

ÉLTARTAM MEGHATÁROZÁSA KEMÉNY- ESZTERGÁLÁSNÁL

Ráczkövi László¹, Kundrák János²

¹tanársegéd, ²egyetemi tanár

^{1,2}Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros,

e-mail: [1laszlo.raczkovi@uni-miskolc.hu](mailto:laszlo.raczkovi@uni-miskolc.hu) [2janos.kundrak@uni-miskolc.hu](mailto:janos.kundrak@uni-miskolc.hu)

Összefoglalás

Az edzett alkatrészek befejező keménymegmunkálásához PCBN szerszámanyagokat használnak, melyek drágák és kedvező forgácsleválasztási tulajdonságaik a technológiai adatok szűk tartományában érvényesülnek. Ezért kiemelt jelentőségű ezen szerszámok kopásának és éltartamának tanulmányozása. A cikkben PCBN szerszámok éltartamának meghatározását mutatjuk be nagyoló és simító keménysztergálás esetén konkrét alkatrész megmunkálásánál alkalmazott forgácsolási paraméterek mellett. A kísérletek során a forgácsoló lapka hátkopását mértük. Az éltartam kritérium meghatározása után a kísérleti eredményeket a teljes sebességtartományban érvényes éltartam összefüggés segítségével értékeltük ki. Az éltartam görbék segítségével meghatároztuk az elméleti anyagleválasztási- és felületképzési sebességek optimális értékeit is.

Kulcsszavak: PCBN, forgácsoló szerszámok, szerszám éltartam

Abstract

To finish hard machining of hardened parts PCBN tool materials are used, which are expensive and their favourable chip removal properties are prevailed in a narrow range of technological parameters. Therefore it is emphasized priority to investigate the wear and tool life of these tools. In this paper we present the determination of the tool life of PCBN cutting tools in roughing and finishing using technological parameters in case of concrete part machining. During the experiments we measured the flank wear of cutting inserts. After the determination of tool life criteria we evaluated the experimental results with the valid tool life equation of the whole range of cutting speed. With the help of tool life curves we determined the optimal values of the theoretical material removal rate and surface rate.

Keywords: PCBN, cutting tools, tool life

1. Bevezetés

Befejező műveletekben az eddig alkalmazott köszörülés mellett vagy helyett egyre gyakrabban alkalmazzák a keménysztergálást [1]. Az alkalmazott forgácsoló szerszámokkal precíziós követelményeknek megfelelő edzett felületeket/alkatrészeket állítunk elő, ezért ezeknek a szerszámoknak a kopása és éltartama nagy jelentőséggel bír. PCBN szerszámok

kopásánál is jelen van valamennyi kopási mechanizmus (abrazív-, adhéziós-, diffúziós- és oxidációs kopás) és az ezek következtében kialakuló kopásformák [2], [3]. A PCBN szerszámok kopását a hátkopás mértékével jellemezzük [4]. A hátfelület kopása a leválasztott kis forgácskeresztmetszet, a negatív homlokszög és a szerszám polikristályos jellege miatt válik meghatározóvá. Ezért a hátkopást használjuk éltartam kritériumként. Belső hengeres felületek megmunkálása esetén a forgács deformáció lényegesen nagyobb, mint külső hengeres felületeknél. Ennek következtében a forgácsleválasztás körülményei is kedvezőtlenebbek, mint külső hengeres felületek megmunkálásánál, ami a szerszám nagyobb mérvű kopását, így az éltartam csökkenését okozza. Az első éltartam összefüggést – amelyet még ma is alkalmaznak és nagy kísérleti adatbázissal rendelkezik – Taylor publikálta 1901-ben [5], azóta számos éltartam összefüggés született [6]. Mindegyiknek közös jellemzője, hogy a forgácsoló sebességet tekinti az éltartamot befolyásoló legerősebb tényezőnek, ezután az előtolás következik és a legkisebb hatása a fogásmélységnek van. A forgácsolási kísérletek azt mutatták, hogy a valóságos éltartam görbe eltér a Taylor által meghatározottól és még logaritmusos koordináta rendszerben sem lineáris, hanem helyi szélsőértékekkel rendelkezik. Ennek oka a forgácsolás közben keletkező élrátét illetve fém felrakódás a szerszámon. Jelen publikációban a [7] irodalomban közölt teljes sebességtartományra érvényes éltartam egyenletet alkalmazzuk a forgácsolási kísérletek kiértékelésére. Ez az éltartam összefüggés helyi minimummal és maximummal rendelkező görbét határoz meg, amely összhangban van a kísérleti eredményekkel.

