

Forgácstő szimulációs vizsgálatok

Cutting zone simulations

Dr. LÍSKA János¹, BOGNÁR Adrián¹, KÓNYA Gábor¹, SZABÓ Norbert¹, MISKOLCZI István¹

¹Neumann János Egyetem GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék, Gyártástechnológia kutatócsoport, Izsáki út 10., H-6000 Kecskemét, Hungary

Abstract

This scientific work deals with the phenomena developing in the cutting zone (deformation, stresses, forces). In the first part, the processes are illustrated with figures, and some are explained with formulas. During the simulation study, the parameters (shear angle) are evaluated using CAD software, which are replaced by the shear force and the chip area based on the calculations in the empirical equations. The deformations in the different materials as well as the stresses can be seen graphically. The aim of the research is to be able to extract well-approximated data from the simulation environment, which can then be applied to industrial purposes and predictions.

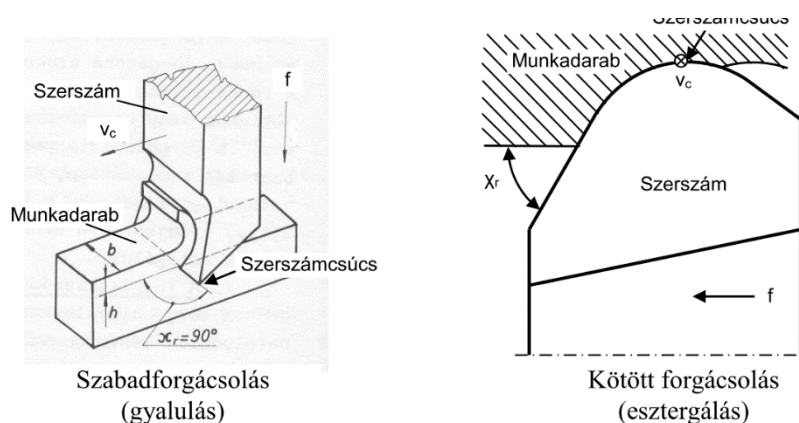
Keywords: cutting zone, cutting shear plane, simulation, cutting forces.

Kivonat

A tudományos összefoglaló a forgácstőben kialakuló jelenségekkel – deformáció, feszültségek, erők – foglalkozik. A munka bevezető részében ábrákkal vannak szemléltetve a folyamatok, valamint képletekkel történik néhányuk a magyarázata. A szimulációs vizsgálata során CAD szoftvert alkalmazva kerülnek kiértékelésre azon paraméterek (nyírási szög), amelyeket visszahelyettesítve az empirikus egyenletekbe számítások alapján értékelődik a nyíró erő, valamint a forgácskeresztmetszet is. Grafikusan láthatóak a különböző anyagokban fellépő deformációk, valamint feszültségállapotok is. A kutatás célja, hogy jól közelíthető adatok lehessen kinyerni a szimulációs környezetből, amelyeket majd ipari célokra, előjelzésekre is lehessen alkalmazni.

Kulcsszavak: forgácstő, nyírási sík, szimuláció, forgácsoló erő.

1. FORGÁCSLEVÁLASZTÁS MECHANIZMUSA

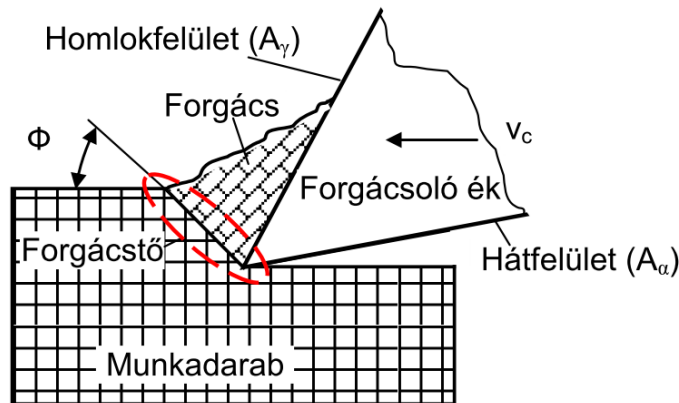


1. ábra. Szabad- és kötött forgácsolás [1]

A forgácsképződés mechanizmusát legegyszerűbb szabadforgácsoláskor vizsgálni. Szabadforgácsolásról van szó akkor, ha a szérszám csúcsa nem vesz részt a folyamatban, míg kötött forgácsoláskor a csúcs is forgácsol (1. ábra).

