

ERŐTANI VIZSGÁLATOK POLIÉTER-ÉTER-ÉTER-KETON (PEEK) ESZTERGÁLÁSA ESETÉN

THE INVESTIGATION OF CUTTING FORCES IN TURNING TECHNOLOGY OF PEEK (POLY ETHER ETHER KETONE)

Horváth Richárd¹, Nagy János Zsolt², Hervay Péter³

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtudományi és Gyártástechnológiai Intézet Cím: 1081, Magyarország, Budapest, Népszínház utca, 8.; Telefon: +36-1-666-5326,

¹horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu

²nagy.janos@bgk.uni-obuda.hu

³hervay.peter@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

There are more and more engineering plastics in the modern industry, and the area of their application is getting wider. The finish machining of these materials can be done by cutting. There are two important data, which we can use to describe the cutting process of an engineering plastic: forces during cutting and surface roughness. The aim of this paper is to show an experiment, in which we examined the force components during the cutting of a widely used engineering plastic that has favourable properties. We used a full factorial design of experiments, with the aim of predicting cutting force depending on cutting parameters with a predictive model.

Keywords: *engineering plastic, poly ether ether ketone, PEEK, cutting force, phenomenological model*

Összefoglalás

A műszaki műanyagok folyamatos fejlődése és ipari előretörése ma már megállíthatatlannak tűnik, melyeket egyre szélesebb körben alkalmaznak az iparban. Ezeknek az anyagoknak a befejező megmunkálása történhet forgácsolással. A forgácsolási folyamatot leíró két fontos jellemző a forgácsolás-közben fellépő erőhatások, valamint a forgácsolással készített felületi érdesség értéke. Ennek a dolgozatnak a célja egy korszerű, rendkívül kedvező tulajdonságú, széles körben alkalmazható modern műanyag forgácsolása közben fellépő erőkomponensek vizsgálata. A forgácsolási kísérleteknél full faktoriális kísérlettervet alkalmaztunk, melynek célja a forgácsolási paraméterektől függő forgácsolási erő előre történő becslése, prediktív modell felállítása által.

Kulcsszavak: *műszaki műanyag, Poli(éter-éter-keton), PEEK, forgácsoló erő, fenomenológiai model*

1. Bevezetés

A műszaki műanyagok befejező megmunkálása történhet forgácsolással. A mű-

szaki műanyagok forgácsolhatósága teljesen eltér a szakirodalomban ismertetett széleskörben felhasznált fémekétől (pl. acélok, alumínium ötvözetek stb.).

Petropoulos és társai [1] erősítetlen, karbon- és üveg-szállal 30%-ban erősített kompozitok forgácsolhatóságának vizsgálatát végezte PCD (polikristályos gyémánt) és K15-ös keményfém szerszámmal. A mérés során a forgácsoló sebesség és az előtolás változtatásának a felületi minőségre való hatását vizsgálták és állítottak fel predektív modellt a forgácsolási paraméterek függvényében.

Hanafi és társai [2] tanulmányuk során 30% karbon-szállal erősített poliéter-éter-éter-ketont (PEEK) forgácsoltak titán-nitrid bevonatos szerszámmal. A mérések során a forgácsoló sebesség, az előtolás és a fogásmélység változásának hatását figyelték meg a forgácsoló erőre.

Mata és társai [3] kísérleteiket erősítetlen, valamint karbon-szállal és üveg-szállal 30%-ban erősített PEEK forgácsolásával kapcsolatban végezték. Munkájukban empirikus modellt állítottak fel a forgácsoló sebesség és az előtolás hatását figyelembe véve a forgácsoló erőre és a fajlagos forgácsoló erőre.

Hanafi és társai [4] egy másik kutatásukban 30%-ban karbon-szállal erősített PEEK-el kapcsolatban végeztek forgácsolási kísérleteket. Vizsgálataik során Taguchi optimalizálási módszert alkalmaztak, s keresték a minimálisan alkalmazható forgácsoló erőhöz és a legjobb felületi minőséghez tartozó forgácsolási paramétereket.

Ebben a cikkben a szerzők erősítetlen poliéter-éter-éter-keton (PEEK) forgácsolhatóságának vizsgálatával foglalkoznak. Empirikus modellt állítanak fel a fellépő eredő forgácsolási erőre, mellyel a vizsgált paraméter tartományon belül technológiai előtervezésnek megfelelő pontossággal becsülhetőek az eredő forgácsolási erő értékek.

2. Anyagok és módszerek

2.1. Felhasznált eszközök

Az esztergálási kísérletekhez egy erősítetlen Ø60 mm poliéter-éter-éter-keton (PEEK) rudat használtunk fel.

