

# MIKROTOPOGRÁFIAI SAJÁTOSságOK ALKALMAZása MűSZAKI FELÜLETEK KIÉRTÉKELÉSÉRE

## APPLICATION OF MICROTOPOGRAPHIC FEATURES FOR CHARACTERISATION OF ENGINEERING SURFACES

*Czifra Árpád, PhD*

**ÖSSZEFOGLALÁS.** A mikrotopográfiai sajátosságokon alapuló jellemzés a felület olyan geometriai elemeit értékeli, melyek dominánsan kapcsolódnak a gyártási vagy működési folyamathoz. Jelen munka néhány műszaki felület topográfiai sajátosságokon alapuló jellemzését mutatja be. A vizsgálatok célja az, hogy feltárja, melyek azok a sajátosságok, melyek egy átfogó mikrotopográfiai sajátosságokon nyugvó kiértékelési rendszer elemeit képezhetik.

**ABSTRACT.** Feature based microtopographic characterisation focusing on the geometric element that dominantly connected to the production or operational process. This work present some feature based characterisation example of engineering surfaces. The goal is to find the most important surface features, and to establish the basic concept of feature based microtopographic characterisation system.

### 1. BEVEZETÉS

A felület mikrotopográfiai jellemzése a gyártási folyamatok ellenőrzésének és a tribológiai folyamatok közben tartásának egyik fontos eleme. Számos kiértékelés technikai módszer mellett mára megjelent a felületi sajátosságokon alapuló kiértékelési módszer. Számos szakirodalom említi a módszert (pl. [1]), ugyanakkor a legtöbb esetben a felületi sajátosságok (features) alatt az ISO/DIS 25178-2 szabvány [2] által definiált ún. Wolt féle szeletelő technikát értik (ld.: [3, 4]). Ez azonban mindössze a felületek érdességcsúcsainak és völgyeinek azonosítására szolgáló módszer, mely az azonosított érdességcsúcsok és völgyek „átlagos” jellemzését adja egy-egy mikrotopográfiai paraméterrel (pl. S10z, S5p, S5v paraméterek). Néhány esetben találkozunk ezen túlmutató értelmezéssel is. Bruzzone és Costa [5] a tribológiai folyamatok tükrében a mintázat jellegére utaló geometriai elemeket azonosít felületi sajátosságként („features in the texture patterns”). Átfogóan kiterjeszhetjük a

mikrotopográfiai sajátosságok értelmezését úgy, hogy sajátosságként definiáljuk azokat a geometriai jellemzőket, melyek dominánsan kapcsolódnak a gyártási vagy működési folyamathoz. Ez szemléletváltást jelent, mert a korábban a felületi érdességmérésre jellemző „statikus” kiértékelési módot egy „dinamikus” váltja fel, abban az értelemben, hogy a sajátosság már nem értelmezhető pusztán a mikrotopográfiai geometriai jellemzésével, hanem szorosan kapcsolódik a tribológiai folyamathoz. Így egy adott felületi érdességmérés sajátosságai egészen mások, ha a felületet létrehozó gyártási folyamatot szeretnénk jellemezni, mint akkor, ha a tribológiai folyamatba lépő gépalkatrészt vizsgáljuk. (Természetesen a mérés hordozza mindkét típusú geometriai információt, de más-más szempontokat veszünk figyelembe azok meghatározásánál.) A mikrotopográfiai sajátosságok ilyen értelemben vett rendszere jelenleg még nem kidolgozott.