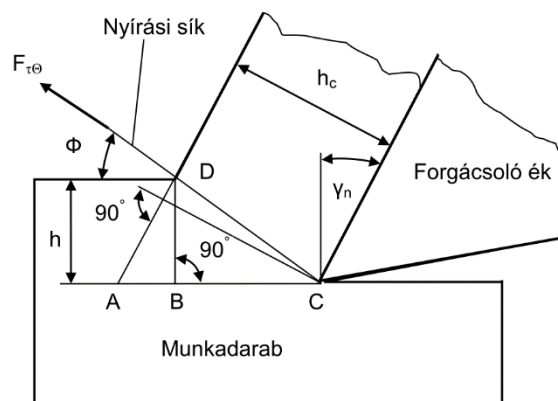
Az ábrán v_c – a forgácsolósebesség, f – az előtolás, b – a forgácsszélesség, h – az elméleti forgácsvastagság, χ_r – a főél elhelyezési szöge.

Szabadforgácsoláskor az oldalfelület jól megfigyelhető, a karcolással vagy raszterezéssel felvitt négyzetháló (pl. szimulációk elvégzésekor) deformációjából következtetni lehet az alakítás jellegére és mértékére (2.ábra). A nyírási zóna körülhatárolható, és mód van a nyírási sík Φ hajlásszögének meghatározására is.



2. ábra. Nyírás zóna [1]

A hajlásszög nagysága egy adott felület forgácsolásakor elsősorban a technológiai paraméterektől és az élgeometriától függ. Ezt támasztja alá az 3. ábra szerinti egyszerűsített forgácsleválasztási modell is.



3. ábra. Nyírási sík értelmezése [1]

Az ábra jelöléseivel a következő összefüggés írható:

$$\tan \Phi = \frac{h \cdot \cos \gamma_n}{h_c - h \cdot \sin \gamma_n} \quad (1)$$

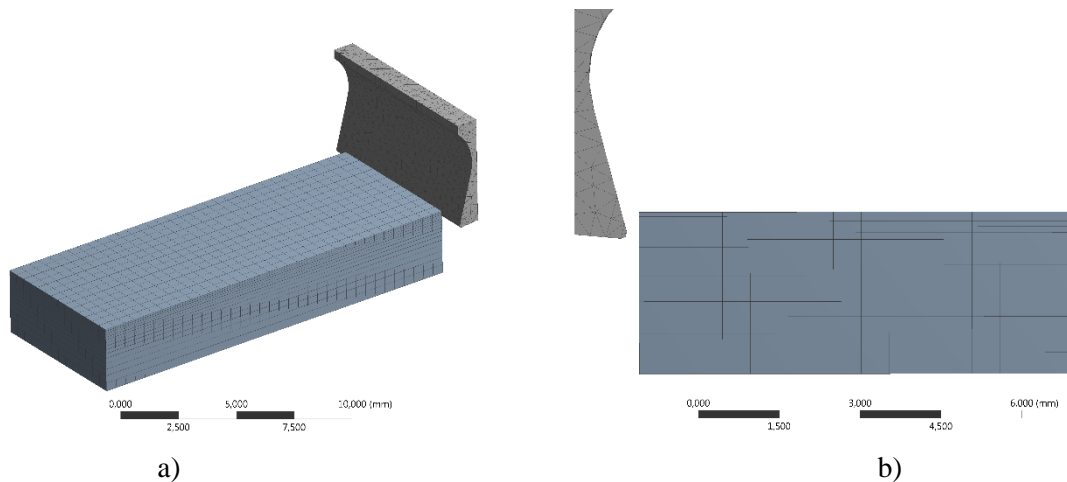
A képletekben Φ – a nyírási sík hajlásszöge, h_c – a valóságos forgácsvastagság, γ_n – a forgácsoló ék. Az 1.összefüggés alapján megállapítható, hogy a forgács-alakváltozás mértékétől és a homlokszög nagyságától függ a nyírási sík hajlásszöge, ami viszont a forgácsolóerő nyíró komponensének nagyságát befolyásolja. Növekvő Φ -szöggel csökken a nyíróerő ($F_{\tau\Phi}$), mivel kisebb a nyírási sík területe ($A\Phi$).

$$F_{\tau\Phi} = A\Phi \cdot \tau_{ny} = (CD) \cdot b \cdot \tau_{ny} \quad (2)$$

ahol τ_{ny} – a forgácsolt anyag nyírószilárdsága. [1]

2. SZIMULÁCIÓK MENETE

A forgácsolási szimulációk során az ANSYS WORKBENCH 17.2 szoftver volt alkalmazva. A véges elemes szoftver „explicit dynamics” modulja képes kezelni a forgácsolás közben fellépő szituációkat, azonban ez a számítógépek teljesítményére erőteljesen kihat. A szimulációk készítése során folyamatosan diagnosztizálva volt a memória és a processzor terheltsége, tekintettel a fenn említett problémákra.