A forgácsoló kísérletekhez egy egyedileg átalakított és fejlesztett [5] kis erők mérésére alkalmas (0...100 N) SDJCR 2525M-11 kódú szerszámszárt használtunk.

A forgácsoló lapka DCGW 11T304 FN (PCD) volt.

A forgácsolási kísérleteket Dougard Eagle BNC-1800-as eszterga gépen végeztük ($P_{max}=11$ kW, fordulatszám tartománya $n=100...4500$ 1/min.), míg az erőmérések kiértékeléséhez a DynoWare programot használtuk.

2.2. Alkalmazott kísérletterv

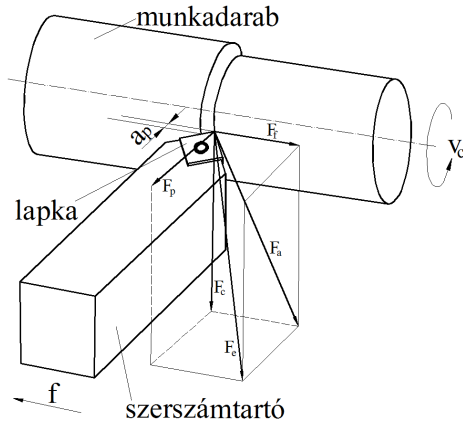
A kísérlettervezés (design of experiment, DOE) során két forgácsolási paramétert (v_c - forgácsolási sebesség, m/min; f - előtolás, mm) ekvidisztáns (azonos távolságú) módon változtattuk 6 szinten. A fogásvételt (a , mm) konstans értéken tartottuk ($a = 0,5$ mm), melyet az indokolt, hogy a PEEK fogácsolása során legtöbbször simító megmunkálást szoktak alkalmazni. A hat forgácsoló sebesség és a hat előtolás értékből 36 mészéri pont adódott. A forgácsolási paraméterek szintjeit az **1. táblázat** tartalmazza.

1. táblázat. Forgácsolási paraméterek szintjei

Szintek	Forgácsolási paraméterek		
	forgácsolási sebesség, v_c , m/min	előtolás, f , mm	fogásmélység, a , mm
1	50	0,05	0,5
2	120	0,12	
3	190	0,19	
4	260	0,26	
5	330	0,33	
6	400	0,4	

2.3. Mért erőkomponensek

Az 1. ábra mutatja az esztergálás közben fellépő térbeli erőrendszert, valamint az esztergálás mozgásviszonyait. A méréseink során mértük mindhárom erőkomponenst, úgymint: F_c – főforgácsoló erő, N; F_f – előtolás irányú erő, N; F_p – radiális irányú erő (ún. passzív erő), N).



1. ábra. Esztergálás térbeli erőrendszere és mozgásviszonyai

A mért értékekből az eredő forgácsoló erőt határoztuk meg az alábbi képlet alapján:

$$F_e = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2} \quad (1)$$

ahol,

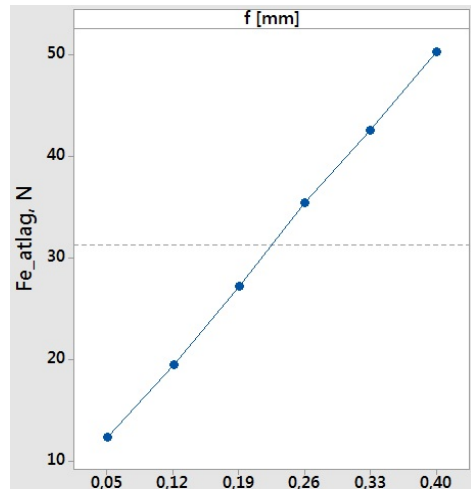
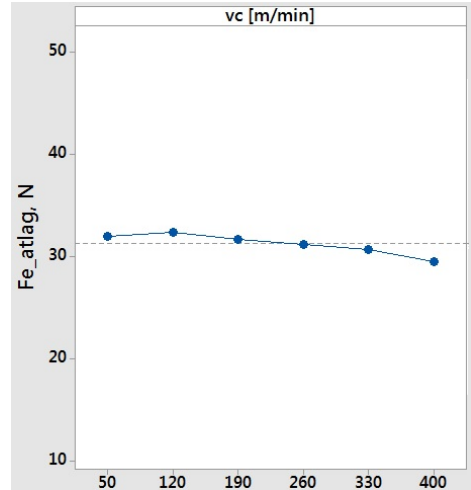
F_c – főforgácsoló erő, N;

F_f – előtolás irányú erő, N;

F_p – radiális irányú erő (ún. passzív erő), N.