2. Forgácsolási kísérletek célja és feltételei

A forgácsolási kísérletek célja a szerszámkopás és a szerszám éltartam meghatározása volt. A forgácsolási kísérletek során PCBN szerszámmal munkáltunk meg $d=48\text{mm}$ és $d=62\text{mm}$ átmérőjű furatot nagyoló és simító megmunkálással. A nagyolás és a simítás forgácsolási paraméterei konkrét alkatrész megmunkálására javasolt értékek voltak. A nagyoló megmunkálást $a_p=0,25\text{ mm}$ és $f=0,15\text{ mm/ford.}$, a simító megmunkálást $a_p=0,05\text{ mm}$ és $f=0,15\text{ mm/ford.}$ fogásmélység és előtolás értékekkel végeztük el. A munkadarab 16MnCr5 betétedzett acél volt 61-63 HRC keménységre edzve. A kísérleteket CNGA 120408 jelű PCBN lapkával végeztük el Pittler PVSL 2R keménysztergán. Az élgeometriai adatok a következők voltak: $\alpha=6^\circ$, $\beta=80^\circ$, $\gamma=-6^\circ$, $\kappa_r=95^\circ$, $r_e=0,8\text{mm}$, $b_e=0,1\text{mm}$, $r_\beta=25\text{ }\mu\text{m}$. A kísérletek során meghatározott alkatrész darabszám megmunkálása után Zeiss Stereo Discovery V8 optikai mikroszkóppal mértük a forgácsoló lapka hátkopását 20-220 m/min sebesség tartományban. A sebességet 20 m/min értékkel növeltük. Az éltartam kritérium $VB_{\text{meg}}=200\text{ }\mu\text{m}$ volt.

3. Kísérleti eredmények és kiértékelésük

A kísérletek során meghatározott kopásgörbék alapján az éltartam kritérium által meghatározott éltartam értékeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban szereplő éltartam értékekre, a teljes sebességtartományra érvényes éltartam egyenlet (1) felhasználásával görbét illesztettünk [7].

$$T = \frac{C_{T1}}{v^3 + C_{T2}v^2 + C_{T3}v} \quad (1)$$

Ezután az éltartamút görbét határoztuk meg a (2) összefüggés alapján. A számított együtt-
hatókat a 2. táblázatban foglaltuk össze.

$$L = T \cdot v \quad (2)$$

1. táblázat. $VB_{meg}=200\mu\text{m}$ megengedett hátkopáshoz tartozó éltartam értékek

ap mm	f mm/f	d mm	v_c , m/min										
			20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
			T min										
0,25	0,15	48	150	108	97	90	98	106	110	85	67	35	31
0,25	0,15	62	278	206	179	183	195	216	206	173	124	71	45
0,05	0,1	48	199	145	130	144	173	210	231	197	130	75	48
0,05	0,1	62	314	249	215	223	265	305	331	298	205	127	79

2. táblázat. Az (1) éltartam összefüggés együtthatói

	d=48mm		d=62 mm	
	Nagyolás	Simítás	Nagyolás.	Simítás
C_{T1}	$6,998 \cdot 10^7$	$8,424 \cdot 10^7$	$1,224 \cdot 10^8$	$1,606 \cdot 10^8$
C_{T2}	-288,536	-296,612	-286,917	-304,87
C_{T3}	$2,534 \cdot 10^4$	$2,453 \cdot 10^4$	$2,473 \cdot 10^4$	$2,655 \cdot 10^4$

