

## Felület érdességi modell nagypontosságú keményesztergáláskor

### Surface roughness model in high precision hard turning

*KESZENHEIMER Attila<sup>1</sup>, FARKAS Balázs Zsolt<sup>2</sup>, dr. MÉSZÁROS Imre<sup>3</sup>*

<sup>1,2</sup>PhD hallgató, <sup>3</sup>egyetemi docens,

<sup>1,2,3</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gyártástudomány és -technológia Tanszék  
HU-1111, Budapest, Egry J. u. 1. T. ép. 4. Em, .

<sup>1,3</sup>Direct-line Kft, Kutatás-Fejlesztés, Nagy pontosságú Megmunkálások  
HU-2330, Dunaharaszti, Jedlik Ányos 14

E-mail: [keszenheimer.attila@dldh.hu](mailto:keszenheimer.attila@dldh.hu), [farkasb@manuf.bme.hu](mailto:farkasb@manuf.bme.hu), [meszaros.imre@dldh.hu](mailto:meszaros.imre@dldh.hu)

#### Abstract

In the last 50 years many researchers have dealt with the definition of surface roughness, but the existing models do not provide sufficiently reliable results for the technologists. The problem is the same at the high precision hard turning too, where the difference is bigger than reported in theory and between in the practice created surface roughness. For reasons of the difference we are examine from the tool side, as from the side of the work-piece too. Our goal is to develop a method to define the cutting parameters, according with the true state of tool wear, to achieve the desired surface quality.

#### Összefoglaló

Az elmúlt 50 évben számos kutató foglalkozott már a felületi érdesség meghatározásával, ám az eddigi modellek nem adnak a technológusok számára kellően megbízható eredményt. Így van ez a nagy pontosságú keményesztergálásnál is, ahol az eltérés még nagyobb az elméletben számolt felületi érdesség és a gyakorlatban létrejött felület érdessége között. A jelentős eltérés okát úgy a szerszám oldaláról, mint a munkadarab oldaláról vizsgáljuk. Célunk egy olyan módszer kidolgozása, amely a szerszám él valódi kopottsági állapotából indul ki, és ebből határozza meg, a kopás mértékének megfelelően, a forgácsolási paramétereket, hogy a kívánt felületi minőséget tartani tudjuk.

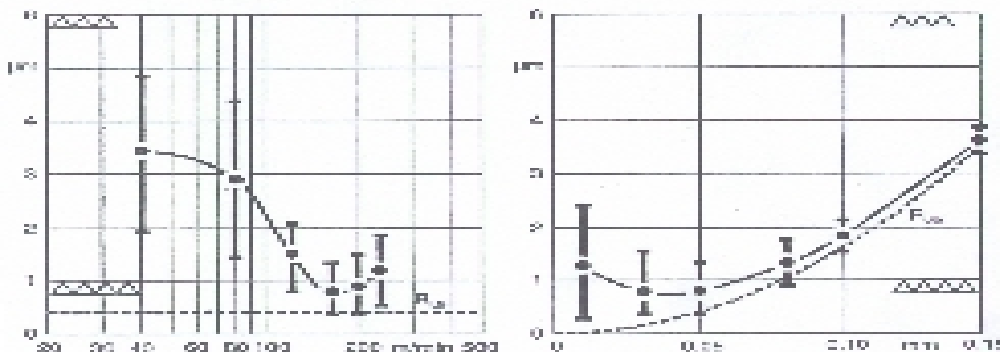
**Kulcsszavak:** felületi érdesség, nagy pontosságú keményesztergálás, modellezés

## 1. BEVEZETÉS

Számos előnyét említettük már a nagy pontosságú keményesztergálásnak a köszörüléssel szemben. Egyik legfontosabb előnye ennek a technológiának, az hogy az elérhető felületi érdesség több mint egy nagyságrenddel alacsonyabb, mint a köszörült felületé. Kereskedelmi forgalomban kapható szerszámmal, M1-es 62HRC keménységű acél esztergálásakor elértünk már  $Ra=0.04\mu\text{m}$ -es felületi érdességet, sorozatgyártáskor is. Ahhoz, hogy ezt a felületi minőséget elérjük rendkívül merev, rezgéscsillapított, termostabil, hidrosztatikus csapágyazású ultraprecíziós esztergagépre van szükség. Köztudott, hogy a szerszámkopás előrehaladtával ugyanazon forgácsolási paraméterek mellett romlik a munkadarab felületi érdessége. A szerszám kopása során változik a szerszám él mikro és makro geometriája, az előtolás irányának megfelelően egy többé-kevésbé egyenes szakasz keletkezik s az él érdessége is változik.

