FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

MARADÓ FESZÜLTSÉGEK ALAKULÁSA A MUNKADARAB FELÜLETI RÉTEGÉBEN A SZERSZÁM- HOMLOKSZÖG NAGYSÁGÁNAK FÜGGVÉNYÉBEN

SZABÓ Gergely

Abstract

By the investigation of the surface integrity of hard turned workpieces we have to consider the characteristic and the value of the residual stresses in the workpieces' surface layer. In this paper the effect of the tool rake angle is investigated, with the application of numerical simulation, on the formation of the compressive residual stresses in the machined surface layer, analysing a relatively wide interval of the tool rake angle value.

Keywords:

hard turning, tool rake angle, finite element method, residual stresses

Összefoglalás

A keménysztergálással megmunkált munkadarabok felületi integritásának vizsgálatakor mindenképp figyelembe kell venni a munkadarab felületi rétegében a maradó feszültségek jellegét és nagyságát. Ebben a cikkben a szerszám homlokszögének hatását vizsgáljuk –numerikus szimuláció segítségével- a kialakuló nyomó maradó feszültségekre a megmunkált felületi rétegben, a homlokszög értékének viszonylag széles intervallumát vizsgálva.

Kulcsszavak:

keménysztergálás, szerszám homlokszög, végeelem módszer, maradó feszültségek

1. Bevezetés

Az edzett alkatrészek működő felületeinek (>45 HRC) nagy pontosságú megmunkálásakor nem csak a munkadarab geometriai pontosságát kell vizsgálnunk, hanem a kialakított felületi réteg integritását is. A felületi réteg integritása alatt a gépészetben első sorban a felületi jellemzőket (mikrokeménység, mikro- és makrogeometriai jellemzők, szövetszerkezet, maradó feszültségek) értjük [1, 2, 3]. A munkadarab felületi integritásának egyik lényeges alkotóeleme az ún. maradó feszültségi állapot. A szakirodalomban található publikációk amellet foglalnak állást, hogy a forgácsolószerszám élgeometriája és ezen belül a szerszám- homlokszög nagysága jelentősen befolyásolhatja a maradó feszültségek jellegét és értékét is [1, 4, 7]. A nyomó maradó feszültségek kialakulása kívánatos a mechanikai igénybevételnek kitett alkatrészek felületi rétegében, mivel azok a felület keménységének és szilárdságának növekedését okozzák [1, 8, 9]. Alapvetően három csoportba soroljuk a maradó feszültségeket, ezek rendre: I. rendű- (makroszkópos), II. rendű- (mikroszkópos), III. rendű (szubmikroszkópos) maradó feszültség [1, 2, 3]. Az általunk vizsgált maradó feszültségek makroszkóposak. A feszültséget ortogonál forgácsolás esetén az előtolás irányában határoztuk meg

($\sigma_{\perp}$). A felületi integritás egyes elemeinek, így a maradó feszültségek elhelyezkedését szemléletesen mutatja be E. Brinksmeier elméleti modellje forgácsolással megmunkált felületek esetére (1. ábra).

1. ábra. A felületi réteg integritásának elemei forgácsolással megmunkált alkatrészeken [2]

A releváns szakirodalomban több szerző [4, 9, 10, 11] vizsgálta a szerszám- homlokszög hatását a kialakuló maradó feszültségekre. Többségük arra a következtetésre jutott, hogy bizonyos határok között a homlokszög csökkentése jelentős nyomó maradó feszültség növekedést idéz elő a megmunkált felületi rétegben. A numerikus szimulációval elvégzett kísérlet célja meghatározni az optimális szerszám- homlokszöget a vizsgált szögtartományban, amely alkalmazása mellett maximális nyomó maradó feszültségi állapot alakul ki a munkadarab felületi rétegében.

2. Az elvégzett kísérlet körülményei

A kísérletet a Third Wave Advant EdgeTM végeselemes (FEM) szoftver segítségével végeztük el. Lényeges a kísérlet előkészítésekor a megfelelő anyagmodell kiválasztása. A kísérlet során a szakirodalom [11, 12, 13] által ajánlott Johnson-Cook- féle anyagegyenletet használtuk fel. Az egyenlet alkalmazása praktikus, mert a mechanikai anyagjellemzők (pl. szakítószilárdság) mellett a feszültségértékeket a képlékeny alakváltozással és a hőmérséklettel hozza összefüggésbe. Az egyenlet és a vizsgált anyagra jellemző konstansok a jelölt szakirodalomban [14, 15, 16, 17] megtalálhatók. Az alkalmazott kísérleti adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. A FEM- szimuláció során alkalmazott kísérleti körülmények

Munkadarab jellemzők		Forgácsolási adatok	
Hosszúság	5 mm	Fogásmélység (a_p)	0.2 mm
Szélesség	3 mm	Vizsgált hossz (L)	3 mm
Anyagminőség	16MnCr5 (62HRC)	Előtolás (f)	0.2 mm/ford
Szerszámjellemzők		Vágósebesség (v_c)	180 m/min
Homlokszög (γ)	0°...-25°	Coulomb tény. (μ)	0.35
Élhossz 1 (l_1)	1.2 mm	Hűtés-kenés	Nincs
Hátszög (α)	6°	FEM-szimuláció adatai	
Élhossz 2 (l_2)	2 mm	Max. elemszám	24000
Élrádiusz (r_β)	0.01 mm	Max. elem méret	0.1 mm
Anyagminőség	PCBN	Min. elem méret	0.01mm