Az éltartam összefüggés alapján meghatároztuk nagyoló és simító megmunkálás esetén az éltartam és éltartam út görbék maximum értékeihez tartozó forgácsolási sebességeket a (3) és (4) összefüggésekkel [6] és a hozzájuk tartozó maximum értékeket. A számított értékeket a 3. táblázat mutatja.

$$v_{cTmax} = -\frac{1}{3} \left(C_{T2} - \sqrt{C_{T2}^2 - 3C_{T3}} \right) \quad (3)$$

$$v_{cLmax} = -\frac{C_2}{2} \quad (4)$$

3. táblázat. A lokális szélsőérték helyek koordinátái

	d mm	v_{cTmax} m/min	v_{cLmax} m/min	T_{max} min	L_{max} m
Nagyolás	48	125	144	114	$15,46 \cdot 10^3$
	62	126	143	218	$29,49 \cdot 10^3$
Simítás	48	139	148	231	$33,23 \cdot 10^3$
	62	140	152	331	$48,46 \cdot 10^3$

A 3. táblázat alapján látható, hogy az éltartam görbe lokális maximumához tartozó forgácsolási sebesség kisebb, mint az éltartamút görbe lokális maximumához tartozó, ami a forgácsolási

lás anyagleválasztási teljesítménye, így a gazdaságossága szempontjából jelentős. Az elméleti anyagleválasztási- (Q_w) és felületképzési (A_w) sebességet az (5) (6) összefüggések alapján határoztuk meg nagyoló és simító megmunkálásra és a 4. táblázatban foglaltuk össze.

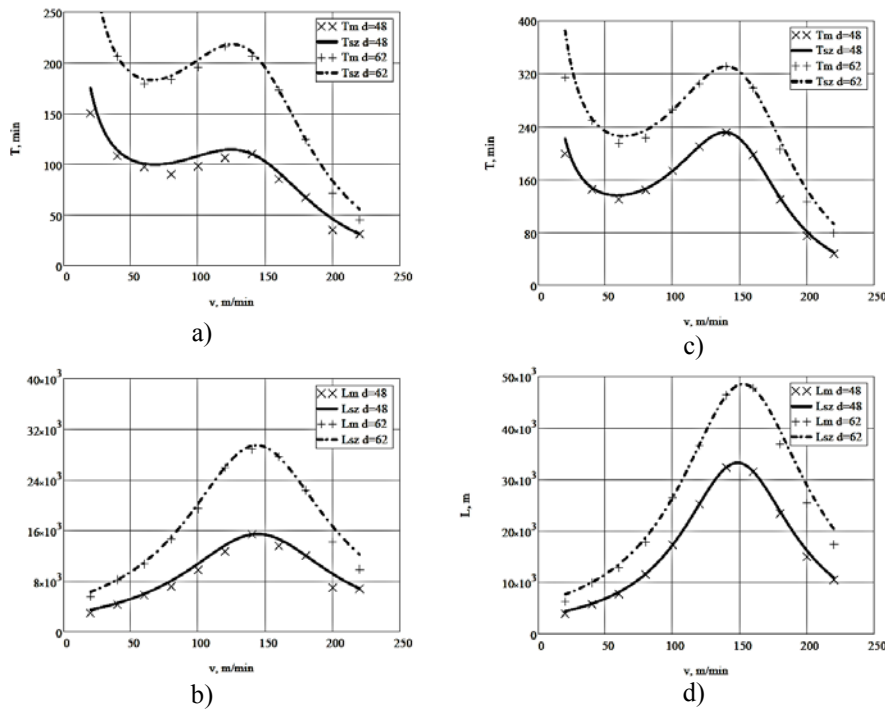
$$Q_w = a_p \cdot f \cdot v_c, \text{ mm}^3/\text{s} \quad (5)$$

$$A_w = f \cdot v_c, \text{ mm}^2/\text{s} \quad (6)$$

4. táblázat. Az elméleti anyagleválasztási- és felületképzési sebességek értékei

	d mm	Q_{wTmax} mm ³ /s	Q_{wLmax} mm ³ /s	A_{wTmax} mm ² /s	A_{wLmax} mm ² /s
Nagyolás	48	78,1	90	312,5	360
	62	78,7	89,4	315	357,5
Simítás	48	11,6	12,3	231,6	246,6
	62	11,7	12,7	233,3	253,3

