

# KOPÁSÁLLÓ ACÉL MINIMÁLKENÉSES FÚRÁSÁNAK KÍSÉRLETI EREDMÉNYEI

## EXPERIMENTAL RESULTS OF MINIMUM QUANTITY LUBRICATION DRILLING OF WEAR RESISTANT STEEL

Kovács Attila\*, Dr. Varga Gyula\*\*

### ABSTRACT

Nowadays, human caused adverse impacts on the environment are increasing which urges engineers to make their production planning activities more environmentally conscious. Also, during the realization and manufacturing process of goods, the usage of environmentally demanding and polluting materials has to be reduced and these materials have to be properly disposed of. It could represent an efficient method for the reduction of environmental impacts to apply the increasingly popular minimal lubrication method or even dry cutting. The drawbacks of these procedures are shortened tool life, more significant cutting tool wear and increase in friction. As a result, the tool and the work place temperature rise. This article aims to give an overview about how during the cutting procedure a) the feed direction force that is the thrust, b) the cutting torque, c) the tool wear, d) the change of surface roughness, if the cutting is done under near dry conditions using different cutting speeds and feed rate parameters.

### 1. BEVEZETÉS

A korszerű technológiának számos, egymásnak sok tekintetben ellentmondó kihívásnak kell megfelelnie: forgácsolással egyre bonyolultabb alkatrészeket kell létrehozni egyre nehezebben megmunkálható anyagokból, növekvő termelékenységgel kell előállítani az egyre nagyobb pontosságú alkatrészeket, a műveletek költséghatékonyságához drága, többfunkciós szerszámgépekre és szerszámokra van szükség stb [1], [5]. A nagyobb termelékenységre való törekvés az anyagleválasztási sebesség (cm<sup>3</sup>/min) emelését teszi szükségessé, amely a fő- és mellékmozgások sebességének növelésével jár együtt. Az előtolás mértékének fokozása, de különösen a forgácsolósebesség növelése a forgácsleválasztási zóna hőmérsékletének drasztikus emelkedését okozza [4].

\*főiskolai tanársegéd, Nyíregyházi Főiskola MMK-MAGT  
\*\* egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék

A megmunkáló közegek (olajok, emulziók, szintetikus folyadékok) nemcsak a gépi idő csökkenését befolyásolták jótékonyan, hanem a szerszámok kopását is, ráadásul az elért méretpontosság és felületi érdesség is megfelelő [1]. Az 1990-es évektől kezdve tovább erősödő kételyek egyrészt a hűtő-kenőfolyadékkal (HKF) kapcsolatos költségek egyre emelkedő mértékével, másrészt az egyre szigorodó környezetvédelmi előírásokkal voltak kapcsolatosak [6]. A forgácsolás hőmérsékletén a HKF-ből keletkező mérgező gőzök, kellemetlen szagú füst keletkezik, mely belélegzése allergiát, tartós munka esetén légzőszervi betegséget, bakteriológiai hatásként pedig bőrirritációt okoz.

A másik, a változást kikényszerítő erő ökológiai természetű: a dolgozó érdekében megfogalmazott egyre szigorodó környezetvédelmi előírások voltak. Jelen cikkben ún. HARDOX acél környezettudatos forgácsolásánál elért kísérleti eredményeinkről számolunk be.

A HARDOX kopásálló lemezeknek nagyon szigorú olyan követelményeket kell kielégíteniük, mint állandó minőség és felületi állapot. Nagy keménység, nagy szilárdság és kiváló ütésállóság teszi a HARDOX kopásálló acéllemezeket széles felhasználási területen alkalmazhatónak. Vegyi összetétele az 1. Táblázatban található [2].

