

## MŰSZAKI MŰANYAG FORGÁCSOLHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

### INVESTIGATION OF MACHINABILITY ON TECHNICAL PLASTIC

Drégelyi-Kiss Ágota<sup>1</sup>, Horváth Richárd<sup>2</sup>, Nagy Nándor<sup>3</sup>

*Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag-tudományi és Gyártástechnológiai Tanszék, Cím: H-1081 Budapest, Népszínház utca, 8.; <sup>1</sup>dregeyli.agota@bgk.uni-obuda.hu; <sup>2</sup>horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu; <sup>3</sup>nagynandor92@gmail.com*

#### Abstract

The application of engineering plastics has been increasing gradually. The finishing procession of these materials can be done by cutting. The main theme of the paper is to test a certain plastic, (polyoxymethylene, POM) under turning circumstances. The testing of the machinability of the material was done through design of experiments (DOE). The tests were made by dry and coolant medium as well. As for the output parameters, roughness parameters were measured since it is often used in the industry. The paper compares and qualifies the cutting of the material done with dry and coolant medium.

*Keywords: POM plastic, surface roughness, turning, design of experiments.*

#### Összefoglalás

A műszaki műanyagok felhasználása az utóbbi években, évtizedekben fokozottan növekszik. Ezeknek az anyagoknak a befejező megmunkálása történhet forgácsolással. A dolgozat fő témája egy adott műszaki műanyag, a polioximetilén forgácsolhatóságának vizsgálata esztergálás körülményei között. Az anyag forgácsolhatóságának vizsgálata kísérletterv segítségével történt. A vizsgálatok szárazon és hűtő-kenő közeggel is el lettek végezve. Kimenő paraméterként az iparban is gyakran használt érdességi paraméterek voltak mérve. A dolgozat összehasonlítja, majd minősíti a száraz és hűtőkenő folyadékkal történő forgácsolást ennél az anyagnál.

*Kulcsszavak: POM műanyag, felületi érdesség, esztergálás, kísérletterv.*

#### 1. Bevezetés

A különböző forgácsolással készre-munkált alkatrészek egyik fő kritériuma a gyártott felületi érdesség. Ennek vizsgálata általában kísérlettervvel történik. Das és társai [1] AISI 4140 edzett acél keményszertergálását vizsgálták PVD-TiN bevonatú Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiCN anyagú kerámia szerszámmal. Vizsgálataikban úgynevezett L<sub>27</sub>-es

Taguchi tervet alkalmaztak. Olyan modellt hoztak létre a felületi érdesség becslésére, melyben bemenő adatként a forgácsolási paraméterek szerepelnek. Zebala és Kowalczyk [2] WC-Co (3 féle kobalt tartalmú: 10, 15, 25 tf%) keményfém forgácsolhatóságát vizsgálták gyémánt (PCD) szerszámmal. Vizsgálataikat L<sub>9</sub>-es Taguchi terv alapján végezték. Kétféle empirikus

modellt alkottak a felületi érdesség becslésére.

Poliamid (PA-6) műanyag esztergálását végezték el Lazarevic és társai [3], kétféle csúcsugarú H10 keményfém szerszámmal.

Eredményeikben kimutatták, hogy a felületi érdességre az előtolásnak volt nagy hatása, a különböző lapka sugaraknak alig, míg a forgácsoló sebesség hatása elhanyagolható. Különböző alumínium ötvözetek forgácsolhatóságát vizsgálták kísérlettel Horváth és társai [4,5,6]. Munkájukban olyan fenomenológiai modellt alkottak, ahol a forgácsolási paramétereken kívül a szerszám-anyag és a munkadarab anyag minőségi változóként szerepelt, mint bemenő paraméter. Ezen felül optimum pontot határoztak meg kívánatossági függvények és numerikus módszer alapján.

A szerzők ebben a cikkben egy műszaki műanyag (POM) forgácsolhatóságát vizsgálják válasz felületek (RSM) módszerével.

## 2. Anyagok és módszerek

### 2.1. Felhasznált eszközök

#### 2.1.1. Felhasznált munkadarab

A kísérlet során felhasznált műszaki műanyag a Polioximetilén (POM) volt, melynek forgácsolhatóságát esztergálás körülményei között vizsgáltuk. Kedvező tulajdonságai, a jó kopásállósága, széles alkalmazási hőmérséklettartománya, igen jó visszaállási, regenerációs tulajdonságai, jó ütőmunkája és csekély vízfelvétele. A POM fő alkalmazási területe a gép- és járműipar. Ám ezek mellett megtalálható a villamos iparban, gyakran háztartási gépek alkatrészeként, élelmiszeripari és gyógyászati célokra is megfelelő [7].

