

A TECHNOLÓGIAI PARAMÉTEREK HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA KOPÁSÁLLÓ ACÉLOK KÖRNYEZETTU- DATOS FÚRÁSA SORÁN

*Kovács Attila, **Varga Gyula, ***Szigeti Ferenc

főiskolai tanársegéd, **egyetemi docens, *tanszékvezető főiskolai tanár*
**, **Nyíregyházi Főiskola, Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológiai Tanszék*
4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b
*[*kovacs.attila@nyf.hu](mailto:kovacs.attila@nyf.hu), *szigetif@nyf.hu*
***Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék*
3515, Miskolc, Egyetemváros
gyulavarga@uni-miskolc.hu

Összefoglalás

A Nyíregyházi Főiskola Műszaki Alapozó és Gépgyártástechnológia Tanszékén a Miskolci Egyetem Gépgyártástechnológiai Tanszékével szoros együttműködésben 2006 óta folynak minimálkenéssel kapcsolatos kutatások. Ezek az öntvény forgácsolási kutatások kiegészültek a kopásálló HARDOX acél környezetbarát megmunkálással. Jelen cikk bemutatja a kopásálló acél környezetbarát fúrási kísérleteinek legújabb eredményeit.

Kulcsszavak: *Környezetbarát megmunkálás, fúrás, nyomaték, erő, kopás, felületi érdesség*

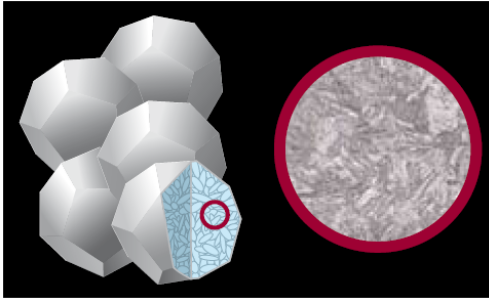
Abstract

Research on minimal volume lubrication is in progress since 2006 at Department of Production Engineering, College of Nyíregyháza in cooperation with Department of Production Engineering, University of Miskolc. These cutting researches were supplemented with drilling experiments of hard wearing HARDOX steels. This paper shows the newest results of the research work.

Keywords: *environmentally friendly machining, drilling, force, torque, wear, surface roughness*

1. Bevezetés

Korunkban a környezet terhelése egyre nagyobb, ami arra ösztönzi a mérnököket, hogy gyártástervező tevékenységüket környezettudatosan végezzék. A termékek megvalósítási, előállítási folyamatában is csökkenteni kell a környezet terhelést növelő szennyező anyagok használatát, illetve a környezetet szennyező anyagokat meg kell semmisíteni. A környezet terhelés csökkentésének hatékony módja lehet az egyre szélesebb körben terjedő minimálkenés alkalmazása, vagy a szárazon történő forgácsolás [1], [2], [8]. Ezen eljárások hátránya, hogy a szerszám élettartama csökkenni fog, jelentősebb lesz a forgácsoló szerszám kopása, a súrlódás megnő, ennek következtében nagyobb lesz a szerszám és a munkatér hőmérséklete



1. ábra. A HARDOX acél nemesítése egyedülálló [6]

leg nagy a keménységük, szilárdságuk és kiváló ütésállóság jellemzi őket. Ilyen anyag a HARDOX kopásálló acéllemez, mely széles felhasználási területre alkalmas. 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, használatukkal egyszerű a gyártás és a felújítás. A HARDOX 450 kopásálló acél keménysége 450 Brinell, néhány további jellemzőt az 1. táblázat tartalmaz.

1. táblázat. A HARDOX és a hagyományos acél jellemzői [6]

Acél típusa	Rugalmassági határ (N/mm ²)	Szakító szilárdság (N/mm ²)	Brinell keménység
S235 vagy St 37-2 (hagyományos acél)	235	400	120
S355 vagy St 52-3 (hagyományos acél)	355	480	170
HARDOX 450	1200	1400	450

2. Célkitűzés

A kísérletek célja a forgácsolás technológiai paraméterei forgácsolási folyamatra gyakorolt hatásának vizsgálata HARDOX 450 kopásálló acél szárazmegmunkálással, illetve minimál kenéssel történő furatmegmunkálásánál.

Ennek során mérjük a szerszám előtolásának és az alkalmazott forgácsoló sebességnek a hatását az előtoló erő és a fúrási nyomaték szükségletre és a forgácsolt furat átlagos felületi érdességére. A furat-megmunkálási kísérletek eredményeinek kiértékelését a faktoriális kísérlettervezés alkalmazásával végezzük el azért, hogy összefüggéseket határozzunk meg a fúrás technológiai paramétereit és a furatban mért átlagos felületi érdességek között.