1. táblázat: A HARDOX 450 acél ötvözőinek vegyi összetétele (lemezvastagság  $x=20-40$  mm)

C	Si	Mn	P	S
max %	max %	max %	max %	max %
0,23	0,70	1,60	0,025	0,010
Cr	Ni	Mo	B	
max %	max %	max %	max %	
1,00	0,25	0,60	0,004	

A HARDOX acélok az 1970-es évektől vannak a piacon, és fejlesztésük folyamatos a vásárlói kívánalmak kielégítése érdekében. A lemezeket 3mm-től 130mm vastagságig gyártják. A HARDOX lemezek nagy keménysége és kopásállósága jelentősen megnöveli a végtermékek hasznos élettartamát. A

HARDOX acélok növelt szilárdságuk következtében nagyon jól bírják az alacsony hőmérsékletet is. Viszonylagosan jól forgácsolhatók, egyszerű a gyártás és a felújítás használatukkal [3].

## 2. CÉLKITŰZÉS

A kísérletek célja a forgácsolás technológiai paramétereit forgácsolási folyamatra gyakorolt hatásának vizsgálata HARDOX 450 kopásálló acél szárazmegmunkálással, illetve minimál kenéssel történő furatmegmunkálásánál. Ennek során mértük a szerszám előtolásának és az alkalmazott forgácsoló sebességnek a hatását:

- az előtoló erő és a fúrási nyomaték szükségletre,
- a forgácsolt furat átlagos felületi érdességére.

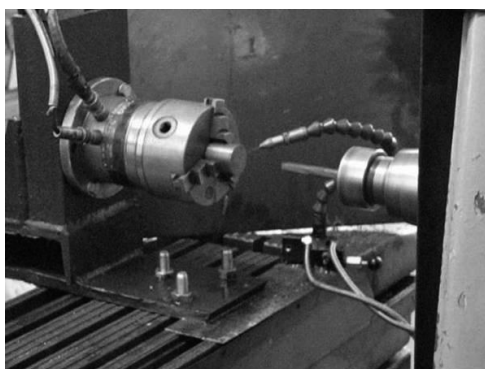
A furat-megmunkálási kísérletek eredményeinek kiértékelését matematikai statisztikai módszerekkel végeztük el.

## 3. A KÍSÉRLET KÖRÜLMÉNYEI

A fúrási kísérletekhez (1. ábra) használt csigafűrő: Ø10,2 L102/55 jelű Sirius 210 típusú (nagy termelékenységű, méretpontos és biztonságos fúrára alkalmas, HELICA (AlCrN alapú) bevonatú keményfém fűrő). A próbatest anyaga: HARDOX 450, ( $R_m = 1400$  MPa) amelybe 30 mm hosszúságú átmenő furatokat készítettünk a sorozatkísérletek alkalmával. A minimálkenés megvalósítása külső hűtéssel, a hűtő-kenő folyadéknek a fűrő külső palástjára való hozzávezetésével történt, „NOGA MINI COOL” típusú porlasztó berendezéssel. A forgácsolási kísérletekhez „OMV cut XU” típusú, klórmentes olajat használtunk.

A kísérletek végrehajtása az alábbi paraméterekkel történt:

Forgácsolási sebesség:	$v_{c1} = 28,82$ m/min
	$v_{c2} = 44,83$ m/min
Előtolás	$f_1 = 0,08$ mm/ford
	$f_2 = 0,14$ mm/ford
Furat hossza:	$l_w = 30$ mm
Felhasznált kenőanyag:	$V_0 = 50$ ml/h



1. ábra. Kísérleti beállítás

### 3.1. Az előtolóerő és fúrónyomaték mérése

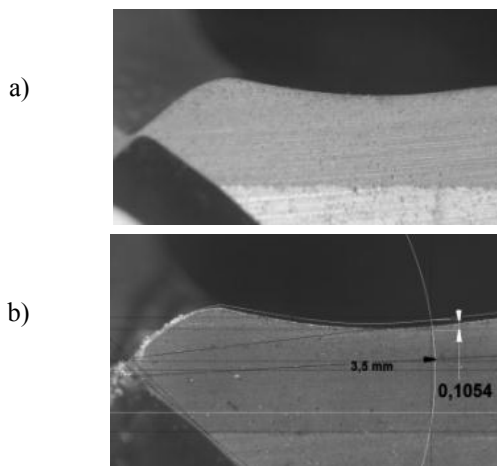
Az axiális fúróerő ( $F_f$ ) és csavaró nyomaték ( $M_c$ ) mérése egy KISTLER 9271A típusú kétkomponensű kompakt dinamométerrel történt, amelynek magas a sajátfrekvenciája. Ez lehetővé teszi a kisebb dinamikus erőhatások mérését magas alapterheléseknél is.

