

# MŰSZAKI FELÜLETEK MIKROGEOMETRIÁJA

## MICROGEOMETRIES OF ENGINEERING SURFACES

Dr. Palásti Kovács Béla\*, Dr. Czifra Árpád\*\*, Dr. Horváth Sándor\*\*\*, Dr. Sipos Sándor\*\*\*\*

### ABSTRACT

Present paper overview the research activity of microgeometry and microtopography of last few decades. Teachers and researchers of university in cooperation with experts of other educational institutes provide the base of measurements and high-level research to reveal the connection of machine part production and operation, and also the tribological behaviour of machine elements.

### 1. BEVEZETÉS

Gyártás, minőség, működés egymástól elválaszthatatlan, egymástól függő és egymást meghatározó fogalmak. Minden olyan kritérium, probléma, mely a kapcsolódó alkatrészek gyártásánál felmerül jelentős hatással lehet a működésre. A gépalkatrészek működése szempontjából tehát igen fontos tényezők:

- az alakhűség, a felületi mikrogeometria, mikrotopográfia (érdesség, hullámosság),
- egymáshoz viszonyított súrlódási, illetve barázdairány,
- a felületi réteg tulajdonságai, és még számos más befolyásoló hatás...

A Bánki karon több mint három évtizede foglalkozunk a felületi mikrogeometria metszettepintós módszerrel történő mérésének vizsgálatával, a mérésből kapott felületprofilok kiértékelési lehetőségeinek korszerűsítésével, kiszélesítésével [1-4].

A kutató-fejlesztő munkát 1975-ben még egy szovjet gyártmányú Kalibr 201 típusú érdességmérővel kezdtük meg, majd TPA-i számítógépen FOKAL nyelvű programozással futottak az első kiértékelő programok. Napjainkra a kutatás eszközállománya jelentősen korszerűsödött. Rendelkezünk műhelyi, művezetői felhasználású „zseb”-műszerekkel (Perthen, Taylor-Hobson), igényesebb minőségvizsgálatra alkalmas labor érdességmérőkkel (Perthen, Mitutoyo), valamint a mai korszerű vizsgálatokra alkalmas kutató műszerekkel

\*egyetemi docens, intézetigazgató, e-mail: palasti@uni-obuda.hu.

\*\*adjunktus, e-mail: czifra.arpad@bgk.uni-obuda.hu

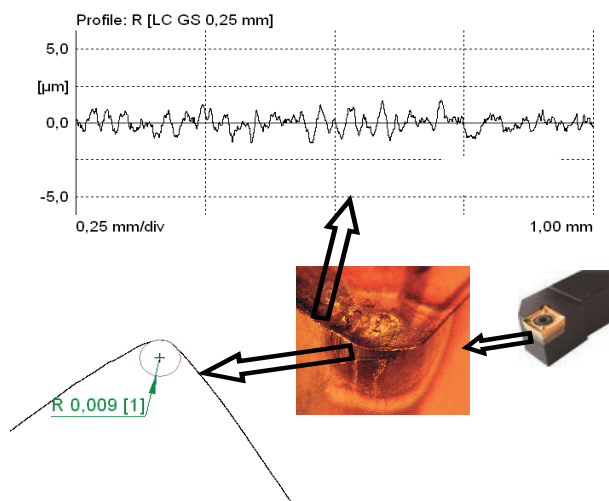
\*\*\*egyetemi docens, dékán, e-mail: horvath.sandor@bgk.uni-obuda.hu

\*\*\*\*főiskolai docens, e-mail: sipos.sandor@bgk.uni-obuda.hu.

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

(Perthometer Concept, JSM-5310 scanning elektronmikroszkóp), melyek digitális kimeneti jele közvetlenül is felhasználható számítógépes feldolgozásra. A tartozékok széles választéka és a tapintók teljes kiépítettsége segíti az oktatást és a kutatást. Megvalósítható külső vagy belső íven való mérés, 1,5 mm átmérőjű furatfelületek mérése, forgácsolószerszámok élérdességének, éllekerekedésének (1. ábra) mérése, hogy csak néhány különlegesebb mérésalkalmazást említsünk.

Fejlesztéseink kiemelt területeként kezeltük a felületi mikrogeometria digitalizált formában felvett profiladatainak számítógépes feldolgozását és kiértékelés megvalósítását, folyamatos korszerűsítését.



