XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

A FORGÁCSOLÓERŐ MODELLEZÉSE MINIMÁL-KENÉS ESETÉN

Dr. Varga Gyula

Abstract

In this paper the force model has been applied for estimate cutting forces at minimal quantity lubrication based on the cutting theory made by Oxley. The suggested model contains the lubricating and cooling effect of minimal quantity machining.

Összefoglalás

A dolgozatban az erő modell került bemutatásra, a minimál kenéses megmunkálás forgácsoló erők becslésére az Oxley forgácsolási elméletére alapozva. A minimál kenéses megmunkálás kenő és a hűtő hatását a javasolt modell tartalmazza.

1. Bevezetés

A szakirodalomban található legtöbb minimál-kenéses megmunkálásra vonatkozó tanulmány empirikus és kvalitatív [1]. Itt egy analitikai megközelítés következik a minimál-kenésnél ébredő forgácsoló-erők kvantitatív modelljének meghatározására, mely az Oxley erő modell szerint tartalmazza a hűtő- és kenő hatást. A forgácsoló erők kiszámíthatók az éles szerszámra. A Kinzle-Viktor összefüggés alapján a kopott szerszámra jellemző forgácsolóerők kiszámíthatók, a szerszámkopás miatti korrekciós tényezők használatával. Smithey és társai szerint a forgácsolásnál ébredő erők az éles késnél adódó forgácsolóerő és a hátkopással rendelkező szerszámok forgácsolóerői összegeként határozható meg [2].

Az belső hűtéshez, kenéshez alkalmazott kenőanyag a szerszám forgácsolóéléhez került sűrített levegő segítségével a fúróban lévő két spirális furaton keresztül. A minimál-kenéses megmunkálás elvére alapozott Oxley modell [3] módosítása elvégezhető az éles szerszámra vonatkozóan. A következőkben a súrlódási félkúpszög meghatározása következik, amelyből a szerszám-forgács érintkezésénél lévő tangenciális és normál erők arányát határozhatjuk meg a Kato és társai féle [4] határkenés elmélet modellre alapozva. Az eredményeződő súrlódási szöget aztán az Oxley modellben használjuk fel, hogy figyelembe vegyük a minimál-kenés kenő hatását.

Ellenőrzésképpen, a becsült forgácsolóerő értékeit összehasonlítjuk az GG200 jelű öntöttvas bevonat nélküli keményfém fúroszerszámmal végzett kísérleti adataival.

2 Erőmodell éles szerszám esetén

2.1 A határkenés elméletre alapozott minimál-kenéses súrlódási együttható

A minimál-kenéses megmunkálásnál alkalmazott olaj-levegő keverék megváltoztatja a szerszám-

forgács érintkezésnél a súrlódási tényező értékét. Mivel folytonos forgácsolófolyadék-film nem alakul ki, a határkenés elmélet egy sokkal megfelelőbb leírása a minimál-kenéses megmunkálási feltételeknek. Ekkor, a terhelés kis részét veszi fel az érdes felületű érintkezés és a további részt a forgácsoló folyadék viszi. Az erőkomponensek következőképpen fejezhetők ki [5]:

$$F_s = s_f A_f + s_k A_k \quad (1)$$

$$F_n = p_f A_f + p_k A_k \quad (2)$$

ahol:

F_s	Súrlódási erőkomponens
F_n	Normál erőkomponens
A_k	Adszorbeált kenőfilm érintkezési területe
A_f	A fémes érintkezés területe
s_k	Nyírófeszültség az érintkezési felületen lévő adszorbeált filmnél
s_f	Nyírófeszültség a fémes érintkezési területnél
p_k	Átlagos érintkezési nyomás az adszorbeált kenőfilmmel rendelkező érintkezési felületnél
p_f	A fémes érintkezésnél ható nyomás