#### 2.1.2. Felhasznált szerszámok, gépek

A műszaki műanyagok befejező megmunkálása gyakran történik forgácsolással, de nincs külön erre az anyagcsoportra kialakított szerszámcsoport. A forgácsolási műveletekhez szerszámacél, gyorsacél, ke-

ményfém, és gyémánt szerszámok alkalmazhatóak éles kivitelben. A kísérlethez alumínium megmunkálására ajánlott K10-es keményfém anyagú, R geometriájú 3 mm-es sugarú körlapkát használtunk. Az alkalmazott szerszám gép Mazak QuickTurn 10MS CNC esztergagép volt. Az érdességméréshez egy Mitutoyo Surftest SJ301 felületi érdesség mérő berendezést használtunk. Minden különböző beállítással megmunkált felületen 6-szor mértünk érdességet, és összesen 192 mérést végeztünk el. Ebben a cikkben az iparban leginkább használt  $Ra$  és  $Rz$  paramétereket értékeltük ki.

### 2.2. Alkalmazott módszer

A forgácsolási kísérlet végrehajtásához alkalmazott kísérletterv egy ún. centrál composit terv (CCD), amely az RSM módszerekhez tartozik [5]. A terv során 3 faktort 5 szinten változtatva kaptuk meg a különböző kísérleti beállításokat, melyeken mértük a felületi érdességi paramétereket majd kerestük a válaszfüggvényt. A 3 faktor a forgácsoló sebesség  $v_c$ , m/min; az előtolás  $f$ , mm; és a fogásmélység  $a$ , mm. Ezek értékeit a szakirodalmi ajánlások [7], és az ipari körülmények figyelembe vételével az alábbi határértékek között változtattuk:

- $v_c=100-700$  m/min;
- $f=0,05-0,4$  mm;
- $a=0,5-2$  mm.

1. táblázat. A 16 pontból álló CCD kísérletterv szintjei

Mérési pontok	$v_c$	$f$	$a$
1	-1.00000	-1.00000	-1.00000
2	-1.00000	-1.00000	1.00000
3	-1.00000	1.00000	-1.00000
4	-1.00000	1.00000	1.00000
5	1.00000	-1.00000	-1.00000
6	1.00000	-1.00000	1.00000
7	1.00000	1.00000	-1.00000
8	1.00000	1.00000	1.00000
9	-1.28719	0.00000	0.00000
10	1.28719	0.00000	0.00000

Mérési pontok	$v_c$	$f$	$a$
11	0.00000	-1.28719	0.00000
12	0.00000	1.28719	0.00000
13	0.00000	0.00000	-1.28719
14	0.00000	0.00000	1.28719
15 (C)	0.00000	0.00000	0.00000
16 (C)	0.00000	0.00000	0.00000

A válaszfüggvényeket az alábbi fenomenológiai modell felépítésével határoztuk meg:

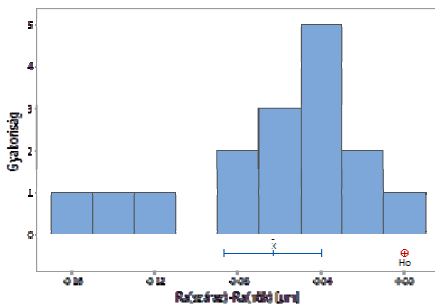
$$R = b_0 + b_1 \cdot v_c + b_2 \cdot f + b_3 \cdot a + b_{11} \cdot v_c^2 + b_{22} \cdot f^2 + b_{33} \cdot a^2 + b_{12} \cdot v_c \cdot f + b_{13} \cdot v_c \cdot a + b_{23} \cdot f \cdot a + \varepsilon \quad (1)$$

ahol,  $b_0, b_i, b_{ii}$  a számított koeficienseket valamint  $\varepsilon$  a hibát jelöli.

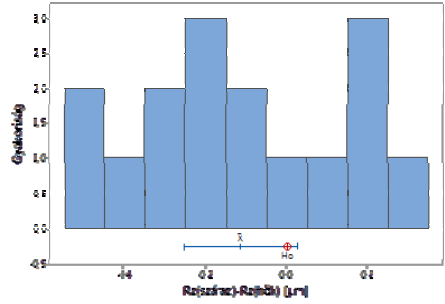
### 3. Eredmények

#### 3.1. Száraz és hűtőfolyadékos esztergálás összehasonlítása

A CCD kísérlettervet kétszer hajtottuk végre, száraz körülmények között és hűtőfolyadék alkalmazása mellett. Az érdességmérések alapján megállapítható volt, hogy a hűtőfolyadék alkalmazása negatívan befolyásolja a felületi érdességet. A két eljárás közti különbségeket páros t-próbával vizsgáltuk. A próbák eredményeit az 1. és 2. ábra szemlélteti.



1. ábra. Hisztogram a száraz és hűtőfolyadékos megmunkálások Ra érdességeinek különbségéről



2. ábra. Hisztogram a száraz és hűtőfolyadékos megmunkálások Rz érdességeinek különbségéről

Jól látható, hogy Ra érdességek esetén mind a 16 beállításnál kedvezőbb felületi érdesség érhető el száraz megmunkálással, míg Rz érdességi paraméterek esetében ez csak általánosságban mondható el. A továbbiakban emiatt szárazon megmunkált felületek érdességeivel foglalkozunk, valamint az ezek becslésére szolgáló empirikus modellekkel.

#### 3.2. Mért felületi érdességek száraz forgácsolás körülményei között

A munkadarab felületén történt hat érdességi mérés átlagait ismerteti a 2. táblázat.