3. A kísérlet körülményei

A fúrási kísérletekhez használt csigafűrő: Ø 10,2 L102/55 d12 jelű Sirius210 típusú (nagy termelékenységgű, méretpontos és biztonságos fúrásra alkalmas, HELICA (AlCrN alapú) bevonatos fűrő). A próbatest anyaga: HARDOX 450, ($R_m = 1400$ MPa) amelybe 30 mm hosszúságú furatokat készítettünk a sorozatkísérletek alkalmazásával. A minimálkenés megvalósítása külső hűtéssel, a hűtő-kenő folyadéknak a fűrő külső palástjára való hozzávezetésével történt, „NOGA MINI COOL” típusú porlasztó berendezéssel (2. ábra). A forgácsolási kísérletekhez „OMV cut XU” típusú, klórmentes olajat használunk.



2. ábra. A kísérleti beállítás



3. ábra. KISTLER 9271A típusú erő és nyomatékmérő

A kísérletek végrehajtása az alábbi paraméterekkel történt:

Forgácsolási sebesség:	$v_{c1} = 44,83$ m/min	$v_{c2} = 28,82$ m/min
Előtolás:	$f_1 = 0,14$ mm/ford	$f_2 = 0,08$ mm/ford
HKF mennyiség:	$V_{oil}^1 = 0$ cm ³ /h	$V_{oil}^2 = 50$ cm ³ /h

3.1. Az előtolóerő és fúrónyomaték méréséhez használt eszközök

Az axiális fűrőerő (F_f) és csavaró nyomaték (M_c) mérése egy KISTLER 9271A típusú kétkomponensű kompakt dinamométerrel (3. ábra) történt, amely nagy dinamikai szilárdsággal rendelkezik. Így magas a sajátfrekvenciája, amely 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 kontúrvonal mentén történt. A mérések során minden mérést azonos paraméter beállítás mellett háromszor megismételünk és a mérési eredményeket a matematikai statisztikai módszerek felhasználásával dolgoztunk fel. A mért átlagértékeket a fúrési út függvényében ábrázoltuk, majd regresszióanalízissel meghatároztuk a mérési pontokra legjobban illeszkedő közelítő görbe egyenletét, valamint a korrelációs indexet.

4. A kísérletek eredményei

A kísérletek eredményeit a 2. és 3. táblázat foglalja össze.

2.táblázat. A kísérlet eredményei száraz forgácsolás esetén

Előtoló erő [kN]	$f_1 = 0,08$ mm/ford	$f_2 = 0,14$ mm/ford
$v_{c1} = 28,82$ m/min	0,784	1,072
$v_{c2} = 44,83$ m/min	0,830	1,213
Fúró nyomaték [Nm]		
$v_{c1} = 28,82$ m/min	4,59	4,96
$v_{c2} = 44,83$ m/min	6,59	6,97
Felületi érdesség R_a [μ m]		
$v_{c1} = 28,82$ m/min	2,29	2,95
$v_{c2} = 44,83$ m/min	2,45	3,24

3.táblázat A kísérlet eredményei minimálkenés alkalmazásakor

Előtoló erő [kN]	$f_1 = 0,08$ mm/ford	$f_2 = 0,14$ mm/ford
$v_{c1} = 28,82$ m/min	0,760	1,072
$v_{c2} = 44,83$ m/min	0,810	1,132
Fúró nyomaték [Nm]		
$v_{c1} = 28,82$ m/min	3,49	4,69
$v_{c2} = 44,83$ m/min	4,05	5,77
Felületi érdesség R_a [μ m]		
$v_{c1} = 28,82$ m/min	1,92	2,04
$v_{c2} = 44,83$ m/min	2,38	1,86

A mérés eredményeiből a teljes faktoriális kísérlettervezés felhasználásával megkaptuk a felületek egyenleteit száraz forgácsolás (1) – (3)

$$F_f(v_c, f) = 0,3128 - 0,00239v_c + 7,48f - 0,03851v_c f, \quad (1)$$

$$M(v_c, f) = 0,52389 + 0,12396v_c + 5,8471f + 0,010331v_c f, \quad (2)$$

$$R_a(v_c, f) = 1,4292 + 0,00066625v_c - 7,1597f - 0,13325v_c f, \quad (3)$$

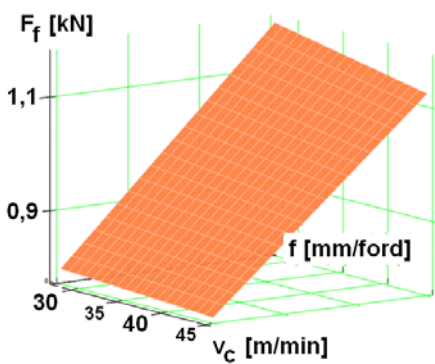
és minimálkenés alkalmazása (4) - (6) esetén,