### 3.2. A felületi érdesség mérése

Az elkészített furatok átlagos felületi érdességének ( $R_a$ ) meghatározásához SJ-201 (Mitutoyo) típusú készüléket használtunk. A felületi érdesség értékek mérése 30 mm hosszúságú próbatesteken furatonként 5 kontúr vonal mentén történt. A mért átlagértékeket a fúrási út függvényében ábrázoltuk, majd regresszió analízissel meghatároztuk a mérési pontokra legjobban illeszkedő közelítő egyenes egyenletét.

### 3.3. A szerszámkopás mérése

A fűrőkopás jellemzésére a sarokkopást ( $VB_c$ ) és hátkopást ( $VB_{3,5}$ ) választottuk, melynek értelmezését a [7] irodalomban megtalálható. A hátkopást 3,5 mm sugarú körön mértük, a kopás szélessége a főéltől a hátlapon. A szerszámkopást minden 30 mm után mértük fűrő a mindkét oldalán, majd a mért értékeket átlagoltuk. A szerszámról jó minőségű digitális képeket készítettünk. A képek CorelDraw szoftver segítségével dolgoztuk fel. A képen referencia élt vettünk fel, majd ehhez viszonyítottuk a kopás értékét (2. ábra).



2. ábra. Az éles a) és kopott b) szerszám (Nagyítás: 300x)

## 4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

A kísérletek során minden 300 mm fúrási úthossz ( $L$ ) út után mértük az előtolás irányú forgácsolóerőt, a fúrási nyomatékot, a hátkopást, a sarokkopást és az átlagos felületi érdességet. A kísérlet eredményeit a 2 - 5. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A kísérlet eredménye ( $v_{c1}=28,82$  m/min,  $f_1=0,08$  mm/ford)

L, mm	M <sub>C</sub> , Nm	F <sub>r</sub> , kN	VB <sub>3,5</sub> , mm	VB <sub>C</sub> , mm	Ra, μm
0	3,49	0,7600	0,0000	0,0000	1,9200
600	3,91	0,8874	0,0202	0,0329	0,8674
1200	4,25	0,9001	0,0414	0,0624	1,8915
1800	4,53	1,0102	0,0614	0,0924	1,9316
2400	5,08	0,9928	0,0847	0,1320	1,9227
3600	5,61	1,0991	0,1258	0,1901	1,9270
4800	6,46	1,2542	0,1617	0,2576	1,9992
6000	7,40	1,3348	0,2040	0,3292	1,9780
7200	7,98	1,3955	0,22456	0,3824	1,9174

3. táblázat: A kísérlet eredménye ( $v_{c1}=28,82$  m/min,  $f_2=0,14$  mm/ford)

L, mm	M <sub>C</sub> , Nm	F <sub>r</sub> , kN	VB <sub>3,5</sub> , mm	VB <sub>C</sub> , mm	Ra, μm
0	4,69	1,0720	0,0000	0,0000	2,0400
300	5,12	0,9896	0,0155	0,0301	1,9732
600	5,85	1,0317	0,0317	0,0618	2,0012
900	6,29	1,0843	0,0468	0,0944	1,8909
1200	6,82	1,1605	0,0624	0,1223	1,8544
1500	7,26	1,0643	0,0792	0,1561	1,8098
1800	7,77	1,2504	0,0957	0,1922	1,7545