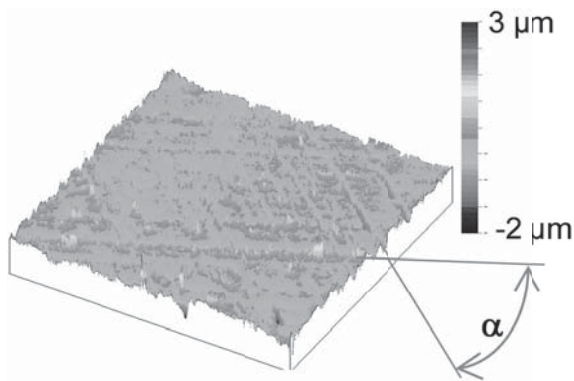
Jelen munka néhány műszaki felület topográfiai sajátosságokon alapuló jellemzését mutatja be. Többek között hónolási, porkohászati és „hagyományos” forgácsolási megmunkálású felületek domináns elemeinek azonosítása révén értékeli a felületeket. Továbbá különböző kopási mintázatú topográfiák sajátosságainak kiértékelése révén jellemzi a tribológiai folyamatokat. Minden bemutatásra kerülő esetben azonosításra kerülnek azok a domináns jellemzők (sajátosságok), amik a működési folyamattal összefüggést mutatnak. Jelen cikkben nem kerülnek részletezésre az egyes példák mérési, kiértékelési, stb. paraméterei, csak azon hivatkozások, melyek ezeket a részletes vizsgálatokat tartalmazzák.

A vizsgálatok célja az, hogy feltárja melyek azok a sajátosságok, melyek egy átfogó mikrotopográfiai sajátosságokon nyugvó kiértékelési rendszer elemeit képezhetik.

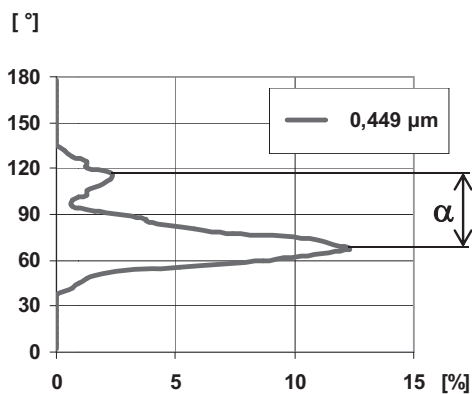
### 2. MEGMUNKÁLT FELÜLETEK TOPOGRÁFIAI SAJÁTOSsÁGI

A mikrotopográfiai sajátosságok fogalmának megjelenése tipikusan olyan működő

felületekhez kötődik, melyek speciális körülmények között, speciális gyártástechnológiával készülnek. A legelső ilyen jellegű kutatások belső égésű motorok hengerének felületi megmunkálásával foglalkoztak. Mára kialakultak azok az irányelvek, amik a hónolási technológia részletes, a hagyományos érdességmérési paramétereket nélkülöző, jellemzéséhez vezettek. Ezen jellemzők közül kiemelt szerepe van a megmunkálási barázdák szögének (ld. [6]). Az 1. ábra egy hónolt felület topográfiáját mutatja, míg a 2. ábra a szeletelő technikával elemzett karcok irányultságát jellemzi. A kutatás részleteit és a kiértékelés módszertanát a [6] és [7] irodalmak foglalják össze.



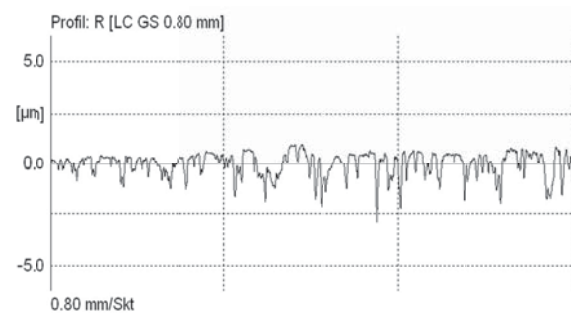
1. ábra. Hónolt felület mikrotopográfiája



