FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

AZ ÁTLAGOS ÉRDESSÉG ELMÉLETI ÉRTÉKE ROTÁCIÓS ESZTERGÁLÁS ESETÉN

SZTANKOVICS István

Abstract

Rotational turning can be a solution for the disadvantages of the kinematic relations in traditional turning due to its special kinematic relations. For the comparison of this procedure to other machining methods the definition of the proper parameters are needed. The determination of the theoretical profile of surface roughness leads to values capable of the comparison. The theoretical value of total height of profile is defined in my previous researches. In this work the theoretical value of the arithmetic mean deviation is determined. The equation of the cut surface is available from my previous work however it is practical to simplify the equation first. After the simplification I define the integral for the particular sections of the curve so the equation of the theoretical value of the arithmetic mean deviation can be expressed

Keywords:

Arithmetic Mean Deviation, Rotational Turning, Theoretical Roughness

Összefoglalás

A rotációs esztergálás különleges mozgásviszonyainak köszönhetően megoldást jelent a hagyományos esztergálás mozgásviszonyaiból eredő hátrányokra. Ahhoz, hogy az eljárást összehasonlíthassuk más eljárásokkal, szükség van a megfelelő paraméterek meghatározására. Ilyen értékek kaphatóak az elméleti érdességi profiljának meghatározásával. Korábbi kutatómunkám során definiáltam a maximális érdesség elméleti értékét. Ebben a publikációban az átlagos érdesség elméleti értékének meghatározását írom le. A forgácsolt felület egyenlete korábbi kutatásomból rendelkezésre áll, azonban először célszerű ezt egyszerűbb alakra hozni. Ezt követően szükséges az egyenlet megfelelő szakaszaira vett integráljait meghatározni. Így kifejezhetővé válik az átlagos érdesség elméleti értéke.

Kulcsszavak:

átlagos érdesség, rotációs esztergálás, elméleti érdesség

1. Bevezetés

A rotációs esztergálás az esztergáló eljárások közül nemrég előtérbe került eljárás. Ennél a módszernél a szerszám éle csavarvonalban helyezkedik el, melynek középvonala párhuzamos a munkadarab középvonalával. A szerszám lassú forgatása mellett a munkadarab gyors forgatásával jön létre az állandó keresztmetszetű forgács leválasztása. Különleges mozgásviszonyának révén nagyon sima felületek érhetőek el a hagyományos simító esztergálás tartományában, illetve a műszaki rajzokon előírt érdességi kritériumok nagy termelékenységgel is biztosíthatóak [1]. Korábbi kutatómunkám során meghatároztam a forgácsolás során megmunkált felület elméleti érdességi profilját, valamint a maximális érdesség értékét. Jelen munkában az átlagos érdesség elméleti értékének meghatározásának

módját írom le. Ehhez szükséges a forgácsolt felület egyenletének egyszerűsítése, majd a szükséges műveletek (integrálások) elvégzésével megadható a keresett mutatószám.

2. A forgácsolt felület egyenletének megfelelő alakja

A rotációs esztergálás során keletkezett felület elméleti átlagos érdességének meghatározásához szükséges a forgácsolt felület egyenletének szerszámalapsíkban felírt alakja. A kutatómunkám korábbi szakaszában [2] meghatároztam a szükséges kifejezést, melyet az 1. és 2. egyenlet mutat. Az egyenletben és a cikk további részében alkalmazott jelölések: r_t , szerszámsugár; r_w , munkadarab megmunkált felületének sugara; a_w , középvonalak távolsága; α_t , terelőszög; ω_t , szerszám szögsebessége; ω_w munkadarab szögsebessége; v_a , kiegészítő axiális előtolás.

$$\xi(\zeta) = r_t \cos \left[\frac{\zeta + v_a t}{r_t \cot \alpha_t} + \psi(\zeta) + \omega_t t - \omega_w t \right] - a_w \cos(\psi(\zeta) + \omega_w t) \quad (1)$$

$$\psi(\zeta) = \tan^{-1} \left[\frac{r_t \sin \left[\frac{\zeta + v_a t}{r_t \cot \alpha_t} + \omega_t t - \omega_w t \right] - a_w \sin \omega_w t}{r_t \cos \left[\frac{\zeta + v_a t}{r_t \cot \alpha_t} + \omega_t t - \omega_w t \right] - a_w \cos \omega_w t} \right] \quad (2)$$