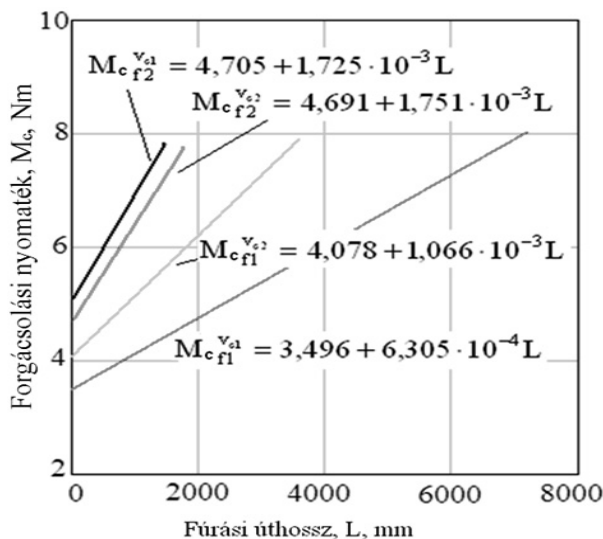
4. táblázat: A kísérlet eredménye ( $v_{c2}=44,83$  m/min,  $f_1=0,08$  mm/ford)

L, mm	M <sub>C</sub> , Nm	F <sub>r</sub> , kN	VB <sub>3,5</sub> , mm	VB <sub>C</sub> , mm	Ra, μm
0	4,05	0,8100	0,0000	0,0000	2,3800
300	4,25	0,8128	0,0103	0,0220	2,4134
600	4,88	0,8669	0,0215	0,0434	2,3511
1200	5,38	0,9437	0,0435	0,0880	2,2376
1500	5,86	1,0026	0,0537	0,1103	2,2261
2100	6,19	1,0374	0,0743	0,1539	2,2538
2700	6,68	1,1281	0,0938	0,1972	2,2054
3600	7,92	1,2748	0,1321	0,2691	2,0786

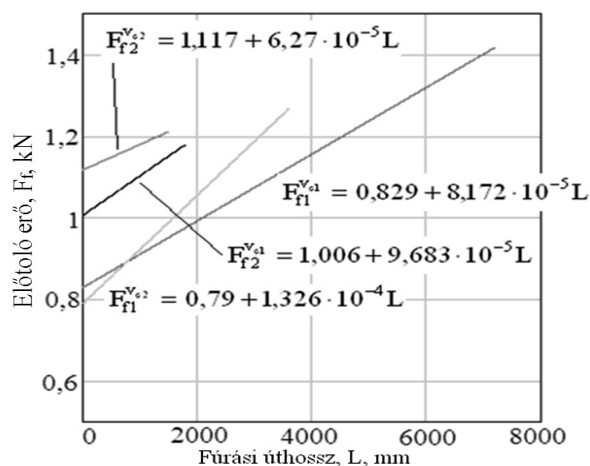
5. táblázat: A kísérlet eredménye ( $v_{c2}=44,83$  m/min,  $f_2=0,14$  mm/ford)

L, mm	M <sub>C</sub> , Nm	F <sub>r</sub> , kN	VB <sub>3,5</sub> , mm	VB <sub>C</sub> , mm	Ra, μm
0	5,77	1,1320	0,0000	0,0000	1,8600
300	6,15	1,1438	0,0231	0,0486	1,4134
600	5,51	1,1353	0,0479	0,0971	1,3511
900	6,73	1,1580	0,0698	0,1393	1,3564
1200	7,62	1,1760	0,0976	0,1857	1,2376
1500	7,69	1,2398	0,1155	0,2429	1,2261

A mért nyomatéki értékekből látható (3. ábra), hogy a nyomaték a fúrási úthossz függvényében emelkedést mutat. A legnagyobb kezdeti érték 44,83 m/min forgácsolási sebesség és 0,14 mm/ford előtolási érték mellett található (5,77 Nm), míg a várakozásoknak megfelelően a legalacsonyabb forgácsolási sebesség és előtolás mellett mutatta a legkisebb értéket (3,49 Nm). A használt szerszám törése akkor következett be, amikor az átlagos forgácsolási nyomaték értéke 8 Nm közelébe ért.