$$F_f(v_c, f) = 0,4513 - 0,00235v_c + 5,65f - 0,0104v_c f, \quad (4)$$

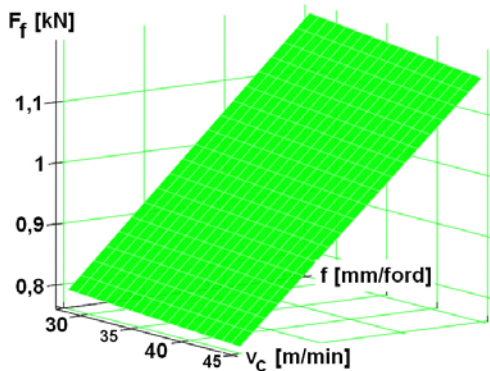
$$M(v_c, f) = 1,8312 + 0,0316v_c - 6,2677f + 0,54131v_c f, \quad (5)$$

$$Ra(v_c, f) = -0,60401 + 0,082v_c - 21,1997f - 0,6659v_c f, \quad (6)$$

amelyeket az 4-8. ábrákon szemléltetünk.



a) száraz megmunkálás



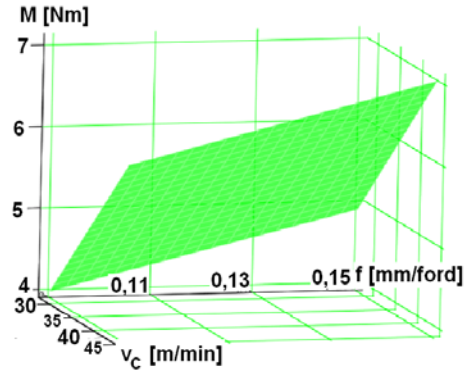
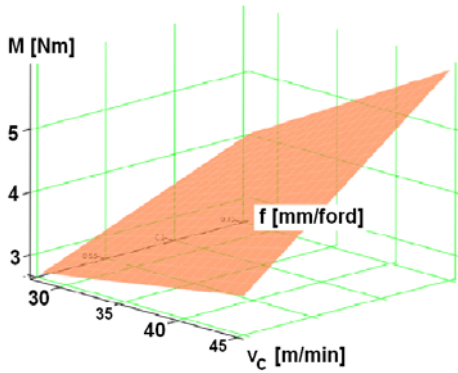
b) minimálkenéses megmunkálás

4. ábra. Az előtoló erő változása a forgácsolósebesség és az előtolás függvényében

A mérés eredményeiből megállapítható (4.a ábra), hogy száraz megmunkálásnál az előtolás irányú erő változása a forgácsolási sebesség 28,82 m/min értékről 44,83 m/min értékre való növelésével közel 6%-os növekedést mutat a kisebb előtolás és több mint 13%-os növekedést mutat a nagyobb előtolás alkalmazása esetén. A eredményekből látható, hogy az előtolás növelésével az előtolóerő nagyobb forgácsoló sebességnél mintegy 37%-al, kisebb forgácsoló sebességnél pedig több, mint 46%-al emelkedik száraz forgácsolás esetén.

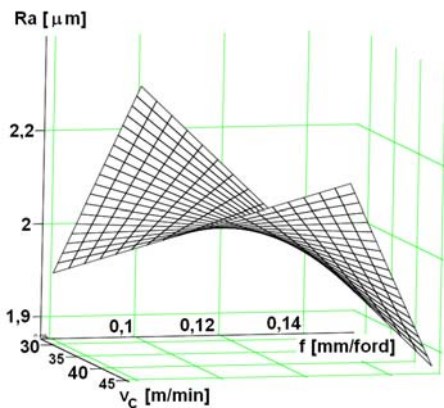
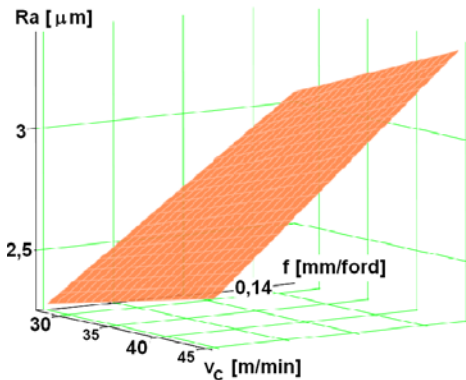
A mérés eredményeiből látható (4.b ábra), hogy minimálkenés alkalmazása esetén a száraz megmunkáláshoz képest az előtolóerő közel azonos arányú emelkedése tapasztalható a forgácsoló sebesség függvényében kisebb előtolás értékek mellett, ezzel szemben sokkal kisebb arányban emelkedik az előtoló erő a nagyobb előtolások tartományában a forgácsoló sebesség növelésével. Az is megfigyelhető, hogy az előtolóerő növekedését jelentősebben befolyásolja, ha az előtolást emeljük a nagyobb értékre, hiszen ennek eredményeként az előtoló erő közel 40%-al emelkedik.

