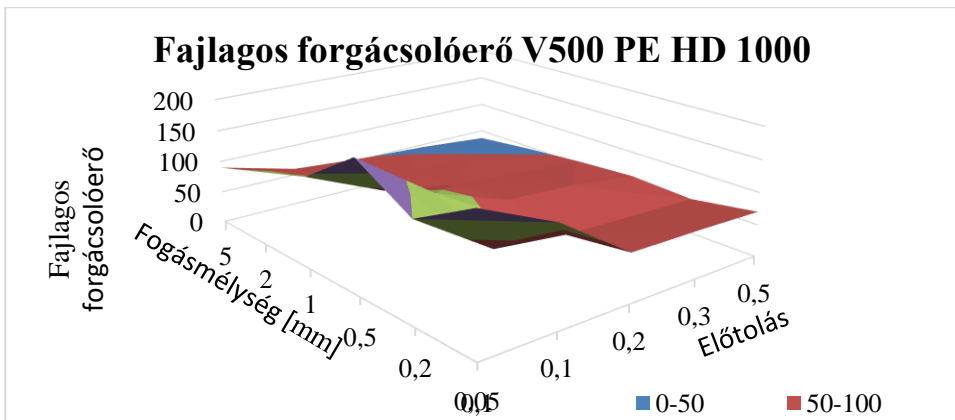


7. ábra: Fajlagos forgácsolóerő PA6

Figure 7: Specific cutting force PA6

A PA6 esetén nem teljesen egyenletes a változás, de ennek ellenére jól látszik, hogy a fajlagos forgácsolóerő értéke a fogásmélység és az előtolás növelésével együtt csökken és egy bizonyos érték után szinte nem is változik. (7. ábra)

UHMW PE HD 1000



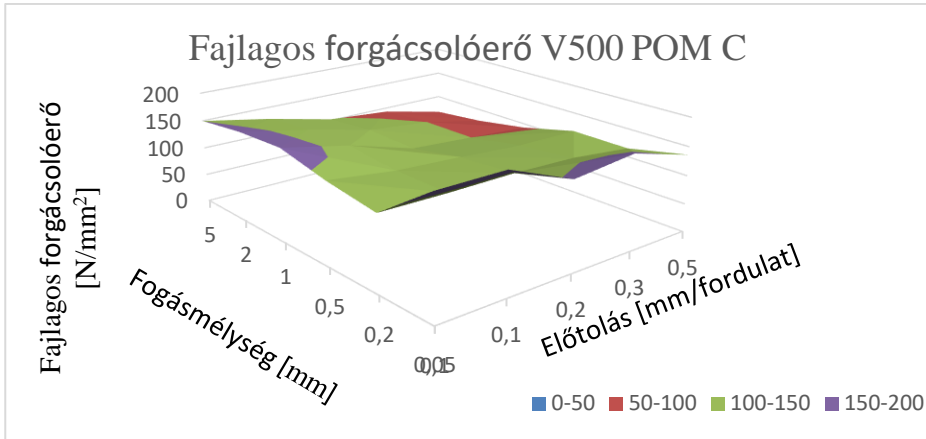
8. ábra: Fajlagos forgácsolóerő UHMW PE HD1000

Figure 8: Specific cutting force UHMW PE HD1000

Az UHMW PE HD 1000 esetén már kisebb az fajlagos forgácsolóerő értéke, azonban arányaiban sokkal eltérőbb értékeket mutat a diagram az eltérő fogásmélység és előtolás

beállításoknál. (8. ábra) Itt is megfigyelhető, hogy egy bizonyos területen szinte állandó az értéke az fajlagos forgácsolóerőnek.

POM C



9. ábra: Fajlagos forgácsolóerő POM C

Figure 9: Specific cutting force POM C

A POM C esetén a fajlagos forgácsolóerők értékei az előzőekben vizsgált PA6-nál és PE HD 1000-nél megállapított értékek között helyezkednek el. (9. ábra) Az előzőekben megfigyelhető szinte állandó értékű terület itt elmarad, de itt szűkebb határok között mozognak az értékek a teljes vizsgált tartományban.