A súrlódási együttható a (1) és (2) egyenletekből számítható:

$$\mu = \frac{s_f A_f + s_k A_k}{p_f A_f + p_k A_k} = \frac{C_1 A_f + C_2 C_3 A_k}{A_f + C_2 A_k} \quad (3)$$

ahol

$$C_1 = \frac{s_f}{p_f}, \quad C_2 = \frac{p_k}{p_f}, \quad C_3 = \frac{s_k}{p_k} \quad (4)$$

A fémes érintkezési terület A_f és az adszorbeált kenőfilm érintkezési területe A_k a következőképpen számítható a Kato és társai [9] által bemutatott modell alapján:

$$A_f = C_4 a_s^3 \quad (5)$$

$$A_k = C_4 \left\{ (a_s + t_k)^3 - a_s^3 \right\} \quad (6)$$

ahol: $C_4 = \frac{\pi R n_0 D^2}{6 H_{\max}^2} \quad (7)$

$H_{\max}$	Érdességmagasság eloszlása	D	Az eloszlásfüggvény hajlásszöge
R	Érdességmérő csúcssugara	a_s	A két felület közeledése
n_0	Teljes érdesség szám	t_k	Hatékony adszorbeált kenőfilm réteg

A (3), (5) és (6) egyenletekből, a súrlódási együttható számítható:

$$\mu = \frac{C_1 a_s^3 + C_2 C_3 \left\{ (a_s + t_k)^3 - a_s^3 \right\}}{a_s^3 + C_2 \left\{ (a_s + t_k)^3 - a_s^3 \right\}} \quad (8)$$

2.2 Az Oxley forgácsolási elmélet módosítása minimál-kenéses forgácsolásra

Az Oxley forgácsoláselmélet módosítása használható a kenő hatás súrlódási szögére való hatásának

számbavételére. A (2) egyenletben lévő F_n normál terhelés kezdeti várható értéke megkapható az Oxley modelből teljesen száraz esetre. Azt szintén észrevették, hogy amikor az abszorbeált kenőfilm vastagság (t_k) nullával egyenlő, akkor az a teljesen száraz eset. Továbbá, amikor t_k nullával egyenlő, a (8) egyenlet

$$\mu = C_1 \quad (9)$$

alakú lesz. Éppen ezért, a (9) egyenletben lévő C_1 együttható a súrlódási tényező értékével becsülhető az Oxley modelből a száraz megmunkálási esetre. A C_2 és C_3 együtthatók kísérleti adatokból és az anyagi tulajdonságokból határozhatók meg.

2.3 Az egyenértékű forgácsolóék modell ferde szabadforgácsolás esetén

Azért, hogy az előzetes ortogonális modell előnyeit alkalmazzuk, az egyenértékű forgácsolóél elvét adaptáljuk [6] a ferde szabadforgácsolás esetére. Ezt a háromdimenziós ferde szabadforgácsolási modellt számos kutató használta, pl.: Oxley [3] és Arsecularatne és társai [6] is. Az egyenértékű forgácsolóél a forgács áramlás irányában van meghatározva. Ha egyszer a forgács áramlási irányát meghatároztuk, a forgácssterelő szög λ_c^* , amely az ekvivalens forgácsolóél és a forgács áramlási irány között van a szerszám homlokfelületén meghatározható Stabler műve [7] alapján:

$$\lambda_c^* = i^* \quad (12)$$

ahol: i^* Ekvivalens forgácsáramlási szög λ_c^* Ekvivalens forgácssterelő szög

Ezután a főforgácsoló erő és az előtolás irányú erő, F_c és F_f , az ekvivalens ortogonális forgácsolás kiszámítható az ekvivalens elméleti forgácsvastagsággal, forgács szélességgel és a megfelelő szerszám szögekkel. A forgácsoló erők áttanszformálhatók az ortogonális forgácsolásból a 3D-s diagonális forgácsolássá a következő egyenletekkel [6]:

$$F_1 = F_c \quad (13)$$

$$F_2 = F_t \cos \kappa_r^* + F_r \sin \kappa_r^* \quad (14)$$

$$F_3 = F_t \sin \kappa_r^* - F_r \cos \kappa_r^* \quad (15)$$

ahol F_1 , F_2 és F_3 a forgácsoló sebesség, az előtolás irányú és a passzív forgácsoló erő komponens, és

$$F_r = \frac{F_c (\sin i^* - \cos i^* \sin \alpha_n^* \tan \lambda_c^*) - F_t \cos \alpha_n^* \tan \lambda_c^*}{\sin i^* \sin \alpha_n^* \tan \lambda_c^* + \cos i^*} \quad (16)$$