4. ábra. Alapbeállítások a szimulációs környezetben

a) Izometrikus nézet hálózással, b) oldalnézet

A szimulációk során kétféle anyag vizsgálata történt: alumínium és acél. Ezen anyagok tulajdonságai megtalálhatóak a szimulációs szoftver anyagkönyvtárában is. A beállítások során a szerszám anyagtulajdonsága „rigid”-nek és a munkadarab „flexible”-nek lett állítva. Ez azt jelentette, hogy a forgácsolási folyamatok során feltételezve volt, hogy a szerszám nem szenved deformációt – ez persze nem valós, mivel a forgácsoló erők nagy hatással vannak a szerszámok deformációjára is. Ezen kívül forgácsoló sebesség 200m/min értékre lett állítva. Az összes többi paramétert az összeállítási modell örökölte a CAD környezetből (1. táblázat).

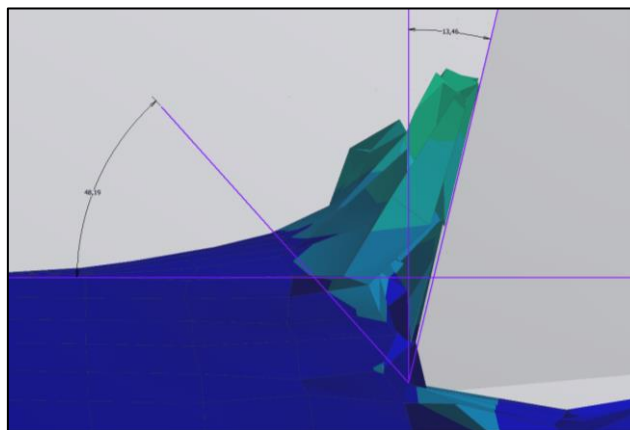
Beállítási és mért paraméterek

1. táblázat

Szimulációk száma	Nyírási szög Φ [°]	Homlokszög γ_n [°]	Forgácsoló sebesség v_c [m/min]	Fogács vastagság h [mm]	Forgács szélesség b [mm]
1	48,2°	13,5°	200	1	7
2	25,9°	13,5°	200	1	7

Támaszként a munkadarab alsó része lett használva, megpróbálva a lehető legvalóságosabb szituációt – felhelyezve a szerszámgép asztalára – megvalósítani.

A szimulációk (több óra) lefuttatása után a nyírási szög kiértékelések CAD szoftver környezetben lettek megvalósítva (5. ábra).



5. ábra. Alapbeállítások a szimulációs környezetben

3. KIÉRTÉKELÉS

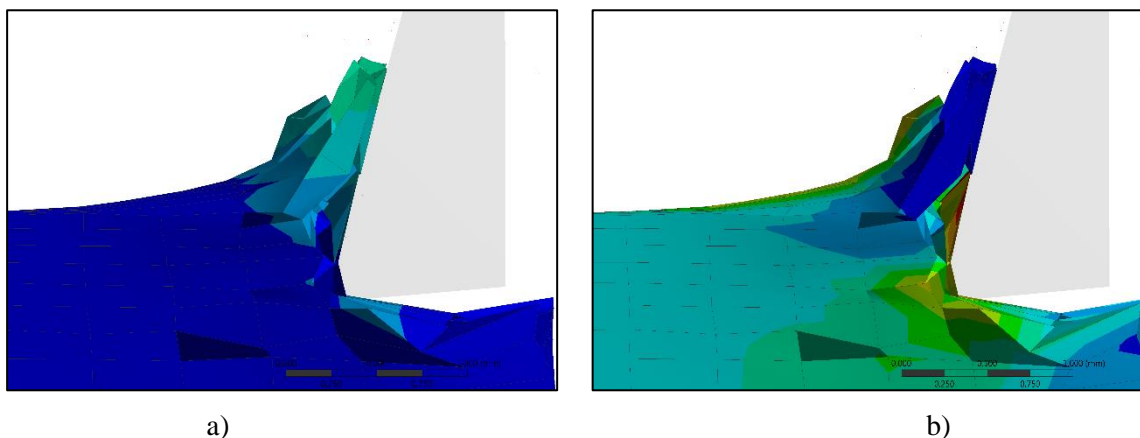
Az adatok kimérését követően már analitikusan is számolható volt a (3. ábra) alapján a CD szakasz hossza, valamint a forgácstőben lévő keresztmetszet is a (2) összefüggésből. Ezeket a számított értékeket a 2. táblázat tartalmazza.