A fűréási kísérletek (5.a ábra) során kapott forgácsolási nyomaték értékeket megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy száraz fűrés esetén a forgácsolási nyomatékot jelentősebben növeli, ha a forgácsolási sebességet növeljük a kisebb értékről a nagyobbra (ekkor a fűrényomaték $f=0,14$ mm/ford-nál 40%-al, $f=0,08$ mm/ford-nál 43%-al nő). Az előtolás növelésével állandó forgácsolási sebességnél a fűrényomaték emelkedése lényegesen kisebb.



a) száraz megmunkálás; b) minimálkenéses megmunkálás
5. ábra. A fúrási nyomaték változása a forgácsolósebesség és az előtolás függvényében

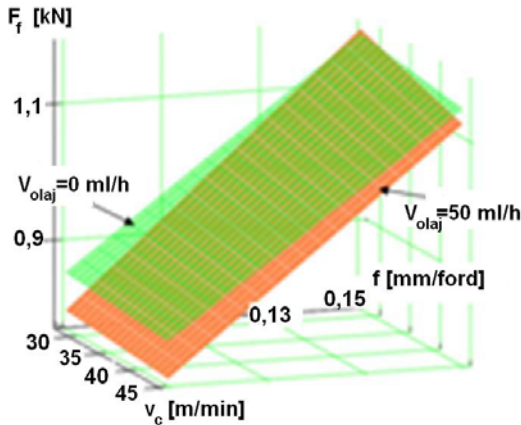
Minimálkenés esetén (5.b ábra) is azt tapasztaltuk, hogy a fúrási nyomaték növekedését jelentősebben befolyásolja a forgácsolási sebesség emelése (34-42%), mint az előtolás növelése (16-23%-os növekedés), mind alacsonyabb, mind magasabb beállítási értékek mellett.



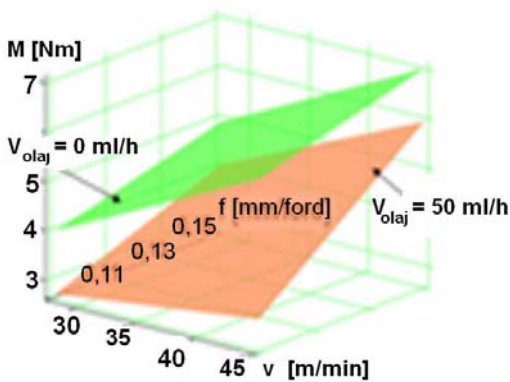
a) száraz megmunkálás b) minimálkenés esetén
6. ábra. Az átlagos felületi érdesség változása a forgácsolósebesség és az előtolás függvényében

Száraz megmunkálásnál a forgácsolt felület minőségére vonatkozó mérési eredményeket megvizsgálva (6.a ábra) azt tapasztalhattuk, hogy a várakozásainknak megfelelően a megmunkált furat felületi érdessége mintegy 6 %-kal növekszik, amennyiben a kisebb előtolás mellett a forgácsolási sebességet 28,82-ről 44,83 m/percre emeljük, míg a nagyobb előtolás mellett ez a növekedés érték 9% körül alakul. Amennyiben állandó sebesség mellett állítjuk az előtolási értéket nagyobb-

ra, a felületi érdesség növekedése közel 28%-os lesz 28,82 m/perc mellett, 32%-os 44,83 m/perc sebesség esetén.