F_t Axiális (előtolásirányú) erő α_n^* Ekvivalens forg. él normál hátszög

F_r Az F_c -re és F_t -re merőleges erő. κ_r^* Ekvivalens főélelhelyezési szög

3 Mérési eredmények és értékelésük

Az erőkomponensek (F_c), (F_p) és (F_f) mérési eredményei

Esztergáláskor a 3 egymásra merőleges erőkomponens értékét *mértük* BC3 anyagminőségű munkadarab esetén. Egy mérési regisztrátum látható az 1. ábrán [8].

1. ábra. A 3 egymásra merőleges erőkomponens mérési eredménye esztergáláskor [8]

A modellel kapott forgácsoló erő összehasonlításra került BC3 anyagminőségű acélok bevonat nélküli keményfém szerszámokkal végzett forgácsolásával kapott kísérleti adatokkal.

4. Következtetések

A tanulmányban a minimál kenéses megmunkálásnál ébredő forgácsoló erők modellezése került bemutatásra, az Oxley forgácsolási elmélet továbbfejlesztésével.

Köszönetnyilvánítás

A szerző megköszöni a PL-2/2008 számú Magyar - Lengyel kormányközi Tét együttműködés pénzügyi támogatását, melyet az NKTH és külföldi szerződött partnere támogatott.

Felhasznált irodalom

- [1] Liang, S.Y. and Sutherland, J.W., 2002, "Research Status of MQL in Machining," *Proceedings of the First International Workshop on High Performance Cutting*, Paris, pp. 39-49.
- [2] Smithy, D.W., Kapoor, S.G., and DeVor, R.E., 2001, "A new mechanistic model for predicting worn tool cutting forces," *Machining Science and Technology*, 5(1), pp. 23-42.
- [3] Oxley, P.L.B., 1989, *The Mechanics of Machining: An Analytical Approach to Assessing Machinability*, E. Horwood New York.
- [4] Kato, S., Marui, E., and Hashimoto, M., 1998, "Fundamental study on normal load dependency of friction characteristics in boundary lubrication," *Tribology Transactions*, 41(3), pp. 341-349.
- [5] Moore, D.F., 1975, *Principles and Applications of Tribology*. 1st ed, Pergamon Press, Oxford, New York.
- [6] Arsecularatne, J.A. and Mathew, P., 2000, *Oxley modeling approach, its applications and future directions*, *Machining Science and Technology*, 4(3), pp. 363-397.
- [7] Stabler, G. V., 1951, "The Fundamental Geometry of Cutting Tools" *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 165, pp. 14-26
- [8] Dudás, I., Csermely, Varga Gy.: *Határozott élű szerszámokkal végzett kísérletek számítógépes mérés technikája*, VIII. Nemzetközi Szerszámkonferencia, Miskolci Egyetem, Miskolc, 1993. aug. 30 – szept. 01, pp.: 519 - 526
- [9] Kato, S., Marui, E., and Hashimoto, M., 1998, *Fundamental study on normal load dependency of friction characteristics in boundary lubrication*, *Tribology Transactions*, 41(3), pp. 341-349.

Dr. Varga Gyula, PhD, egyetemi docens

Miskolci Egyetem, Gépgyártástechnológiai Tanszék, H-3515, Miskolc, Egyetemváros, Magyarország
Tel.: +36 46 565 111 / 1521, Fax: +36 46 364 941, E-mail: gyulavarga@uni-miskolc.hu