3. Eredmények

Az F_e (eredő) erők meghatározása után elvégeztük a bemeő paraméterekre a szignifikancia vizsgálatokat, és azt találtuk, hogy az F_e eredő erő paraméterre csak az előtolásnak van lineáris hatása, míg a forgácsoló sebesség hatása elhanyagolható. Ezt jól mutatják a főhatás ábrák is (2. ábra.)



2. ábra. A forgácsolósebesség és az előtolás főhatás ábrái az eredő forgácsoló erőre

A szignifikancia vizsgálatok utána az alábbi egyenletet építettük az F_e eredő erő meghatározására:

$$F_e = 6,76 + 108,94 \cdot f \quad (2)$$

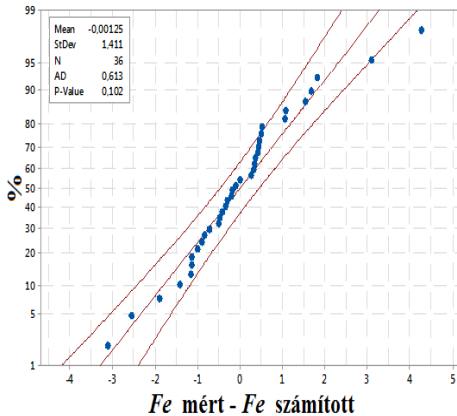
$(R^2 = 0,9887)$

ahol

F_e – eredő forgácsoló erő, N;

f – előtolás, mm.

A **3. ábra** a reziduumvizsgálat eredményeit mutatja. Az ábrán a mért és a becült értékek különbségét ábrázoltuk normalitás hálón. A 3. ábrából látszik, hogy az általunk épített egyenlet (2) hibái normális eloszlást mutatnak az átlaguk nulla körüli érték, míg a szórás 1,4 N.



3. ábra. A model hibáinak ábrázolása normalitási hálón

4. Következtetések

Ebben a cikkben a szerzők erősítetlen PEEK műszaki műanyag forgácsolhatóságának vizsgálatát végezték el esztergálás körülményei között mesterséges gyémánt szerszámmal. A forgácsolás erőigénye és annak becslése volt az elsődleges szempont. Kutatásunkat kísérletterv segítségével végeztük el 6 forgácsoló sebesség és 6 előtolás kombináció adta a mérési pontokat. Vizsgálatainkból az alábbi következtetéseket lehet levonni:

- az erősítetlen PEEK forgácsolása közben az eredő csak az előtolástól függ, a forgácsoló sebességnek nincs hatása a fellépő eredő erőre;

- empirikus modellt alkotunk mellyel megfelelő pontossággal becsülhető a forgácsolási erő eredő értéke simító esztergálás technológiájánál a vizsgált paramétertartományban;

- a reziduum vizsgálat bebizonyította, hogy a modelltől számított és mért értékek közötti eltérés (a modell hibája), normális eloszlást mutat. Várható értéke nulla körüli, míg a szórása igen kicsinek (1,4 N) mondható.

Köszönetnyilvánítás



AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA ÚNKP-16-4/I. KÓDSZÁMÚ ÚJ
NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK
TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Petropoulos, G., F. Mata, and J. Paulo Davim: *Statistical study of surface roughness in turning of peek composites*. Materials & Design 29.1, 2008, 218–223.
- [2] Hanafi, I., Khamlichi, A., Cabrera, F. M., López, P. J. N., Jabbouri, A.: *Fuzzy rule based predictive model for cutting force in turning of reinforced PEEK composite*. Measurement, 45(6), 2012, 1424-1435.
- [3] Mata, F., Gaitonde, V. N., Karnik, S. R., Davim, J. P.: *Influence of cutting conditions on machinability aspects of PEEK, PEEK CF 30 and PEEK GF 30 composites using PCD tools*. Journal of materials processing technology, 209(4), 2009, 1980-1987.
- [4] Hanafi, I., Khamlichi, A., Cabrera, F. M., Almansa, E., Jabbouri, A.: *Optimization of cutting conditions for sustainable machining of PEEK-CF30 using TiN tools*. Journal of Cleaner Production, 33, 2012, 1-9.
- [5] Horvath, R., Palinkas, T., Matyasi, Gy., Dregelyi-Kiss, Á. *The design, calibration and adaptation of a dynamometer for fine turning*. International Journal of Machining and Machinability of Materials, 19:(1), 2017, 1-16.