Mint látható, a fenti kifejezésben paraméteresen szerepel az idő. Így vizsgálható a forgácsolás folyamata különböző időpillanatokban. Az átlagos érdesség azonban időben állandó, ha az elméleti értékét vizsgáljuk. Ezért vehetem a $t = 0$ mellékfeltételt, mellyel az egyenlet alakja a következő:

$$\xi(\zeta) = r_t \cos \left[\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} + \tan^{-1} \left(\frac{r_t \sin \left(\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \right)}{r_t \cos \left(\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \right) - a_w} \right) \right] - a_w \cos \left[\tan^{-1} \left(\frac{r_t \sin \left(\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \right)}{r_t \cos \left(\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \right) - a_w} \right) \right] \quad (3)$$

A kifejezést tovább egyszerűsíthetem, ha figyelembe vesszük, hogy $a_w = r_t + r_w$. A két szög összegére vonatkozó trigonometrikus azonosság felhasználásával további összevonásokat végezhetek el. Ehhez figyelembe kell venni, hogy a 3. egyenletben található hányados értéke reális esetekben 0 és 0,01 közé esik (4. kifejezés szerint), ezért élhetnek az 5. egyenlet szerinti egyszerűsítéssel [3]. A fentieket figyelembe véve kapom az 1. egyenlet egyszerűsített alakját, mely a 6. egyenletben látható.

$$\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \approx 0 \dots 0,01 \quad (20 < r_t, \quad 30^\circ < \alpha_t < 50^\circ \rightarrow 0,8 < \cot \alpha_t, \quad \zeta = 0 \dots 0,5) \quad (4)$$

$$\cos \left(\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \right) \approx 1, \quad \sin \left(\frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \right) \approx \frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \quad (5)$$

$$\xi(\zeta) = -r_t \frac{\zeta}{r_t \cot \alpha_t} \sin \left[\tan^{-1} \frac{\zeta}{r_t - a_w \cot \alpha_t} \right] - r_w \cos \left[\tan^{-1} \frac{\zeta}{r_t - a_w \cot \alpha_t} \right] \quad (6)$$

A $\sin(\arctan(x))$ és $\cos(\arctan(x))$ függvényekre vonatkozó azonosságok felismerésével tovább egyszerűsíthetem az egyenletet. A lehetséges összevonásokat elvégezve kapom az 1. egyenlet egyszerűsített alakját (mellette az egyenlet origóba eltolts és tükrözött alakja látható):

$$\xi_0(\zeta) = -r_w \sqrt{1 + \left(\frac{\zeta}{r_w \cot \alpha_t} \right)^2}, \quad \xi(\zeta) = r_w \sqrt{1 + \left(\frac{\zeta}{r_w \cot \alpha_t} \right)^2} - r_w \quad (8)$$

3. Az átlagos érdesség elméleti értékének meghatározása

Az átlagos érdesség elméleti értékének meghatározásához először meg kell határozni a forgácsolt felület érdességi profil alapvonalának helyzetét. A rotációs esztergálás során keletkező felület profiljának alakját korábbi kutatómunkám során már meghatároztam [1]. Az 1. ábrán látható az elméleti profil átlagos érdesség szempontjából érdekes része. A szimmetriatulajdonságok miatt elegendő a görbe pozitív ζ irányába eső részét vizsgálni. Az alapvonal ξ irányban mért helyzete ($y_{fa/2}$) meghatározható, ha a 8. egyenlet görbéjének az eltolás (f_a) feléig vett határozott integrálját (AHG alakzat területe) elosztom a vizsgált szakasz hosszával ($f_a/2$). Az így definiált alapvonal fölötti rész (CFG alakzat) és alatti rész (ACD alakzat) területe megegyezik, ezért az átlagos érdesség meghatározásához elegendő az utóbbi részt vizsgálni. Az EDC alakzat területe meghatározható, ha az AMCD téglalap területéből kivonjuk az ABC alakzat területét. Ha a területeket elosztjuk a vizsgált szakasz hosszával (m) megkapjuk az átlagos érdesség kifejezésére alkalmas képletet. A fenti levezetést a 9. egyenlet mutatja. A területek meghatározásához a görbe megfelelő szakaszainak integrálásával jutunk. Azonban a 8. egyenletet analitikusan integrálva a gyakorlatban nehezen használható képlet kapható. Ezért közelítő, numerikus integrálás mellett döntöttem. Mivel a görbe emelkedése nagyon kicsi (1 milliméter alatt néhány micron [1]), ezért alkalmazhatom a trapézformulát a numerikus integrálás elvégzéséhez [4]. A kapott érték nagyobb, mint analitikus vagy Simpson formulával végzett integrálás esetén, azonban az eltérés kicsi.