A számított éltartam és éltartamút görbéket $d=48$ mm és $d=62$ mm munkadarab átmérők esetén nagyoló és simító megmunkálásra az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. Éltartam és éltartamút görbék nagyoló megmunkálás esetén $d=48$ mm és $d=62$ mm furatátmérőkre a), b) és simító megmunkálás esetén $d=48$ mm és $d=62$ mm furatátmérőkre c), d).

Az 1. ábra mutatja, hogy nagyoló megmunkálásnál (a), b) ábrák) a forgácsoló sebesség függvényében a szerszám éltartam mindkét átmérőnél először csökken, elérve egy minimum értéket a sebesség növelésével ismét nő a helyi maximumig, majd azt követően ismét csökken. Az is látható az ábrán, hogy kisebb átmérőnél kisebb éltartammal dolgozik a szerszám. Ennek oka, hogy kis átmérőknél a forgácsleválasztás intenzívebben és nagyobb hőmérsékleten zajlik, ami a szerszám élettartamát jobban igénybe veszi [8]. Az éltartam út görbék esetén, kezdetben a növekvő forgácsoló sebesség értékkel a szerszám által megtett út növekszik, majd egy adott sebesség értéknél elérve a maximumot csökkenni kezd. Hasonlóan az éltartam görbékhez, az éltartam út görbék esetén is a kisebb átmérőhöz kisebb éltartam út tartozik.

A simító megmunkálásra meghatározott éltartam és éltartamút görbék (c) és d) ábrák) hasonló jellegű tükröznek, mint nagyoló megmunkálás esetén. A 3. táblázatból látható, hogy simító megmunkálás esetén a kisebb fogásmélység és előtolás következtében a lokális szélsőérték helyek az éltartam és az éltartamút görbe esetében is a növekvő forgácsoló sebességek irányába tolódtak el. A fogásmélység 80%-os csökkenése és az előtolás 33%-os csökkenése következtében a lokális maximumhoz tartozó forgácsoló sebesség értékek 11%-kal növekedtek az éltartam görbe esetén mindkét átmérőnél, míg az éltartamút görbe esetén a 48 mm-es furatátmérő esetén 2%-kal, a 62 mm-es furatátmérő esetén 6%-kal. Ebből látható, hogy a forgácsolási paraméterek változtatására az éltartam görbe érzékenyebben reagál, mint az éltartam út görbe, valamint, hogy a simító megmunkálásnál számított nagyobb forgácsoló sebesség értékek nem a jelentős fogásmélység csökkentés miatt keletkeztek, bár annak is szerepe van benne, hanem a lényegesen kisebb mértékű előtolás csökkenés miatt, ami bizonyítja az előtolás változásának erősebb hatását az éltartamra.

Az anyagleválasztási- és felületképzési sebesség értékeket megvizsgálva látható, hogy mindkét átmérő esetén közel azonos értékeket kapunk a nagyoló megmunkálás esetén és a simító megmunkálásánál. Eltérőek az értékek viszont mindkét átmérő esetén, azonos forgácsolási paraméterekkel végzett megmunkálás esetén attól függően, hogy az éltartam görbe helyi maximumához tartozó forgácsoló sebességet, vagy az éltartamút görbe helyi maximumához tartozót vesszük figyelembe. Nagyoló megmunkálás esetén az éltartamút görbe maximumához tartozó forgácsoló sebesség a 48 mm-es munkadarab átmérő esetén 15 %-kal, a 62 mm-es munkadarab átmérő esetén 13%-kal növekedett az éltartam görbe maximumához tartozó forgácsoló sebességhez képest. Ugyan ezek az értékek simító megmunkálás esetén a 48 mm-es furatátmérőnél 6%, a 62 mm-es furatátmérő esetén 8%. Ennek megfelelően változik az anyagleválasztási- és felületképzési sebesség is, tekintve, hogy az adott megmunkálás (nagyoló vagy simító) esetén az előtolás és a fogásmélység változatlan.

