FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

CBN FORGÁCSOLÓ SZERSZÁMOK KOPÁSÁNAK VIZSGÁLATA

RÁCZKÖVI László

Abstract

The tool life of cutting tools is determined by the extent of its wear. Therefore it is important to know which cutting parameters and how are they affected to the wear processes. During hard turning occurs abrasive, adhesion and diffusion wear mechanism simultaneously. Of these wear mechanism, what will be the dominant mainly depend on cutting conditions and cutting temperature. All wear models determine a wear rate belong to a mechanism of wear. In this publication using the Usui's wear model we determine the wear volume loss of cutting tool and the coefficients of wear model in case of roughing and finishing.

Key words: CBN, hard turning, tool wear

Összefoglalás

A forgácsoló szerszámok élettartamát a szerszámkopás mértéke határozza meg. Ezért fontos ismernünk, hogy a kopás milyen mechanizmusok szerint megy végbe és ezek hogyan függnek a forgácsolási paramétereiktől. Keménysztergáláskor abrazív, adhézios és diffúziós kopási folyamatok egyidejűleg mennek végbe. A domináns kopási folyamat a forgácsolási feltételektől illetve a forgácsolási hőmérséklettől függ. Mindegyik kopásmodell egy-egy kopási mechanizmushoz tartozó kopási rátát határoz meg. Jelen publikációban az Usui-féle adhézios kopásmodellt felhasználva határozzuk meg a szerszámról lekopott anyagtérfogatot, illetve a kopásmodell együtthatóit nagyoló és simító keménysztergálás esetén.

Kulcsszavak: CBN, keménysztergálás, szerszámkopás,

1. Bevezetés

Keményesztergálással nagy keménységű (> 50 HRC), edzett alkatrészeket munkálunk meg. Ennek következtében a szerszámél fokozott igénybevételnek van kitéve, ezért a szerszám anyagának szigorú követelményeket kell kielégíteni. A CBN anyagok nagy hőszilárdságuknak, kopási ellenállásuknak, kis és nagy hőmérsékleten is állandó keménységüknek, nagy hővezető képességüknek és kis hőtágulási együtthatójuknak köszönhetően megfelelnek ezeknek a szigorú követelményeknek [1]. A forgácsoló szerszámok eléletlenedését a forgácsolási folyamat során lejátszódó különböző kopási mechanizmusok okozzák. A fémforgácsolás során három fő kopási mechanizmus figyelhető meg: abrazív-, adhézios- és diffúziós kopás [2], [3]. A forgácsolás során mindhárom kopási folyamat egyidejűleg megjelenik, és a forgácsolási feltételektől függően egyik, vagy másik lesz a domináns. Az adhézios és diffúziós kopás termikusan aktivált folyamatok, ezért ezek nagyobb forgácsolási hőmérsékleten meghatározóak, míg alacsony hőmérsékleten az abrazív kopási mechanizmus az erőteljesebb [4]. Jelen cikkben az Usui-féle adhézios kopásmodell együtthatóit határozzuk meg nagyoló és simító megmunkálás esetén. A modellben szereplő fizikai mennyiségeket véges elemes szimulációval nyerjük, a modell együtthatóit pedig a kísérleti eredményekhez való illesztéssel a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva.

2. Forgácsolási kísérletek és eredményei

A forgácsolási kísérletek során CBN szerszámmal munkáltunk meg $d=62$ mm átmérőjű furatot nagyoló és simító megmunkálással. A nagyoló megmunkálást $a_p=0,3$ mm és $f=0,24$ mm/ford., a simító megmunkálást $a_p=0,05$ és $f=0,12$ mm/ford. fogásmélység és előtolás értékekkel végeztük el. A simításnál alkalmazott forgácsolósebesség $v_c=165$ m/min, nagyolásnál $v_c=162$ m/min volt. A munkadarab 16MnCr5 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: $\alpha_0=6^\circ$, $\beta_0=80^\circ$, $\gamma_0=-6^\circ$, $\kappa_r=95^\circ$, $r_e=0,8$ mm, $b_e=0,1$ mm, $r_\beta=20$ μ m, az élettörés szöge 20° . A kísérletek során 20, 40, 60, 80 darab alkatrész megmunkálása után optikai mikroszkóppal mértük a forgácsoló lapka hátkopását.