2. táblázat. A 16 különböző beállítással gyártott felületek érdességei

	$Ra, \mu m$	$Rz, \mu m$		$Ra, \mu m$	$Rz, \mu m$
1.	0,325	1,872	9.	0,587	3,327
2.	0,328	1,962	10.	0,620	3,403
3.	0,855	4,360	11.	0,185	1,277
4.	0,835	4,212	12.	1,228	5,945
5.	0,328	1,855	13.	0,648	3,588
6.	0,320	1,920	14.	0,623	3,490
7.	0,955	4,695	15.	0,673	3,642
8.	0,893	4,593	16.	0,692	3,690

#### 3.3. Empirikus modellek

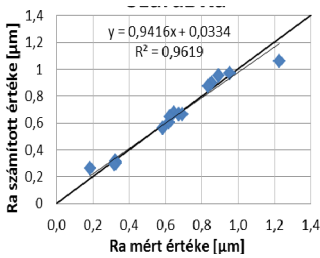
Az (1) egyenlet koeficienseit külön meg kellett határozni Ra és Rz felületi érdességi paraméterekre. Ezt követően az alábbi modelleket kaptuk:

$$R_{a\_sz\acute{a}raz} = 5,927 \cdot 10^{-2} + 6,271 \cdot 10^{-4} \cdot v_c + 2,022 \cdot f - 1,803 \cdot 10^{-2} \cdot a -$$

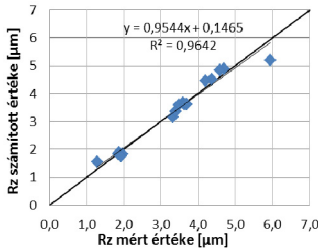
$$8,270 \cdot 10^{-7} \cdot v_c^2 + 6,443 \cdot 10^{-4} \cdot v_c \cdot f$$

$$R_{z\_sz\acute{a}raz} = 0,455 + 2,827 \cdot 10^{-3} \cdot v_c + 12,67 \cdot f - 5,444 \cdot 10^{-2} \cdot a - 4,122 \cdot 10^{-6} \cdot v_c^2 - 8,128 \cdot f^2 + 3,599 \cdot 10^{-3} \cdot v_c \cdot f$$

Az olyan tagok melynek nincs szignifikáns hatása a felületi érdességre nem kerültek bele az egyenletbe. A 3. és 4. ábrán az  $x$  tengelyen a mért érdességeket, az  $y$  tengelyen a (2) ill. a (3) egyenletekkel számított érdességeket ábrázoltuk. Ebből jól látható, hogy a trendvonal megközelíti az  $y=x$  egyenletű egyenest, ami a számított és valós érdességek teljes egyezését mutatná. Láthatjuk, hogy a modellek igen jó közelítéssel adják vissza a valós felületi érdességet.



3. ábra. A valós és a modell alapján számított  $R_a$  érdességek kapcsolata (száraz forgácsolás)



4. ábra. A valós és a modell alapján számított  $R_z$  érdességek kapcsolata (száraz forgácsolás)

## 4. Konklúzió

A dolgozat egy műszaki műanyag forgácsolhatóságának vizsgálatát mutatja be RSM módszerrel. Vizsgálataink megmutatták, hogy a száraz forgácsolás alacsonyabb felületi érdességet produkál a hűtő-kenő folyadékos körülményekkel szemben.

Az iparban gyakran használt  $R_a$  és  $R_z$  érdességi paraméterekre forgácsolási paraméter függő empirikus modelleket építettünk mellyel a felületi érdesség értékei jól becsülhetőek a technológiai tervezés során.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Das, S.R., Dhupal, D., Kumar, A.: *Experimental investigation into machinability of hardened aisi 4140 steel using tin coated ceramic tool*, Measurement, 62 (2015) 108–126
- [2] Zebala, W., Kowalczyk, R.: *Estimating the effect of cutting data on surface roughness and cutting force during wc-co turning with pcd tool using taguchi design and anova analysis*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (2014) 1–16
- [3] Lazarevic, D., Madic, M., Jankovic, P., Lazarevic, A.: *Surface roughness minimization of polyamide PA-6 turning by Taguchi method*, Journal of Production Engineering. 15 (1) (2012) 29–32.
- [4] Horváth, R., Drégelyi-Kiss, Á.: *Analysis of surface roughness of aluminium alloys fine turned: united phenomenological models and multi-performance optimization*, Measurement, 65 (2015) 181–192
- [5] Horváth, R., Drégelyi-Kiss, Á., Mátyási, Gy.: *Application of RSM method for the examination of diamond tools*, Acta Polytechnica Hungarica, 11 (2) (2014) 137–147
- [6] Horváth, R., Mátyási, Gy., Drégelyi-Kiss, Á.: *Optimization of machining parameters for fine turning operations based on the response surface method*, ANZIAM Journal, 55 (2014) 250–265
- [7] Kalácska, G.: *Műszaki Műanyagok Gépészeti Alapjai*, Minerva-Sop Bt. (1997), 4.