

FORGÁCSLEVÁLASZTÁS VIZSGÁLATA KÍSÉRLETEKKEL ÉS SZIMULÁCIÓVAL

A STUDY ON CHIP FORMATION BY EXPERIMENTS AND SIMULATION

Dezső Gergely¹, Szigeti Ferenc¹

¹Nyíregyházi Főiskola (Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológiai Intézeti Tanszék) H-4400 Nyíregyháza, Sóstói út 31/b
 Telefon +36-42-599400 / Fax: +36-42-402485, dezsog@nyf.hu

Abstract

In this paper experimental results on chip formation are compared with model calculations. It is shown that our model gives good results for force demand of planning.

Keywords: *cutting, simulation, environmentally consciou*

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban a forgácsleválasztással kapcsolatos kísérletek eredményeit vetjük össze modellszámításokkal. Kimutatjuk, hogy az általunk felépített modell jól írja le a gyalulás során fellépő erőszükségletet.

Kulcsszavak: *forgácsolás, szimuláció, környezettudatos*

1. Bevezetés

A forgácsképződés során fizikai, kémiai, tribológiai, hidrodinamikai folyamatok egymással egy időben és egymást befolyásolva zajlanak le.

A forgácsképződés folyamatának mélyebb tanulmányozása ezért elengedhetetlen a környezetbarát megmunkálási technológiák fejlesztése szempontjából.

Célunk a fémgyalulás erőszükségletének kísérleti vizsgálata különböző forgácsolási paraméterek esetén.

Célunk továbbá olyan fizikai modell kifejlesztése, amely jó közelítéssel adja meg a gyalulás során a forgácsoló erőt.

2. A kísérletek körülményei

A gyalulási kísérleteket forrasztott keményfémlapkás gyalukéssel végeztük, melynek szabványos jelölése: Hajlított forgácsolókés R 2525 MSZ1902:DA20

A próbatest anyaga: S355 JRN MSZ EN 10025 általános rendeltetésű ötvözetlen szerkezeti acél.

A gyalulási kísérleteket szárazon, hűtőkenő folyadék alkalmazása nélkül végeztük.

A kísérletek végrehajtása PW 550 tip., lengőhimbás hajtóművel rendelkező hársárgyalugépen az alábbi paraméterekkel történt:

– lökethossz: $L = 200$ mm

– munkadarab hossz: $L_1 = 122$ mm

- kettőslöketek száma: $n_k = 22-74$ kl/perc
- fogásmélység: $a_p = 0,5-1,5$ mm
- oldalirányú eltolás: $f = 0,182$ mm/kl
- átlagos forgácsoló seb.: $v_{cl\text{öket}} = 8,8-29,6$ m/p
- tényl. átl. forg. seb.: $v_{cl} = 10,67-34,86$ m/p
- egy ciklus ideje: $t = 0,81-2,73$ sec
- forgácsolás ideje: $t_c = 0,21-0,68$ sec

Az axiális forgácsolóerő (F_f) mérése egy kétkomponensű kompakt dinamométerrel történt, amely nagy dinamikai szilárdsággal rendelkezik, így magas a saját-frekvenciája, amely lehetővé teszi a kisebb dinamikus erőhatások mérését magas alapterheléseknél is.

Technikai adatok:

Megnevezés: KISTLER, 2 komponensű dinamométer

Típus: 9271 A

Mérési tartomány:

- F_f [kN]: $-5 \div 20$;
- M_c [Nm]: $-100 \div +100$.

Érzékenység:

- F_f [pC/N]: $-2,02$;
- M_c [pC/N]: $-1,6$.

Linearitás: %FSO: L 0,3

Üzemi hőmérséklet-tartomány, °C: 1-70

A dinamométer által szolgáltatott jel erősítéséhez Kistler 5038 A2 típusú ipari töltéserősítőt használtunk, a mérési adatok feldolgozását Labview 9.0 szoftver segítségével végeztük.