2. ábra. Karcok orientációjának eloszlásgörbéje

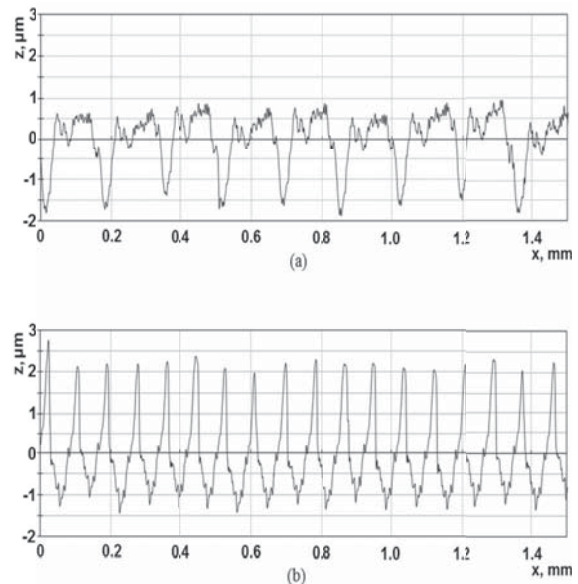
A felületi megmunkálások jellemzése kapcsán az új technológiák jelentenek új kihívást. Napjainkban különösen jellemzőek az olyan megmunkálások, melyek platószerű hordfelületet hoznak létre. Ezek olyan dominánsan meghatározzák a felület tribológiai

működését, hogy feltétlenül szükséges a platószerű viselkedés jellemzése. A 3. ábra fém fröccsöntési (metal injection molding) technológiával gyártott alkatrész érdességmérési profil részletét mutatja (részleteket ld.: [8]).



3. ábra. Turbófeltöltő lapát (fém fröccsöntés) érdességmérési profilja

A 3. ábrán látható profilhoz nagyon hasonló felületet kaphatunk forgácsolási technológiával is. Alumínium klímakompresszor házak esztergálása során a hagyományos ISO és a Wiper élgeometriájú szerszámmal készült érdességi profilt mutat a 4. ábra (a kutatás részleteit ld.: [9]).

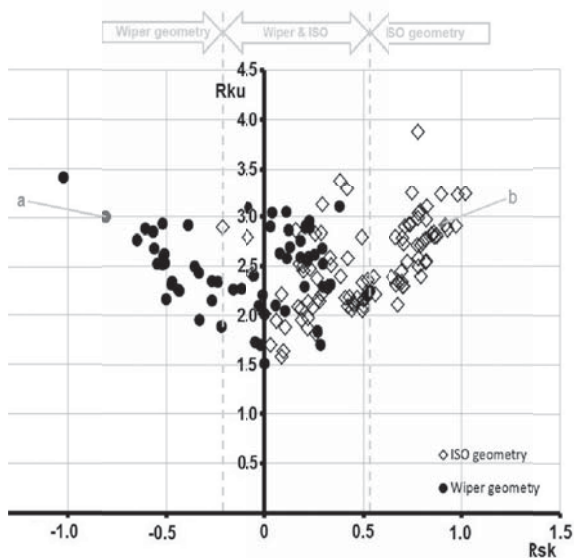


4. ábra. Esztergált felület  
(a) Wiper élgeometria; (b) ISO élgeometria

A platószerű hordfelület jellemzésére a hordozófelületi és magasság eloszlási görbéket jellemző RSK és Rku paraméterek alkalmasak. Együttes alkalmazásukkal topológiai térkép létrehozását javasolja Whitehouse [10], mely

térképen nagy negatív RSk érték és nagy pozitív Rku jelent platószerű hordfelületet.

A különböző forgácsolási paraméterekkel elvégzett kísérletek eredményeként (közel 2000 érdességmérési profil felhasználásával) készült topológiai térképet mutat az 5. ábra. A forgácsolószerszám élgeometriája az a döntő tényező, ami a forgácsolás tribológiai folyamatait meghatározva pozicionálja az egyes felületeket a topológiai térképen. A Wiper élgeometria – akárcsak a porkohászati, vagy fém fröccsöntési technológia – platószerű hordfelületet hoz létre. A 4. ábra két profilja az 5. ábra „a”-val és „b”-vel jelölt méréseit mutatja.