## 2. FELÜLET ÉRDESSÉGI MODELLEK

Az előtolás csökkentésekor, a mért, valóságos felületi érdesség nem csak jelentősen eltér az elméletileg számítottól, hanem ahogy azt K.F.Koch [1] vizsgálatai kimutatták, kis előtolásoknál az eltérések szórása is jelentős. Ezt az állítást, a mi vizsgálataink is igazolták (lásd 1. ábra).



1.ábra.

*A valóságos felületi érdesség és szórása K.F.Koch [1]szerint*

Az eltérésnek keményesztergálásakor is számos oka lehet.

- a szerszám oldaláról: a szerszámkopás, s az ezzel járó él érdesség megnövekedése,
- munkadarab oldaláról: munkadarab anyagának folyása a mellékél irányába, a munkadarab szövet-szerkezete
- szerszámgép oldaláról: futáspontosság, kinematikus hibák, valamint a megmunkáló rendszer merevsége, megmunkálás során keletkező rezgések.

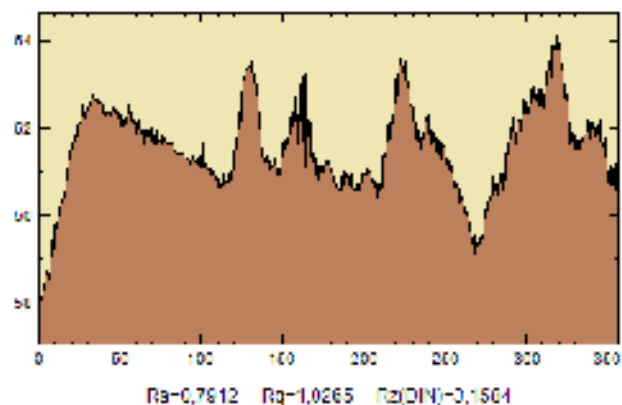
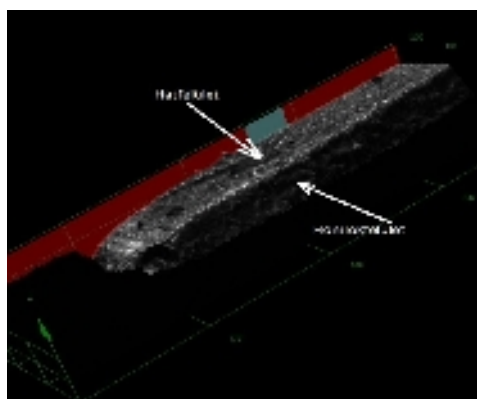
Gyakorlati tapasztalat, hogy kemény anyagok esztergálásakor is gyakran keletkezik a munkadarabon jelentős nagyságú sorja, még a szerszám belépési oldalán is. Rideg anyagszerkezeti állapot esetén a sorja képződés helyett

a munkadarabon az él kitöredezése figyelhető meg. Mindkét esetben arról van szó, hogy a szerszám éle alatt a feszültség eléri a folyási, törési határt. Több szerző feltételezi, hogy létezik egy minimális forgácsvastagság, amelyet a szerszám még képes leválasztani.

Brammertz [2] szerint az elérhető minimális elméleti érdesség ezzel a minimális forgácsvastagsággal egyenlő és értékét lágy anyagok megmunkálásakor  $2-4\mu\text{m}$ -ben jelölte meg, figyelmen kívül hagyva az él-lekerekedési sugarát ( $r_\beta$ ). L'VOV [3] a minimális leválasztható rétegvastagság meghatározásakor már figyelembe veszi az él-lekerekedési sugarát, de az anyag képlékeny és rugalmassági tulajdonságait figyelmen kívül hagyja. Ismét a gyakorlati tapasztalatra hivatkozva, sem Brammertz sem L'VOV elméletével nem lehet megmagyarázni azt a gyakorlatban gyakran előforduló esetet, hogy egy új éllel forgácsolva ( $r_\beta = 5-10\mu\text{m}$ ) képesek vagyunk  $R_z = 0.5\mu\text{m}$  átlagos egyenetlenségű felületet előállítani, míg mind a homlok, mind a hátfelületén megkopott szerszámmal ( $r_\beta = 1-3\mu\text{m}$ ) csak  $R_z = 1-3\mu\text{m}$  átlagos egyenetlenségűt. Az elméleti és valóságos felületi érdesség közötti eltérés igazi okát tehát máshol kell keresni. [4,5]