5. A kísérlet szimulációs eredményei

A FEM- szimuláció által szolgáltatott maradó feszültség értékek a 2. ábrán láthatók a felületi réteg diszkrét felvett mélységi pontjaiban. A maradó feszültségek értékeit közvetlenül a forgácsolólát alatt (0,05mm) és a már visszahűlt rétegben (3mm) is megvizsgáltuk. Látható a két vizsgálati pontban mérhető különbség. Ez azt a teóriát támasztja alá, hogy a maradó feszültségek kialakulása nem csak a mechanikai igénybevételtől, hanem a hőmérséklettől is függ [4, 5, 6].

a)

b)

c)

d)

e)

f)

2. ábra. A kialakult előtolás irányú maradó feszültség értékek a megmunkált felületi rétegben [16, 17]

7. Következtetések

A dolgozatban numerikus szimuláció segítségével vizsgáltuk, hogy ortogonál forgácsolás esetén miképpen változik az előtolás irányú maradó feszültségek jellege és értéke a szerszám- homlokszög nagyságának függvényében. Megállapítást nyert, hogy a vizsgált szögtartományban ($\gamma=0\ldots-25^\circ$) a felületi rétegben a közvetlen felszín kivételével kizárólag nyomó maradó feszültségek keletkeznek és

ezek a vizsgált tartományban növekednek a homlokszög csökkentésével. Tehát a vizsgált körülmények között mindenképp előnyös a $\gamma = -25^\circ$ élkialakítású szerszámél alkalmazását előírni a megmunkálás tervezésekor.

A tanulmány/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.

Ez a cikk a magyar Országos Tudományos Kutatási Alapítvány (**OTKA K 84177**) a támogatásával készült. A támogatásért a szerző ezúton is köszönetet mond.

Irodalom

- [1] Davim J. P. et al.: *Surface Integrity in Machining*. Springer Verlag, London, 2010. ISBN: 978-1-84882-873-2
- [2] Brinksmeier E.: *Prozeß- und Werkstückqualität in der Feinbearbeitung*, Habilitation Universität Hannover. VDI Verlag, Düsseldorf, 1991. ISBN 3-18-143402-7
- [3] Koch K. F.: *Technologie des Hochpräzisions- Hartdrehens*. Dissertation RWTH Aachen, Band 5/96, Shaker Verlag, Aachen, 1996. ISBN 3-8265-1392-4
- [4] Jochmann S.: *Untersuchungen zur Prozess- und Werkzeugauslegung beim Hochpräzisionshartdrehen*. Dissertation RWTH Aachen, Band 19/2001, Shaker Verlag, Aachen, 2001. ISBN 3-8265-9244-1
- [5] Brinksmeier F., Cammet J. T., König W., Lekovar P., Peters J., Tönshoff H. K.: *Residual stresses- measurement and causes in machining processes*. CIRP Annals Vol. 31/2, 1982, pp. 491-510.
- [6] Dahlmann P., Gunnberg F., Jacobson M.: *The influence of rake angle, cutting feed and cutting depth on residual stresses in hard turning*, Journal of Materials Processing Technology Vol. 147, 2004, pp. 181-184.
- [7] Shaw M. C.: *Metal Cutting Principles*. Oxford University Press, New York, 2005. ISBN 978-0-19-514206-8
- [8] Tönshoff H. K., Arendt C., Ben Amor R.: *Cutting of Hardened Steel*. CIRP Annals Vol 49., No. 2, 2000
- [9] Kundrak J.: *The Scientific Principles of Increasing the Effectiveness of Inner Surfaces' Cutting with CBN Tools*, Academic Doctoral Dissertation. Kharkov, 1996 p. 368 (In Russian)
- [10] Kundrak J., Mamalis A. G., Gyani K., Bana V.: *Surface Layer Microhardness Changes with High-Speed Turning of Hardened Steels*.
- [11] Al-Zkeri I.: *Finite Element Modeling of Hard Turning*. VDM Verlag Dr. Müller, 2009. ISBN 978-36-391-1034-0
- [12] Wright T. W.: *The Physics and Mathematics of Adiabatic Shear Bands*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002. ISBN 978-0-521-63195-2.
- [13] Cook R., D.: *Finite Element Modeling for Stress Analysis*. John Wiley & Sons INC. New York, 1995. ISBN 0-471-10774-3
- [14] Third Wave AdvantEdge™ User's Manual, Version 5.9
- [15] ČSN 41 4220/ISO 683/11-70
- [16] Szabó G., Kundrák J.: *Investigation on coherences between residual stresses and tool geometry by hard turning*. Hungarian Journal of Industrial Chemistry. Vol. 39/2, 2011, pp. 289-294.
- [17] Szabó G.: *A maradó feszültségek végelelemes vizsgálata keménysztergált felületekben*. Multidiszciplináris tudományok (A Miskolci Egyetem közleménye). Vol. 2/1/2012, pp. 147-156. HU ISSN 2062-9737

Szabó Gergely, doktorandus

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki- és Informatikai Kar, Gépgyártástechnológiai Tanszék

Cím: H-3515, Magyarország, Miskolc, Egyetemváros

Telefon / Fax: +36-46/565-111/15-18

E-mail: gergely.szabo@uni-miskolc.hu