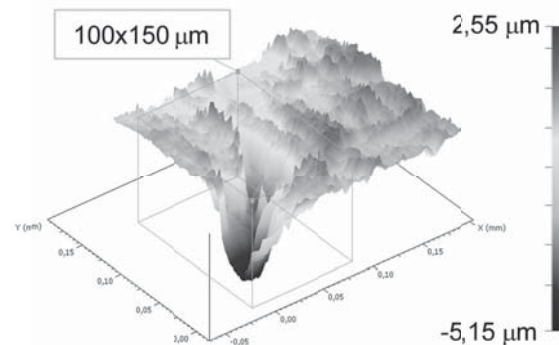
5. ábra. ISO és Wiper élgeometriájú szerszámmal forgácsolt alumínium alkatrészek topológiai térképe

### 3. MŰKÖDŐ FELÜLETEK TOPOGRÁFIAI SAJÁTÓSÁGI

Működő és kopott felületek mikrotopográfiai jellemzése igen komoly kihívás elé állítja az érdességméréssel foglalkozó szakembereket. A működés során megjelenő egyedi felületi jelenségek alakja, mérete, megjelenési intenzitása rendkívül változatos.

Vasúti féktuskó (P10 öntöttvas anyag) kopási viselkedésének feltárása során [11] a felületen a 6. ábrán látható mély kiszakadások voltak megfigyelhetők. Ezek forrása a keresztmetszeti csiszolatokon vált világossá: „Az alapanyagban jelenlevő grafit a mechanikai igénybevételek hatására közvetlenül a felszín alatt összetöredezett. A további igénybevételek azok kiszakadáshoz vezettek, melynek

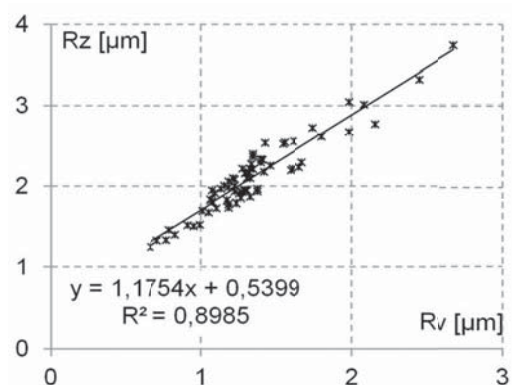
következményeként a felületen 5-15  $\mu\text{m}$  mélységű kráterek keletkeztek.” [11].



6. ábra. Vasúti féktuskó felületi sérülése

Az ilyen jellegű sérülési nyomok azonosítása nélkülözhetetlen a működési folyamatok megértéséhez. Ennek tipikus példája a fáradásos igénybevételnek kitett felületeken megjelenő pitting.

Sok esetben a működés során olyan összetett felületi struktúra jön létre, melynek geometriai jellege a hagyományos érdességi paraméterekkel értelmezhetetlennek tűnik. BTR-80 katonai szállítójármű radiális csúszótárgas differenciálművének alkatrészénél a völgyzóna mélysége az elvégzett 120 érdességi profilnál 0,3  $\mu\text{m}$  és 9,4  $\mu\text{m}$  tartományban változott. A felület jellege azonban sok hasonlóságot mutatott a különböző léptékű kopási nyomok esetén (ld. 7. ábra).



7. ábra. Kopott differenciálmű alkatrész Rz és Rv paraméterének kapcsolata

A felület tagoltságára, önhasonlóságára vonatkozóan a felületet jellemző fraktál dimenzió utalhat. Inhomogén felületi struktúrák esetén sok esetben ez a paraméter ad stabil kiértékelési lehetőséget [13].

#### 4. A MIKROTOPOGRÁFIAI SAJÁTÓSSÁGOK RENDSZERE

A bemutatott példák alapján – kiegészítve a szakirodalom eredményeivel az alábbiakban a mikrotopográfiai sajátosságokat lehetséges megjelenési módjuk szerint osztályozzuk:

Csúcszóna jellemzői (hordozó és abrazív tulajdonságokkal összefüggő tényezők):

- érdességcsúcsok mérete;
- érdességcsúcsok sűrűsége;
- felületi platók kiterjedése;
- hordfelületi jellemzők (RSk; RKu);
- elnyújtott csúcsok, gerincek.