2.1 A kísérletek leírása

A forgácsolási paraméterek forgácsolóerőre (F_c) gyakorolt hatásának vizsgálatához 3 különböző fogásvétel ($a_p=0,5; 1; 1,5$ mm) és 3 különböző kettős löketség ($n_k=22; 38; 74$ kl/perc), azaz átlagos forgácsoló sebesség ($v_{cl}=10,67; 20,91; 34,86$ m/perc) beállítása mellett mértük F_c értékét. A kísérletek során egyszerre mindig egy paraméter értékét változtattuk, a többi ál-

landó értéken tartottuk, így 9 kísérleti beállítást vizsgáltunk.

A munkalöket alatt 0,0175 másodpercenként mértük F_c értékét, tehát a forgácsoló sebességtől függően $n_k=22$ kl/perc-nél 39 db, $n_k=38$ kl/perc-nél 20 db $n_k=74$ kl/perc-nél 11 db mérést végeztünk a szerzők szám forgácsoló mozgása során, majd ezekből az adatokból a forgácsolóerő átlagértékeit (F_c) számoltuk, amelyeket az **1. táblázat**ban tüntettük fel. Méréseink szerint a forgácsolóerő a munkalöket (mdb hossza) mentén mintegy 5–12%-ot változott.

A beállítási paraméterek figyelembevételével meghatároztuk a teljes lökethosszra vonatkoztatott átlagos forgácsoló sebességet ($v_{cl\text{öket}}$), valamint a tényleges mdb hosszra vonatkoztatott átlagos forgácsoló sebességet (v_{cl}) (**1. táblázat**).

A fogásvétel (a_p) forgácsolóerőre (F_c) gyakorolt hatását az **1. ábra**, az átlagos forgácsoló sebesség (v_{cl}) hatását a **2. ábra** mutatja be.

2.2 Az eredmények értékelése

Az átlagos forgácsoló sebesség (v_{cl}) és a fogásvétel (a_p) átlagos forgácsolóerőre gyakorolt hatására a következő megállapításokat tehetjük:

Az átlagos forgácsolóerő (F_c) a fogásvétellel közel arányosan nő $v_{cl}=10,67$ m/p átlagos forgácsoló sebességnél, azonban az átlagos forgácsoló sebesség növelésével a forgácsolóerő fogásvétellel való emelkedése egyre kisebb mértékű.

Míg 10,67 m/p-nél a fogásvétel 0,5 mm-ről 1,5 mm-re való növelésénél az átlagos forgácsolóerő 2,95-szörösége nő, addig 34,86 m/p-nél ugyanezen a tartományon F_c már csak 2,3-szeresére emelkedik.

Méréseink igazolják a forgácsolás-elméletből jól ismert összefüggést, mely szerint a forgácsolóerő a forgáskeresztmetszettel, ill. az azt meghatározó fogásvétellel arányosan változik. Azonban minél nagyobb sebességgel forgácsolunk, a forgácsolási ellenállás (k_c) annál nagyobb mér-

tékben csökken [11,12] – ez magyarázza az átlagos forgácsoló erő, F_c erőteljes csökkenését.

Amennyiben állandó fogásvétel (a_p) mellett vizsgáljuk a forgácsoló sebesség (v_{cL}) forgácsolóerőre gyakorolt hatását, akkor az alábbiakat figyelhetjük meg:

- $a_p = 0,5$ mm-nél v_{cL} növelésével F_c kismértékben nő;
- $a_p = 1$ mm-nél v_{cL} növelésével F_c kismértékben csökken;
- $a_p = 1,5$ mm-nél v_{cL} növelésével F_c csökkenése egyre erőteljesebb.