A számított elméleti anyagleválasztási- és felületképzési sebességeket megvizsgálva azt mondhatjuk, hogy célszerű az éltartamút maximumához tartozó forgácsolási sebességet alkalmazni, ugyan ehhez a forgácsolási sebességhez minden esetben kisebb éltartam tartozik, azonban ennél az értéknél a legnagyobb az egységnyi idő alatt leválasztott anyagmenyiség nagyoló és simító megmunkálás esetén is.

4. Összefoglalás

A kísérletek azt igazolták, hogy a forgácsoló szerszámok viszonylag nagy forgácsoló sebesség mellett (140-160 m/min intervallumban) érik el maximális teljesítő képességüket. Az éltartam értéket mind a furat átmérő, mind a forgács keresztmetszet (előtolás, fogásmélység) befolyásolja. A vizsgált tartományban a forgácsoló sebességre kis mértékben, az

éltartamra és a forgácsolt úthosszra jelentős hatása van. Nagy forgácskeresztmetszet és kis átmérő mellett is számottevő az elérhető forgácsolt úthossz nagysága ($16 \cdot 10^3$ m), míg a kis forgács keresztmetszet és a nagy átmérő esetén $50 \cdot 10^3$ m is elérhető. Az anyagválasztási és felületképzési sebességet megvizsgálva, látható, hogy simító megmunkálásnál a kisebb fogásmélység és kisebb előtolás értékek miatt kisebbek, mint nagyoló megmunkálásnál. Az éltartam görbe helyi maximumához tartozó forgácsoló sebesség kisebb, mint az éltartamút görbe maximumához tartozó érték, ezért célszerű az éltartamút görbe maximumához tartozó forgácsoló sebességgel megmunkálni, mert így az anyagválasztás teljesítménye is növekedni fog.

5. Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0008 és a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

6. Irodalomjegyzék

- [1] Klocke F. Brinksmeier E., Weinert K.: Capability Profile of Hard Cutting and Grinding Processes, *Annals of the CIRP Vol. 54/2 (2005)* pp. 557-580.
- [2] Y. Huang, Y.K. Chou, S.Y. Liang: CBN tool wear in hard turning: a survey on research progresses. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* (2007) 35:443-453 DOI 10.1007/s00170-006-0737-6.
- [3] Y. K. Chou, C.J.Evans, M.M. Barash: Experimental investigation on CBN turning of hardened AISI 52100 steel. *J. of Mat. Proc. Technology* 124 (2002) pp.274-283.
- [4] Y. Huang, S.Y.Liang: Modeling of CBN Tool Flank Wear Progression in Finish Hard Turning. *Transactions of the ASME Vol. 126, February 2004* p 98-106.
- [5] F.W. Taylor, "On the art of metal cutting". *Transactions ASME.* 28, 1901.
- [6] Kundrák J.: General tool life equation and its application when cutting with CBN tools. *Presov: University of Presov*, pp. 237-241. (ISBN:80-7099-290-5).
- [7] Kundrák J.: The scientific principles of increasing the effectiveness of inner surfaces' cutting with CBN tools. *Academic Doctoral Dissertation. Harkov, 1996.*
- [8] KUNDRÁK J., ZUBAR V.: Vliajine diametra rastchivanija na osobennosti processa rezanija, *Cutting and tools in manufacturing systems, No59*, pp.143-148, 2001.