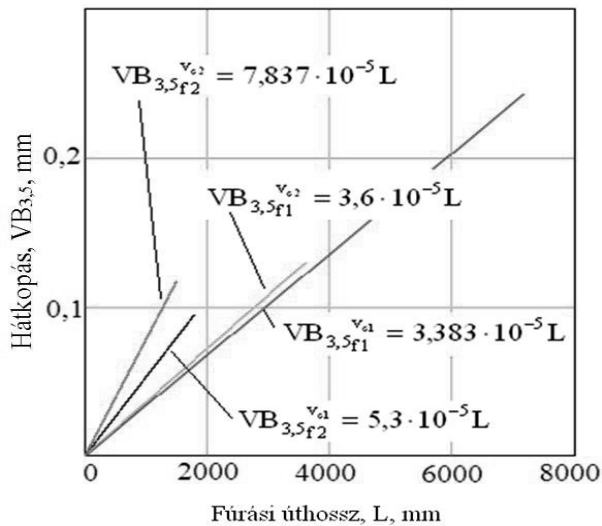
3. ábra. A forgácsoló nyomaték változása a fúrási úthossz függvényében



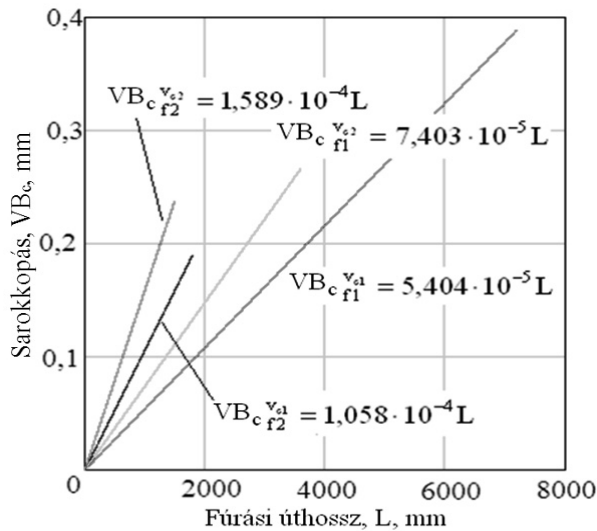
4. ábra. Az előtolóerő változása a fúrási úthossz függvényében

Hasonló megállapítások tehetők az 4. ábra kapcsán is, tehát az előtolás és a forgácsoló sebesség növelésének hatására az előtoló erő jelentősen emelkedik. A görbe meredeksége itt is nő,  $f_1$  előtolásnál a  $v_c$  emelésével.

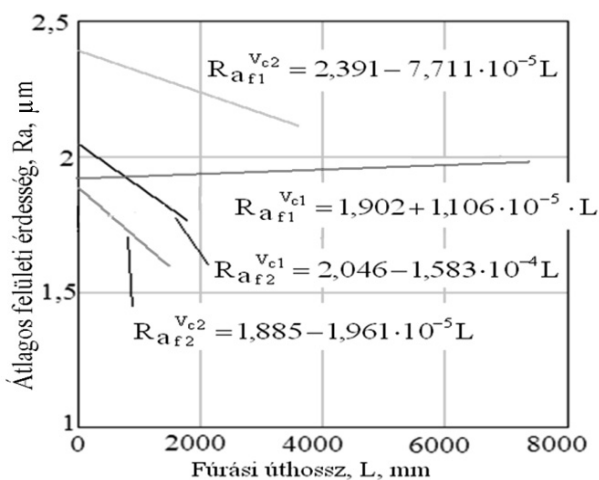
A szerszámkopás mérésének eredményei (5, 6. ábra) összhangban vannak az előtoló erő és a fúrónyomaték mérés eredményeivel. A sarokkopást és a hátkopást bemutató görbékre egyaránt igaz, hogy mind az előtolás, mind a forgácsoló sebesség növelésével a görbék meredeksége nő, ennek megfelelően a leggyorsabb szerszámkopást  $v_{c2}$  és  $f_2$  paraméterek mellett mértük, ekkor a szerszám már 1,5 m fúrási út után tönkrement. A kopás sebessége  $v_{c1}$  és  $f_1$  paraméterek esetén volt a legkisebb, így a szerszám tönkremenetele a legnagyobb hátkopás ( $VB_{3,5}=0,246$  mm) és sarokkopás ( $VB_C=0,38$  mm) mellett  $L=7,2$  m forgácsolási útnál következett be. Megfigyelhető továbbá, hogy a sarokkopás átlagosan 1,5-2-szerese a hátkopásnak.