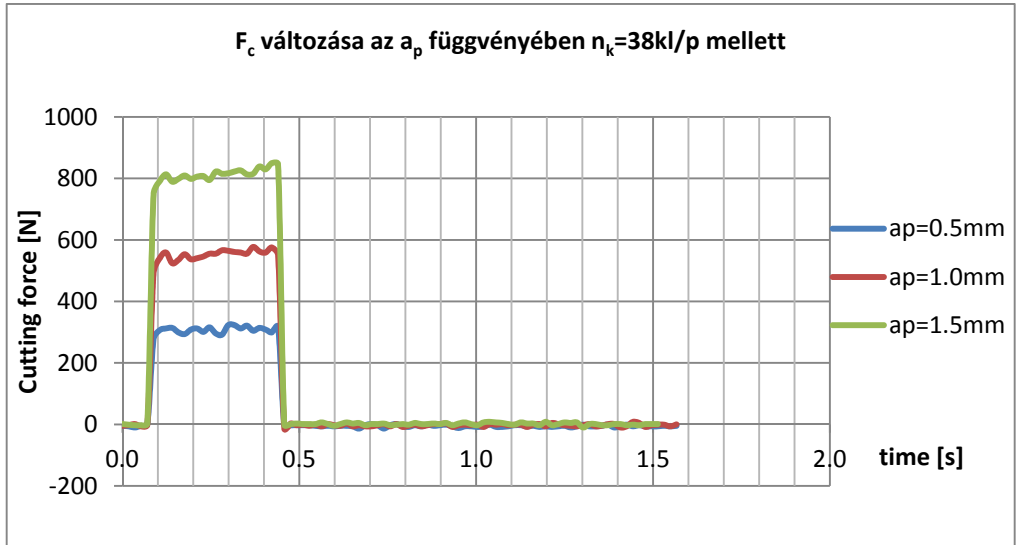
Az $a_p \geq 1$ mm fogásvételnél v_{cL} növelése egyre erőteljesebb forgácsolóerő csökkenéshez vezet (elsősorban a forgácsolási ellenállás mérséklődése miatt), ezért F_c szempontjából a vizsgált sebességtartományban v_{cL} növelése kedvező.

A forgácsoló erő a lökethossz mentén számottevően változik. A löket mentén az erőingadozás mellett a forgácsoló erő lassú növekedése figyelhető meg, különösen nagyobb sebességeknél jelentősebb a forgácsolóerő növekedése.

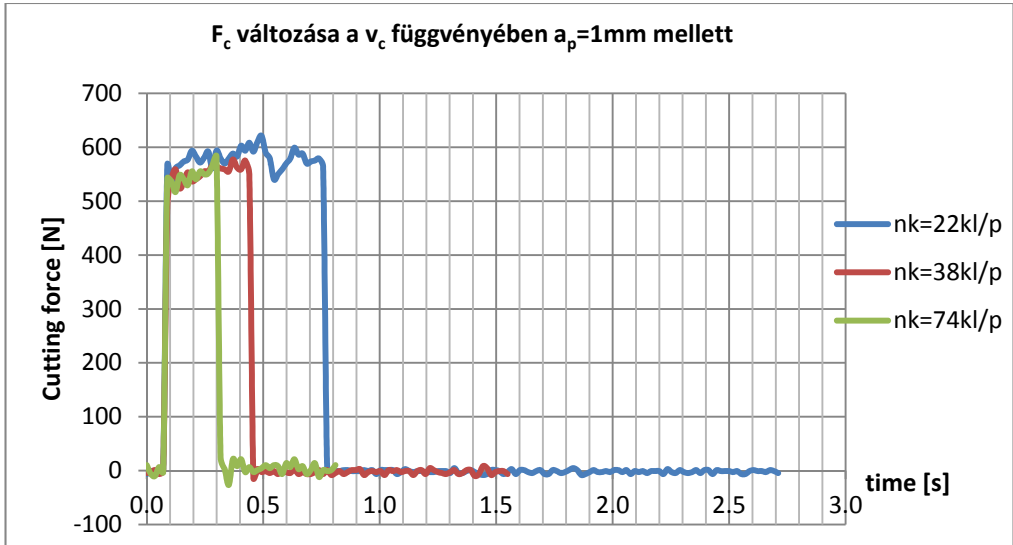
Erre magyarázatként a nem kellő merevségű befogadás szolgálhat.