A szimulációk lefuttatását követően két paraméter lett figyelve: forgácstő deformációja, valamint feszültségállapota. A 6-7. ábrákon jól figyelhetők ezek a jelenségek is. Kimondható az is, hogy a különböző anyagok más és más módon viselkednek, amely teljesen kihat a forgácsolás további folyamataira is. Az alumínium alapanyag vizsgálatakor jól kivehető a nagy mértékű deformáció, amely nem csak a forgácstőben hanem a maga az alapanyagban is megjelenhet. Az acél munkadarab vizsgálatakor ez a jelenség kevésbé kiemelkedő, viszont a forgácstömörödés sokkal nagyobb mértékben jelenik meg. A feszültségállapotok is jól mutatják a különböző munkadarabok közti különbséget, amely húzó feszültség létrejöttékor, akár káros hatásokkal is bírhat.

Mért és számolt paraméterek

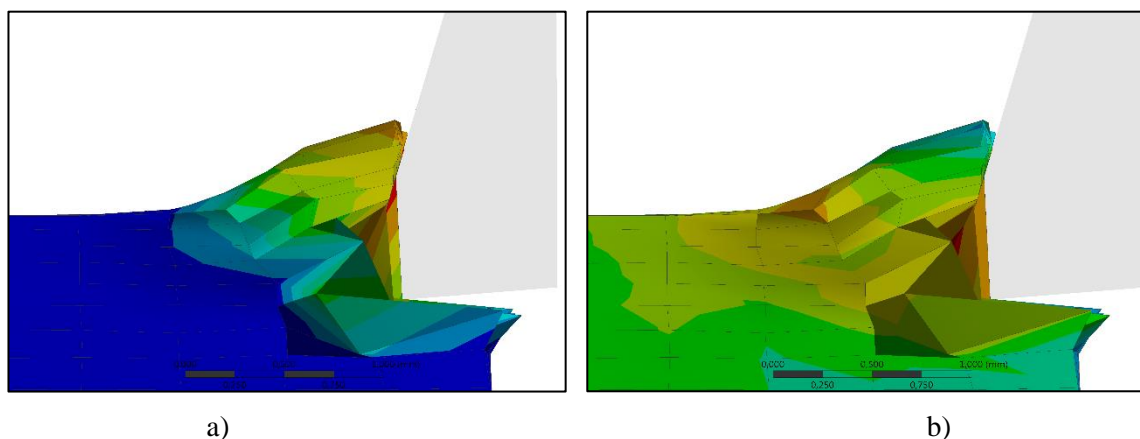
2. táblázat

Szimuláció száma	Nyírási szög Φ [°]	Szakasz hossz CD [mm]	Forgácskeresztmetszet A [mm ²]	Várható nyíró erő $F\tau\Phi$ [N]
1	48,2°	1,4	9,98	1497,52
2	25,9°	3,2	22,41	13451,12



6. ábra. Alumínium munkadarab szimulációs eredménye

a) Maximális deformáció, b) Feszültségállapot



7. ábra. Acél munkadarab szimulációs eredménye

a) Maximális deformáció, b) Feszültségállapot

ÖSSZEGZÉS

Az eredmények értékelései alapján elmondható, hogy a forgácsolási szimulációk jól adaptálhatók a valóságos környezetbe is. Ez azt jelenti, hogy a mai modern számítógépes rendszerek képesek jól közelíteni a forgácsolás fizikai és anyagleválasztási körülményeket. A kapott és analitikusan meghatározott eredmények alapján az is elmondható, hogy a nyírási sík CD szakasza különböző értékeket mutatott más-más munkadarab anyagminőség használatakor. Az alumínium forgácsolási szimulációknál kivehető, hogy sokkal rövidebb a CD szakasz (valamivel több, mint $\frac{1}{2}$ értékkel az acélhoz képest) hossza. Ez az anyag nyírószilárdságával magyarázható, de értelmezhető kezdetleges HSC megmunkálásnak is abban értelemben, hogy az anyag-lágyulás (hőmérséklet következtében) hatására megváltozik a nyírási szög értéke (növekedni kezd). Ez pedig a nyíróerő ($F\tau\Phi$) csökkenését is eredményezi egyben. Az analitikusan számított értékek ezt alá is támasztják, ahol az erők közti különbség $1/10$ értéket is képvisel. A nagyobb értékű nyíróerő számok a $b = 7\text{mm}$ értékkel magyarázhatók. Kisebb b (pl. 2 mm) értékeknél az alumínium munkadarab esetében a nyíróerő értékek megközelítőleg a 400N értéket képviselik.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.4.3-16-2016-00002 „Felsőoktatási intézményi fejlesztések a felsőfokú oktatás minőségének és hozzáférhetőségének együttes javítása érdekében a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Kodácsy J.: Gégyártás, KF GAMF Kar, Kecskemét, 2010. ISBN: 9789637294815
- [2] A. Maurel-Pantel, M. Fortaine, S. Thibaud, J. C. Gelin: 3D FEM simulations of shoulder milling operation on a 304L stainless steel. Simulation Modelling Practice and Theory, pp. 13-27., DOI: 10.1016/j.simpat.2011.10.009