3. Kopási ráta meghatározása nagyoló és simító megmunkálás esetén

1978- ban Usui et. al. FDM (finite differential method) módszerrel meghatározta a kráterkopás és a hátkopás mértékét, felhasználva az általuk kifejlesztett adhéziós kopást leíró (1) egyenletet [5]:

$$w = C v_s \sigma_f e^{\left(\frac{-\lambda}{T}\right)} A \cdot t \quad (1)$$

ahol: w : a lekopott anyagtérfogat, (mm^3); v_s : a relatív csúszási sebesség a szerszám/munkadarab érintkezési felületén, (mm/s); σ_f : az érintkezési felületen kialakuló normál feszültség, (N/mm^2); T : az abszolút hőmérséklet, (K); A : a súrlódási felület, (mm^2); t : a forgácsolási idő, (s); C , λ : a szerszám/munkadarab anyagpárosítástól függő állandók. A forgácsoló szerszám kopásának szimulációját DEFORM V10 2D szoftverrel végeztük el ortogonális forgácsolás esetén. A forgácsolás végeeselemes szimulációhoz az 1. és 2. táblázatban összefoglalt fizikai paramétereket alkalmaztuk.

1. táblázat. Alacsony CBN tartalmú szerszám anyagtulajdonságai [6]

Sűrűség, kg/m^3	4370	Hőtágulási együttható, $1/^\circ\text{C}$, $\times 10^{-6}$	4,9
Fajlagos hőkapacitás, $\text{J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$	750	Young modulus, MPa	600000
Hővezetési tényező, $\text{W}/(\text{mK})$	4,4	Poisson tényező	0,17

2. táblázat. 16MnCr5 (62HRC) acél fizikai tulajdonságai és Johnson-Cook paramétere

Sűrűség, kg/m^3	7700	Johnson-Cook paraméterek [7]	
Fajlagos hőkapacitás, $\text{J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$	460	A, MPa	400
Hővezetési tényező, $\text{W}/(\text{mK})$	25	B, MPa	680
Hőtágulási együttható, $1/^\circ\text{C}$, $\times 10^{-6}$	16	C	0,057
Young modulus, MPa	200000	n	0,4
Poisson tényező	0,27	m	0,7

A szimuláció eredményeinek felhasználásával a kísérleti eredményekhez való illesztés után a forgácsoló szerszámról lekopott anyagtérfogatot az Usui – féle adhéziós kopásmodellel számítottuk ki. A mért hátkopás alapján számított lekopott szerszámanyag térfogatot a [8] alapján határoztuk meg, figyelembe véve a szerszám élettörésénél lévő nagy negatív homlokszöget (2).

$$V = \frac{VB^2 \tan \alpha}{2(1 + \tan \alpha \cdot \tan \beta)} \quad (2)$$

ahol: V : lekopott anyagtérfogat, (mm^3); VB : a hátkopás mértéke, (mm); α : ortogonál hátszög, ($^\circ$); β : élettörés szöge az ortogonál síkban, ($^\circ$). A végeselem szimuláció által állandósult állapotnál szolgáltatott abszolút hőmérséklet, normál feszültség és relatív súrlódási sebesség felhasználásával meghatároztuk a kísérleti eredményekhez illesztett (1) kopásmodell C és λ együtthatóit nagyoló és a simító megmunkálás esetén. Ezeket az együtthatókat a 3. táblázatban foglaltuk össze. A forgácsolás állandósult állapotában a relatív csúszási sebesség és a normál feszültség értéke állandó, az abszolút hőmérséklet pedig a forgácsolási idő növekedésével exponenciálisan növekszik. Az abszolút hőmérséklet változását a forgácsolási idő függvényében az 1. ábra mutatja nagyoló és simító megmunkálás esetén.