### 3. NAGYPONTOSSÁGÚ KEMÉNYESZTERGÁLÁSHOZ HASZNÁLT SZERSZÁMÉLEK VIZSGÁLATA

Új szerszámmal konstans körülmények között forgácsolva azt tapasztaltuk, hogy a felületi érdesség, a forgácsolási út növekedésével, kis ingadozásokkal ugyan, de fokozatosan romlik. A forgácsolási út növekedésével nő a hátkopás és a homlokkopás is. Nagypontosságú keménysztergáláskor, a kis fogásmélység miatt, csak az él csúcscsúrával forgácsolunk. Az él, a kontakt ívhossz mentén nem kopik egyenletesen. Egyrészt a szerszám csúcsa körül gyorsabban kopik, míg a főél azon szakaszán, ahol az él forgácsolni kezd, egy kis bekopás figyelhető meg, míg a mellékél felé eső élszakaszok kevésbé koptak. Másrészt, az él érdessége, a kopás előrehaladtával növekedett. Egy kopott él-szakasz érdességét 7 kilométeres forgácsolási út megtétele után az 2. ábra mutatja.



2. ábra

(a) a szerszám éle 7 km forgácsolási út után, (b) érdességi profil a szerszám éle mentén

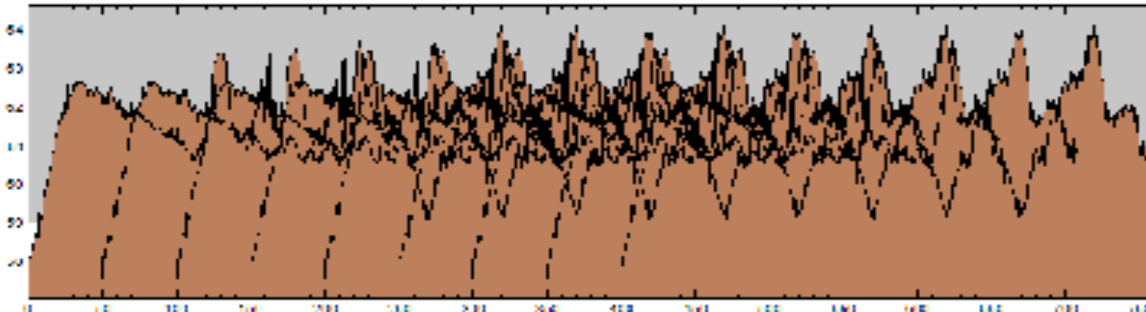
A szerszámélelről készült él-érdesség méréseket a Direct-Line Kft mérőlaboratóriumában végeztük konfokális lézerpasztázó 3Dimenziós mikroszkóppal.

#### 4. A FELÜLETI ÉRDESSÉG KIALAKULÁSÁNAK ELMÉLETI MODELLJE

Az elmondottak alapján új felületi érdesség meghatározó modellt hoztunk létre, amit Microsoft Visual Studio 2008-ban programoztunk. A modell felállításakor feltételeztük, hogy a nagy pontosságú keményesztérgált felület érdességét elsődlegesen a szerszám él érdessége és a kinematikai viszonyok határozzák meg. További feltételezések:

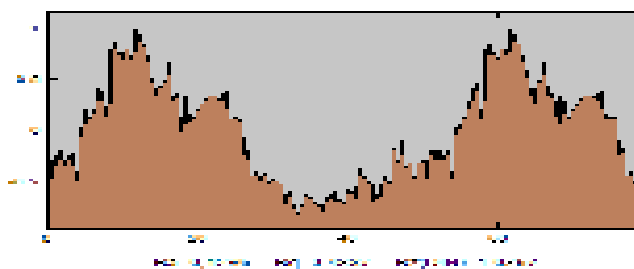
- A szerszám éle, ahogy az, a 3. ábrán is látszik, egy mikro-geometriai egyenetlenségekkel rendelkező szabálytalan síkgörbe.
- Néhány fordulat alatt a szerszám kopása elhanyagolható.
- A MKGS rendszer abszolút merev.
- A munkadarab anyagának rugalmas és képlékeny alakváltozása elhanyagolható.