A fajlagos forgácsolóerő és a szakítószilárdság aránya

A vizsgálatok során igyekeztünk, 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:

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

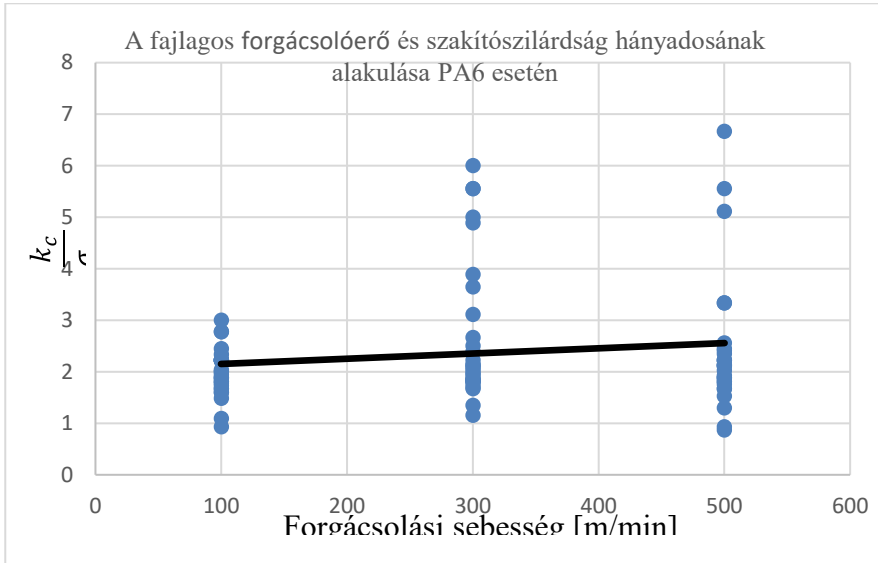
Ahol:

k_c – fajlagos forgácsolóerő $[\frac{N}{mm^2}]$

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

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

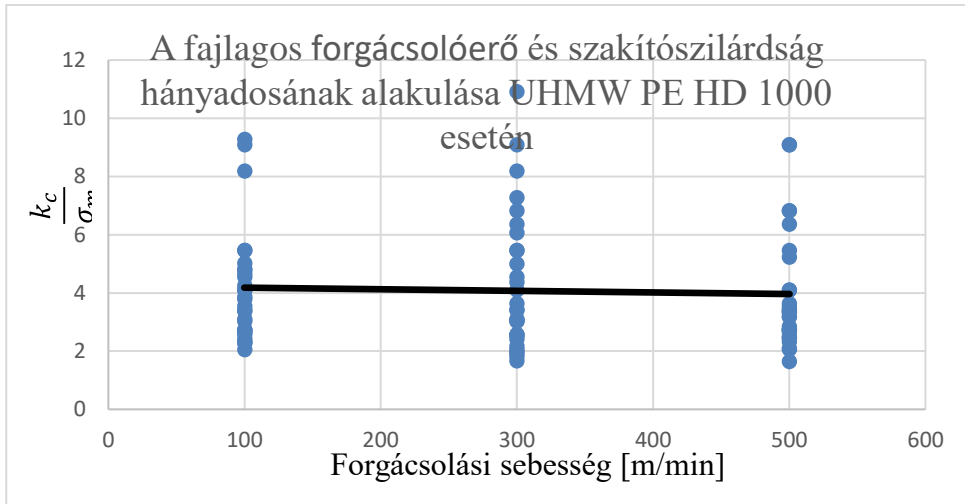
PA6



10. ábra: A fajlagos forgácsolóerő és szakítószilárdság hányadosának alakulása PA6 esetén

Figure 10: Evolution of the ratio of specific cutting force to tensile strength for PA6

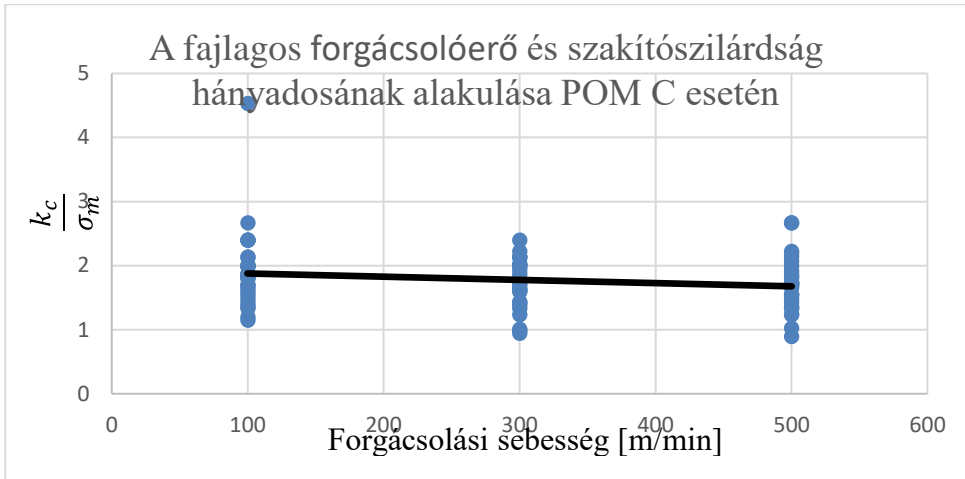
A diagram jól mutatja, hogy az arányok a 2 érték körül helyezkednek el főként. (10.ábra) Az egyenes az átlaguk változását mutatja a forgácsolási sebesség változtatásával.