$$R_a = \frac{T_{ABCD}}{m} - \frac{T_{ABC}}{m} = y_{\frac{f_a}{2}} - y_m = \frac{\int_0^{\frac{f_a}{2}} \xi(\zeta) d\zeta}{\frac{f_a}{2}} - \frac{\int_0^m \xi(\zeta) d\zeta}{m} \cong \frac{1}{2} \left[f \left(\frac{f_a}{2} \right) - f(m) \right] \quad (9)$$

1. ábra. Az átlagos érdesség származtatása

Az értelmezés miatt a függvény értéke a $\zeta = m$ helyen éppen $y_{fa/2}$, aminek a korábbiakban meghatároztam az értékét közelítő integrálással. Korábbi kutatómunkám során definiáltam az axiális irányú eltolást [1]. A fenti egyenletek segítségével meghatároztam az átlagos érdesség elméleti értékének képletét a 11. egyenlet szerint.

$$f(m) = y_{\frac{f_a}{2}} = \frac{2}{f_a} \int_0^{f_a/2} \xi(\zeta) d\zeta \cong \frac{1}{2} f\left(\frac{f_a}{2}\right) \quad (10)$$

$$R_a \cong \frac{1}{4} r_w \left[\sqrt{1 + \left(\frac{f_a}{2r_w \cot \alpha_t} \right)^2} - 4 \right] = \frac{1}{4} r_w \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\pi}{r_w \cot \alpha_t} \cdot \frac{\omega_t}{\omega_w} \cdot \left[\frac{r_t}{\tan \alpha_t} + \frac{v_a}{\omega_t} \right] \right)^2} - 4 \right] \quad (11)$$

4. Összefoglaló

A rotációs esztergálás esetén korábban meghatározott forgácsolt felület egyenletének egyszerűsített alakja alkalmassá vált az átlagos érdesség elméleti értékének meghatározására. Numerikus módszerek alkalmazásával elvégeztem a görbe megfelelő részeinek integrálását. Így kifejezhetővé vált az átlagos érdesség elméleti értéke, melynek további vizsgálata későbbi kutatómunkám tárgya.

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. A kutatásokat az Országos Tudományos Kutatási Alapítvány (OTKA) is támogatta. A megbízás száma: OTKA K-78482. A szerző mindkét támogatásért köszönetet mond.

Irodalom

- [1] Sztankovics I, Kundrák J: *Maximális érdesség vizsgálata rotációs eltolású esztergálással megmunkált külső hengeres felületen*, Multidiszciplináris Tudományok: A Miskolci Egyetem közleménye (ISSN: 2062-9737), 2. kötet, 1. szám, pp. 135-146.
- [2] Sztankovics I, Kundrák J: *Mathematical description of machining external cylindrical surface in case of rotational turning*, Cutting & Tool in T. S. Vol 82, 2012, Kharkiv NTU, pp. 264-269
- [3] Bahvalov N Sz: *A gépi matematika numerikus módszerei*, Műszaki Kiadó, Budapest, 1977
- [4] Galántai A, Jeney A: *Numerikus módszerek*, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2005, 141-149 o.

Sztankovics István, doktorandusz hallgató

Munkahely: Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Gépgyártástechnológiai tanszék

Cím: H-3515, Magyarország, Miskolc, Egyetemváros

Telefon / Fax: +36-46-565-160

E-mail: istvan.sztankovics@uni-miskolc.hu