1. ábra. Az abszolút hőmérséklet változása a forgácsolási idő függvényében

3. táblázat. A (1) kopásmodell együtthatói és a végeselem modell alapján meghatározott relatív csúszási sebesség és normál feszültség

	Az (1) kopásmodell együtthatói		Relatív csúszási sebesség	Normál feszültség
	C , mm^2/N	λ , K	v_s , mm/s	σ_p , N/mm^2
Nagyolás	3.956E-12	1770	1600	1190
Simítás	2.5E-12	2115	1960	949

A 2. ábrán a szerszám anyagának az adhézios kopás okozta térfogatcsökkenését szemléltettük a forgácsolási idő függvényében nagyoló és simító megmunkáláskor.

4. Következtetések

A 2. ábrán látható, hogy az Usui féle adhézios kopásmodell segítségével meghatározott lekopott anyagtérfogat jól illeszkedik a kísérleti eredményekhez. Az is megfigyelhető, hogy a lekopott anyagtérfogat simító megmunkálás esetén kisebb, mint nagyoló megmunkálásnál. Ennek oka, a nagyoló megmunkálás esetén kialakuló intenzívebb hátkopás és az ebből következő nagyobb mértékű anyagvesztés a szerszámon. A C együtthatókat vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy nagyoló megmunkálás esetén nagyobb értéket kapunk, mint simító megmunkálásnál. A λ együtthatókat összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy nagyoló megmunkálás esetén kisebb értéket kapunk, mint simító megmunkálásnál. A C együttható növekedésének oka, hogy a lekopott anyagtérfogat C -vel egyenesen arányosan változik. A λ együttható csökkenésével viszont a lekopott anyagtérfogat fordítottan arányos.

a) nagyoló megmunkálás

b) simító megmunkálás

2.ábra. A lekopott anyagterfogat változása a forgácsolási idő függvényében nagyoló és simító megmunkálás esetén

Ennek oka, hogy nagyoló megmunkálás esetén a nagyobb normálfeszültség következtében a szerszám munkadarab érintkező felületén nagyobb a súrlódási energia, ez intenzívebb hőfejlődést eredményez, ami a kisebb λ értéknél az (1) összefüggés exponenciális tagjának növekedésében nyilvánul meg. A nagyobb hőfejlődés a szerszám anyag keménységének csökkenését és a szerszám felületi rétegének szövetszerkezeti változását okozza [9], növelve ezzel a szerszámkopás mértékét.

Köszönetnyilvánítás

„A cikkben/előadásban ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Irodalom

- [1] Vitor Augusto A. de Godoy, Anselmo Eduardo Diniz: Turning of interrupted and continuous hardened steel surfaces using ceramic and CBN cutting tools. Journal of Materials Processing Technology 2011.
- [2] Davies, M. A., Chou, Y., Evans, C. J.: "On Chip Morphology , Tool Wear and Cutting Mechanics in Finish Hard Turning", CIRP Ann., 45(1), pp.77-82 1996.
- [3] Narukati, N., Yamane, Y.: Tool Wear and Cutting Temperature of CBN Tools in Machining of Hardened Steels, CIRP Ann., 45(1), pp. 23-28. 1979.
- [4] Mathew P., Use of Predicted Cutting Temperatures in Determining Tool Performance. International Journal of Machine Tools & Manufacture 29 (4) 481-497 1989.
- [5] E. Usui, T. Shirakasi, T. Kitagawa: Analytical prediction of three dimensional cutting process, part 3: cutting temperature and crater wear of carbide tool, Trans. ASME J. Eng. Mater. Technol. 100 1978 236-243.
- [6] S. N. M. Anand Ramesh, Modeling of white layer formation under thermally dominant, International Journal of Machine Tools & Manufacture 48 (2008) 402–414.
- [7] ČSN 41 4220/ISO 683/11-70
- [8] M.C. Shaw, Metal Cutting Principles, Clarendon Press, Oxford, 1984. p.225.
- [9] A. G. Mamalis, J. Kundrak and M. Horvath: Wear and Tool Life of CBN Cutting Tools. Int J Adv Manuf Technol (2002) 20:475–479.

Ráczkövi László, tanársegéd

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék

Cím: 3515, Magyarország, Miskolc-Egyetemváros, E-mail: laszlo.raczkovi@uni-miskolc.hu