UHMW PE HD 1000

11. ábra: A fajlagos forgácsolóerő és szakítószilárdság hányadosának alakulása UHMW PE HD 1000 esetén

Figure 11: Development of the ratio of specific cutting force to tensile strength for UHMW PE HD 1000

Az UHMW PE HD 1000-nél ellentétes jelenség figyelhető meg, mint a PA6-nál.(11. ábra) Az általunk felállított arány átlagosan a forgácsoló erő növekedésével csökken. Itt az arány 4 körül helyezkedik el.

POM C

12. ábra: A fajlagos forgácsolóerő és szakítószilárdság hányadosának alakulása POM C esetén

Figure 12: Development of the quotient of the specific cutting force and tensile strength in the case of POM C.

POMC esetén is hasonlóan változik az arány, mint az UHMW PE HD 1000-nél. (12.ábra) 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.

ÖSSZEFOGLALÁS

A diagramokon ábrázolt fajlagos forgácsolóerőkről 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 forgácsolóerők mutatkoztak. Ezek közül az utóbbi a kedvezőbb, gazdaságossági szempontból.

A POM C esetét a meghatározott fajlagos forgácsolóerő és szakítószilárdság arányok a gyakorlatban nagyon jól használhatóak a fellépő fajlagos forgácsolóerő 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 forgácsolóerő megbecsülésére, azonban figyelembe kell venni, hogy bizonytalanabb eredményt kapunk.

Az UHMW 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 megbecsülésére, igaz hasonlóan a PA 6 esetéhez, pontatlanabb mértékben. Ami ennél az anyagnál kevésbé lényeges mivel kisebb erők lépnek fel a forgácsolásakor.

A meghatározott fajlagos forgácsolási erő és az anyag szakítószilárdság hányadosai előnyösen használhatók és gyors, jó közelítésű eredményeket hoznak, mely a gyakorlatban fontos szempont.

MACHINING PLASTICS USED IN AGRICULTURE

RÓBERT KOVÁCS –PÉTER KORZENSZKY –RÓBERT KERESZTES

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

Gödöllő

SUMMARY

Overall, the specific cutting forces shown in the diagrams showed high values at low depths and low feed rates, while the opposite was observed at high feed rates and high depths, so low cutting forces were observed. The latter is more favorable from an economic point of view. In the case of POM C, the specified specific cutting force and tensile strength ratios can be used very well in practice to estimate the specific cutting force based on the tensile strength and from this the expected main cutting force can be determined for a given depth and feed. From a practical point of view, this can be extremely advantageous in terms of quick calculations, tool selection and many more. In the case of PA 6, the ratio already showed a larger standard deviation, and here the value increased with increasing cutting speed. Despite the larger standard deviation, this can also be used to estimate the specific cutting force that occurs, but it should be noted that

a more uncertain result is obtained. For UHMW PE HD 1000, the ratio showed a similar standard deviation as for PA 6. However, here the value of this ratio decreases as the cutting force increases. Despite the greater variance mentioned, this can also be used to estimate cutting data, albeit to a lesser extent than in the case of PA 6. Which is less important for this material as less forces are encountered during cutting. The quotients of the specified specific cutting force and the tensile strength of the material can be used advantageously and give fast, good approximation results, which is an important aspect in practice.

Keyword: scutting, turning, plastic, cutting power, agriculture

IRODALOMJEGYZÉK

- Fenyvessy T.- Fuchs R.- Plósz A.* (2010): Műszaki Táblázatok, NSZFI, Budapest
- Kalácska G.* (2005): Műszaki műanyag féltermékek forgácsolása, Quattroplast Kft. Gödöllő
- Kári-Horváth A. - Fledrich G. - Dr. Kakuk Gy. - Zsidai L.* (2016): Gépgyártástechnológia, Szent István Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft., Gödöllő
- Keresztes R. - Kozma M.- Zsidai L.* (2007): Műszaki Polimerek és Kompozitok a gépészmérnöki gyakorlatban, Kalácska G szerk., 3C-Grafika Kft., Gödöllő

www.sandvik.coromant.hu

www.quattroplast.hu

A szerzők levélcíme –Address of the authors:

Kovács Róbert

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Műszaki Intézet

2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

kov.robert93@gmail.com

Korzenszky Péter Emőd
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Műszaki Intézet
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
korzenszky.peter.emod@uni-mate.hu

Keresztes Róbert Zsolt
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Műszaki Intézet
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
keresztes.robort.zsolt@uni-mate.hu