Fogásvétel a_p [mm]	Átlagos forgácsolóerő, F_c [N]		
	$n_k=22$ kl/perc $v_{clöket}=8,8$ m/perc $v_{cL}=10,67$ m/perc	$n_k=38$ kl/perc $v_{clöket}=15,2$ m/perc $v_{cL}=20,91$ m/perc	$n_k=74$ kl/perc $v_{clöket}=29,6$ m/perc $v_{cL}=34,86$ m/perc
0,5	296	307	320
1,0	580	551	547
1,5	874	812	738

1. táblázat A gyalulási kísérletek során mért erő értékei



1.ábra. A fogásvétel (a_p) forgácsolóerőre (F_c) gyakorolt hatása



2.ábra. Az átlagos forgácsoló sebesség (v_{cl}) forgácsolóerőre (F_c) gyakorolt hatása

2.3 A forgácsolási folyamat fizikai modellezése

A forgácsoló szerszám és a munkadarab diszkrét modelljét lineáris tetraéder elemekből építettük fel (3. ábra). A számítás során a munkadarab esetén adaptív újrafelosztást alkalmaztunk, ami a nagy alakváltozások modellezésénél szükséges. Az újrafelosztás esetén az elemméret csökkentését is megengedtük azokon a helyeken, ahol az alakváltozás nagy.

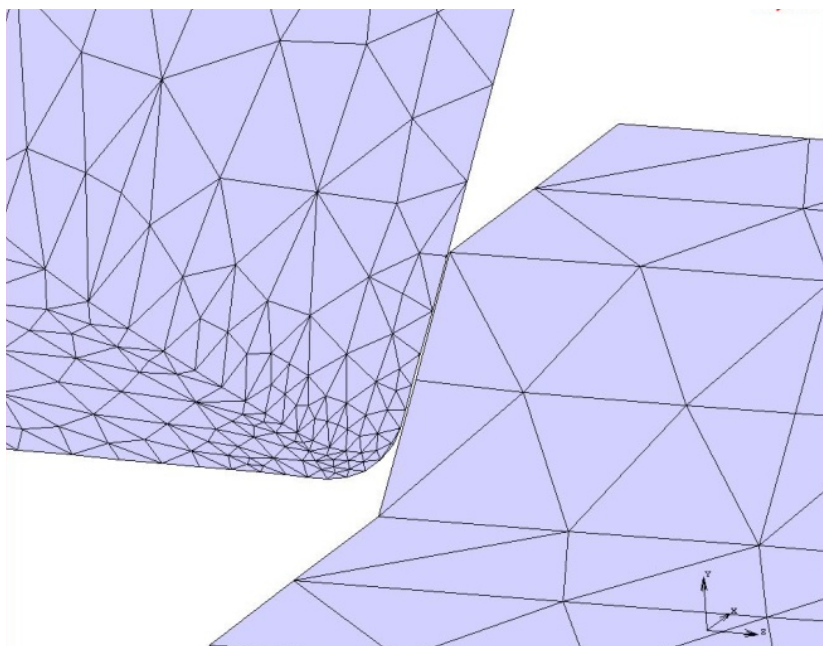
Az érintkezési feladat során a súrlódást állandó súrlódási együtthatóval, a Coulomb-féle súrlódási modell arkusz tangens közelítésével vettük figyelembe. Az érintkezési tolerancia értékét automatikusan változtattuk, így az 0,01mm nagyságrendjében változott.

A hőmérséklet változását, ami a súrlódási munka, az alakváltozási munka, valamint a hőelvezetési és sugárzási folyamatok eredménye, figyelembe vettük.