Völgyzóna jellemzői (kenéssel, adhezív és fáradásos kopással, valamint megmunkálási nyomokkal összefüggő tényezők):

- völgyzóna mélysége;
- völgyek kiterjedés;
- kiszakadások, völgyek alakja;
- karcok szélessége, mélysége.

A felület tagoltságát jellemző sajátosságok (a kapcsolódó felület tapadó képességével összefüggő tényezők):

- fraktálok;
- felületarány (Sds paraméter);
- átlagos lejtés (Sdq paraméter).

A felület irányultságát jellemző sajátosságok (meghatározzák a működés irányát, a kenőanyag áramlását, stb.):

- orientáció;

A felület periodicitását jellemző sajátosságok (összefüggenek a rezgésekkel):

- domináns hullámhossz;
- korrelációs függvények.

#### 5. KÖVETKEZTETÉSEK

A mikrotopográfiai sajátosságok rendszere a gyártáshoz vagy működéshez köthető domináns geometriai elemek azonosításán alapul.

A módszertan igényli a topográfiai szintű feldolgozást.

A felületi mikrotopográfia sajátosságokon alapuló értékelése megteremti a működéshez optimált mikrotopográfia tervezésének lehetőségét: A megfelelő sajátosság felismerése után célszerűen megkövetelhetjük annak gyártástechnológiai előállítását.

#### 6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka az Új Nemzeti Kiválósági Program (ÚNKP-17-4) támogatásával, a „Mikrotopográfiai sajátosságokon alapuló kiértékeléstechnika fejlesztése műszaki felületek jellemzésére” projekt keretében valósult meg.

#### 7. IRODALOM

- [1] Richard Leach: Characterisation of Areal Surface Texture, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2013)
- [2] ISO/DIS 25178-2: Geometrical product specification (GPS) - Surface texture: Areal - Part 2. Terms, definitions and surface texture parameters (2012)
- [3] J Blanc, D Grime, F Blateyron: Surface characterization based upon significant topographic features, Journal of Physics:ConferenceSeries 311, 012014 (2011)
- [4] Nicola Senin, Michele Moretti and Liam A Blunt: Identification of individual features in areal surface topography data by means of template matching and the ring projection transform, Surface Topography: Metrology and Properties, Vol 2, No1 (2013)
- [5] A.A.G. Bruzzone, H.L. Costa: Functional characterization of structured surfaces for tribological applications, Procedia CIRP 12, 456–461 (2013)
- [6] Horváth S., Czifra Á.: Motorblokk hengerfelületének mikrotopográfiai vizsgálata, OGÉT XXI, pp. 170-173., Kolozsvár (2013)
- [7] Czifra Á, Váradi K, Horváth S: Three dimensional asperity analysis of worn surfaces, MECCANICA 43:(6) pp. 601-609. (2008)
- [8] Horváth S, Czifra Á: Modern technológiával készült gépelemek mikrogeometriája, OGÉT XIX. pp. 172-175. Kolozsvár (2011)
- [9] Horváth R, Czifra Á, Drégelyi-Kiss Á: Effect of conventional and non-conventional tool geometries to skewness and kurtosis of surface roughness in case of fine turning of aluminium alloys with diamond tools, Advanced Manufacturing Technology 78:(1-4) pp. 297-304. (2015)
- [10] Whitehouse, D.J.: Handbook of surface metrology, Inside of Physics Publ., Bristol (1994)
- [11] Czifra Á, Fábrián E R, Kozma M: Vasúti féktuskó kopásának vizsgálata, GÉP 64:(7) pp. 82-85. (2013)
- [12] Árpád Czifra, Béla Palásti Kovács: Microtopographic features of worn surfaces, 5th World Tribology Congress, Torino, (2013)
- [13] Czifra Á, Goda T, Váradi K, Garbayo E: Wide frequency range 3D power spectral density analysis of plunger's topography of brake system, 12th Met & Props. pp. 377-381 Rzeszów (2009)