3. ábra



A szerszám él által generált pálya

A feltételeknek megfelelően az elméleti felületi érdességet a szerszám kontaktél-szakaszának érdessége és az előtolás határozzák meg, azaz az él érdessége a kinematikai viszonyoknak megfelelően, átmásolódik a munkadarab felületére. Hosszesztérgáláskor a munkadarab forgó és a szerszám haladó mozgásának a következtében a szerszám éle a munkadarab koordináta rendszerében csavarfelületet ír le, melynek emelkedése a fordulatonkénti előtolás ( $f$ ). Ennek értelmében, a szerszám él, 3. ábrán látható érdességi profilját, a forgástengellyel párhuzamosan mozgatva, úgy, hogy azt ismételtelen előtolásnyi távolsággal toljuk el, a keletkező burkoló görbe, a munkadarab elméleti érdességi profilgörbéje (lásd 4. ábra).

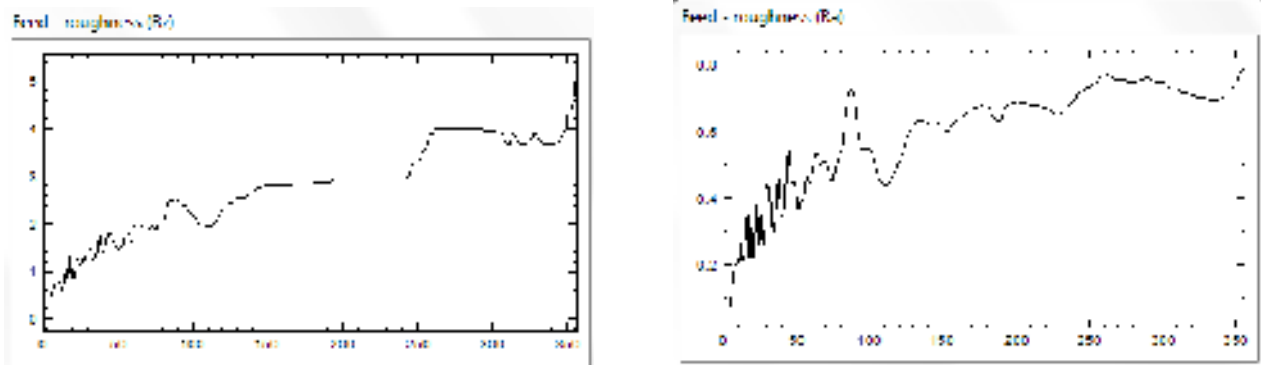


4. ábra.

A felületi érdesség kialakulása az elméleti modell alapján.

A program segítségével lehetőségünk nyílik érdesség prognosztizálásra, azaz meghatározhatjuk a kívánt felületi érdességhez tartozó előtolást, vagy egy adott előtoláshoz tartozó felületi érdességet. A 5. ábrán megfigyelhet-

jük azt a gyakorlatban oly sokszor előforduló jelenséget, miszerint az előtolás csökkentése nem mindig jár együtt a felületi minőség javulásával, sőt gyakran előfordul, hogy romlik a felület.



5.ábra

*Felületi érdesség prognosztizálás előtolás függvényében*

## IRODALOM

- [1] Koch K F, Technologie des Hochpräzisions-Hartdrehens, D82, Diss. RWTH Aachen.
- [2] P. H. Brammertz Die Entstehung der Oberflächenrauheit beim Feindrehen Industrie-Anzeiger, Nr.2, 6.Jan. 1961, p.25-32 ,
- [3] N. P. L'VOV Determining the Minimum Possible Chip-Thickness Machines & Tooling, Vol. XL. No.4, p. 45-46
- [4] Mamalis, A.G. Mészáros, I.. Paulmier. D. The Effect of the Cutting Edge Roughness on the Surface Roughness during Ultraprecision Machining of Hardened Steels, Proceedings IMEKO 2000 International Measurement Confederation, XVI IMEKO World Congress
- [5] Markus M.W. Knüfermman – Machining surfaces of optical quality by hard turning, Cranfield University 2003