7. ábra. Előtoló erő változása szárazmegmunkálás és minimálkenés esetén



8. ábra. Forgácsoló nyomaték változása szárazmegmunkálás és minimálkenés esetén

solt, hiszen itt érvényesül jobban a minimál-kenés hatása. A kenés hatása sokkal erőteljesebben mutatkozik meg a mért fúrási nyomatékok eredményein (8. ábra), mint az előtoló erő esetében. Kisebb előtolásnál a forgácsoló sebesség növelése által okozott fúrónyomaték növekedés szárazmegmunkálásnál nagyobb, mint minimálkenésnél. Ennek magyarázata lehet, hogy kisebb előtolás esetén jobban érvényesül a bejuttatott minimális kenőanyag hatása. A kenés hatása legmarkánsabban a felületi érdesség változásában mutatható ki. A furatban mért átlagos felületi érdesség legkisebb különbsége a nagyobb forgácsoló sebesség és kisebb előtolás esetén tapasztalható ($0,07\mu\text{m}$), míg a legnagyobb különbséget nagyobb sebesség és nagyobb előtolási érték mellett mértünk ($1,32\mu\text{m}$).

Minimál-kenés alkalmazása esetén (6.b ábra) azt tapasztaltuk, hogy 28,82 m/perc forgácsolási sebesség mellett az előtolás emelésével növekszik a mért felületi érdesség (6%), míg 45 m/perc mellett közel 12%-os csökkenés tapasztalható, az előtolás növelésével. Amennyiben a forgácsolási sebességet változtatjuk azonos előtolás mellett, kisebb előtolásnál ($f=0,08$ mm/ford) 23%-os felületi érdesség növekedés tapasztalható, nagyobb ($f=0,14$ mm/ford) előtolás beállításánál, viszont 9%-os felületi érdesség csökkenést mérünk. Ha megvizsgáljuk az előtolás irányú erő változását a bejuttatott kenőanyag függvényében (7. ábra), azt a megállapítást tehetjük, hogy a minimál-kenést és szárazon végzett forgácsolást összehasonlítva, kisebb előtolásnál nagyobb különbség tapasztalható, míg nagy előtolásnál ez a különbség eltűnik. A furatmegmunkálás során inkább kisebb előtolás alkalmazása javas-

5. Összefoglalás – Következtetések

Szárazon, illetve minimálkenéssel végzett vizsgálataink legfontosabb következtetéseit az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- Külső minimálkenéssel sikerült megfelelő forgácsolási feltételeket biztosítani kopásálló acél furatmegmunkálásánál.
- Minimálkenésnél a kisebb előtolás alkalmazása esetén a fúrónyomaték és az előtoló erő nagysága kedvezőbb volt, mert itt jobban érvényesült a minimálkenés hatása.
- A száraz megmunkáláshoz képest minimálkenéssel a forgácsolt furat felületi érdessége jelentősen csökkenthető. Alacsony forgácsoló sebességnél az előtolás növelésével a furat felületi érdessége romlik. A forgácsoló sebesség növelésével minimálkenésnél nagyobb előtolás tartományban a felületi érdesség jelentősen javul.
- A kísérlettervezéssel meghatározott összefüggésekkel meghatározhatók a fontosabb forgácsolási paramétereknek a furat átlagos felületi érdességére, az előtoló erőre, illetve a forgácsolási nyomatékra gyakorolt hatásai.

6. Köszönetnyilvánítás

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 valósult meg.

7. Irodalomjegyzék

- [1] KLOCKE, F., LUNG, D.: Minimalmengen Kühlschmierung – Systeme, Werkzeuge und Medien. In VDI-Berichte 1532, pp.: 137–154, VDI-Verlag Düsseldorf, 2000
- [2] WEINERT, K.: Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung. Springer Verlag 2000
- [3] **DUDÁS, I., LIERATH, F., VARGA GY.:** Környezetbarát technológiák a gépgyártásban, Forgácsolás szárazon, minimális hűtéssel-kenéssel, Műszaki Kiadó, Budapest, 2010, p.: 308, ISBN 987-963-16-6500-0
- [4] SUZUKI, S, 2002, Developments in Oil Supplying Systems for MQL Cutting, *Journal of Japanese Society of Tribologists*, 47/7: 538-543.
- [5] KUNDRÁK, J., MAMALIS, A.G., GYANI, K., ET AL.: Environmentally friendly precision machining, *Mater Manuf. Process* 21 (1): 29-37 Jan 2006
- [6] DUDÁS, I., VARGA GY., SZIGETI, F., PÉTER, L., SZÁZVAI, A.: Furatmegmunkálás minimálkenéssel, Műszaki Tudomány az Észak-Alföldi Régióban c. konferencia (DAB) Nyíregyháza, 2006. nov. 16. Műszaki Füzetek, 2.kötet, pp.: 77-92