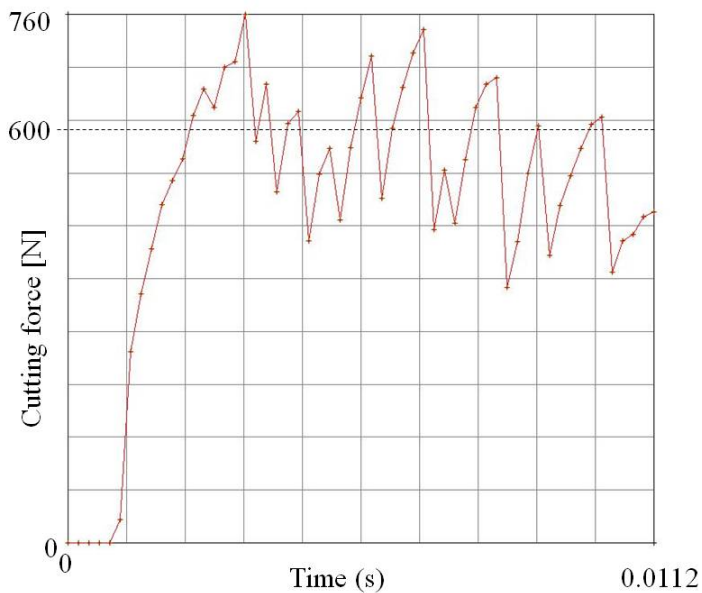
A szimuláció során kis időlépéseket alkalmaztunk az igen gyorsan változó célfüggvények miatt.

A szimulációt egy általános célú kereskedelmi szoftver segítségével végeztük el [8].

A 4. ábra a forgácsolóerő változását mutatja az idő függvényében $a_p = 1$ mm fogásmélység és $v_{cl} = 10,67$ m/perc forgácsolási sebesség esetén. Az 1. táblázat első oszlopának középső adatával, amely ugyanezen forgácsolási paraméterek mellett mérhető, jó egyezés figyelhető meg. Ugynezt mutatja a 4. ábra grafikonja.



3.ábra. A szerszám és amunkadarab diszkrét modellje



4.ábra. A szimulációval kapott forgácsolóerő nagysága $a_p = 1\text{mm}$ és $v_{cl}=10,67\text{ m/perc}$ esetén

3. Következtetések

A dolgozatunkban leírt modellszámítás eredményei azt mutatják, hogy a forgácsleválasztás során fellépő jelenségek figyelembe vételével jó közelítéssel leírható a forgácsolás folyamata.

A méréssel kapott forgácsolóerő értékét a szimuláció jó közelítéssel adta meg.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Strenkowski, J. S., Carroll, J.T.: *A finite element model of orthogonal metal cutting*. Journal of Engineering for Industry 107 (1985) 347–354.
- [2] Hashemi, J., Tseng, A. A., Chou, P. C.: *Finite element modelling of continuous and segmental chip formation in high speed orthogonal machining*. Journal of Materials Engineering and Performance 3 (6) (1994) 712–721.
- [3] Shih, A. J.: *Finite element analysis of orthogonal metal cutting mechanics*. International Journal of Machine Tools Manufacturing 36 (1996) 255–273.
- [4] Ceretti, E., Fallbohmer, P., Wu, W. T., Altan, T.: *Application of 2D FEM to chip formation in orthogonal cutting*. Journal of Materials Processing Technology 59 (1996) 169–180.
- [5] A.R., Machado, M.F., Motta, M.B., Da Silva: *Performance of Synthetic and Mineral Soluble Oil When Turning AISI 8640 Steel*. Trans. ASME, Vol. 119, 580-586. 1997
- [6] Wu, J.-S., Dillon, O. W., Lu, W. Y.: *Thermo-Viscoplastic Modelling of Machining Process Using a Mixed FEM*. Trans. ASME 1996, Vol. 118, pp.:470-481.
- [7] Shaw, M. C.: *Metal Cutting Principles*. Oxford University Press, Oxford, 1984.
- [8] Marc Volume A, *Theory and User Information*. MSC Software Inc., 2010.
- [9] Zienkiewicz, O. C.; Taylor, R. L.; ZHU, J. Z.: *The finite element method, its basis and fundamentals*. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Oxford, 2005, ISBN 0-7506-6320
- [10] Dudás I., Lierath F., Varga Gy.: *Környezetbarát technológiák a gépjárműgyártásban. Forgácsolás szárazon, minimális hűtéssel-kenéssel*. Műszaki Kiadó, Budapest, 2010. 308, ISBN 987-963-16-6500-0
- [11] Dudás I.: *Gépjárműgyártástechnológia I*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2011.
- [12] Gyáni K.: *Gépjárműgyártástechnológia alapjai I*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.