5. ábra. A hátkopás változása a fúrási úthossz függvényében



6. ábra. A sarokkopás változása a fúrási úthossz függvényében



7. ábra. Az átlagos felületi érdesség változása fúrási úthossz függvényében

A forgácsolt furat átlagos felületi érdessége (7. ábra)  $v_{c1}$  és  $f_1$  paramétereknél közel állandónak tekinthető, míg  $v_{c2}$  és  $f_2$  beállításánál a felületi érdesség számottevően javul. A jelenség magyarázatát a szerszám forgácsolt felületet vasaló hatásában kereshetjük, amely nagyobb előtolás és forgácsoló sebesség esetén erőteljesebben érvényesül.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány bemutatta, hogy a kopásálló acél (HARDOX 450) minimálkenéses fúrása során végzett kísérletben miként változik az előtolás irányú erő, a forgácsolási nyomaték, a szerszám sarok- illetve hátkopása és a felületi érdessége.

Vizsgálataink legfontosabb következtetéseit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- A hűtő- kenő anyag mennyiségének jelentős csökkentése mellett, 50 ml/h külső minimálkenéssel sikerült megfelelő forgácsolási feltételeket biztosítani HARDOX 450 típusú acél furatmegmunkálásánál.
- Mind az előtolás, mind a forgácsoló sebesség növelésével a fúrási nyomaték és az előtoló erő egyre nagyobb mértékben emelkedik, illetve nő a hát- és sarokkopás sebessége is, azonban a forgácsolt furat felületi érdessége javul.

## 6. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutató munka 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.

## 7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] WEINERT, K.: Trockenbearbeitung und Minimal-mengenschmierung. Springer Verlag 2000
- [2] [http://www.ssab.com/Global/HARDOX/Datasheets/en/168\\_HARDOX\\_450\\_UK\\_Data%20Sheet.pdf](http://www.ssab.com/Global/HARDOX/Datasheets/en/168_HARDOX_450_UK_Data%20Sheet.pdf)
- [3] <http://www.winfo.sk/pdf/hardox007.pdf>
- [4] KUNDRÁK, J., MAMALIS, A.G., GYANI, K., et al.: Environmentally friendly precision machining, *Mater. Manuf. Process* 21 (1): 29-37 Jan 2006
- [5] ČEP, R., NESLUŠAN, M.; BARIŠIČ, B.: Chip Formation Analysis During Hard Turning. *Strojstvo*, 2008, vol 50, No. 6, pp.: 337 – 345.
- [6] DUDÁS, I., VARGA Gy., SZIGETI, F., PÉTER, L., SZÁZVAI, A.: Furatmegmunkálás minimálkenéssel, MTÉAR konferencia (DAB), Nyíregyháza, 2006. 11. 16. Műszaki Füzetek, 2. kötet, pp.: 77-92
- [7] DUDÁS, I., LIERATH, F., VARGA Gy.: Környezetbarát technológiák a gépgyártásban, Műszaki kiadó, Budapest, 2010, p.: 308