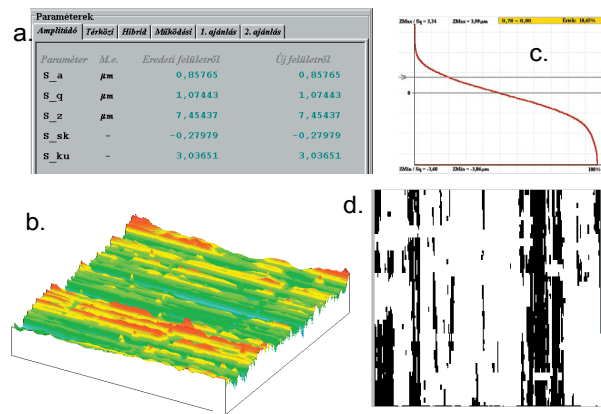
1. ábra. Forgácsolólapka élérdessége és éllekerekedése

E munkák keretében került sor a jellemző „térbeli” paraméterek kidolgozására, a mikrotopográfia kiértékelésére szolgáló programcsomagok (2. ábra), majd a kapcsolódó felületek tribológiai jelenségeinek vizsgálatára alkalmas súrlódásos kopásvizsgáló berendezés (lásd 6. ábra) kifejlesztésére [5, 6, 7]

A felületi mikrogeometria vizsgálata területén az elmúlt években számos kutatási, fejlesztési és minőségellenőrzési munkában dolgoztunk, nyújtottunk mérés-technikai segítséget. Vizsgáltunk fogaskerék fogfelületeket, forgácsoló – ill. kivágó szerszámok élét és élfelületeit, görgős- és golyócsapágyak elemeit, hidraulikus hengereket, húzógyűrűket, utasszállító repülőgépek szárnyfelületeit, villamos érintkező felületeket, kábeleket, autópári alkatrészeket, stb.

Az utóbbi 10 évben végzett aktív fejlesztőmunka eredményei az alábbiakban foglalhatók össze:

- mérési infrastruktúra kiegészítés – léptetőmotor, Perthometer Concept, (OTKA T026117, 1998-2001),
- 3D-s kiértékelő programrendszer kidolgozása (OTKA T026117, 1998-2001),
- szeletelő technika kidolgozása (OTKA 043151, 2003-2007),
- súrlódásos koptató berendezés tervezése, kivitelezése (OTKA 043151, 2003-2007),
- 3D-s PSD algoritmusok kidolgozása (KRISTAL 2005-2009, EU project NMP3-CT-2005-515837).



2. ábra. 2D és 3D mérésiértékelés; a saját fejlesztésű Surf3D topográfiai kiértékelő rendszer lehetőségei: a. paraméterlista, b. 3D megjelenítés, c. Abbott görbe, d. hordfelületi kép

Széleskörű együttműködés valósult meg a működő gépalkatrészek érintkezési állapotát, tribológiai törvényszerűségeit feltáró kutatásokban a BME Gépészmérnöki, Közlekedésmérnöki Karának, valamint a SZIE Gépészmérnöki Karának kutatóival, amely több OTKA téma közös kidolgozásában, doktorandusok, TDK és szakdolgozati témák irányításában, közös publikációkban ölt testet.

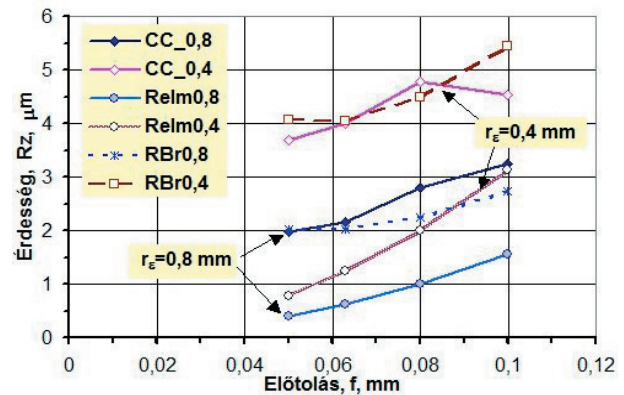
## 2. A FELÜLETMÉRÉS ÉS KIÉRTÉKELÉS EREDMÉNYEI

A kutatások és a fejlesztések több irányúak. Elsősorban három főbb terület irányába rendezhetők, amelyek a kar további kutatásaihoz is kapcsolódnak:

### 2.1. Forgácsolószerszámok minőségképessége, a szerszám és a gyártásban kapott felület vizsgálata

A vizsgálatok a felületi érdesség minimalizálása szempontjából kerülnek kiértékelésre [8]. Cél az, hogy a különböző élananyagú, élkialakítású, illetve kopottságú szerszámok hatását előre tudjuk jelezni, hogy egy adott alkatrész megmunkálásához a legkedvezőbb gyártási feltételeket ajánlhassuk, amelyek mellett a felület érdességi előírásai biztonsággal teljesíthetők. E területen kiemelt kutatások folynak nagy szilíciumtartalmú alumí-

niumötvözetek (3. ábra [9]), illetve műszaki műanyagok (pl.: PEEK) [4] forgácsolhatósága területén. Vizsgálataink eredményeként ma már tudjuk, hogy a simítási technológia tervezésénél a Bauer-formulával számított elméleti érdesség nagy hibával, míg a Brammertz-formula igen jó közelítéssel adja meg a várható érdességet.

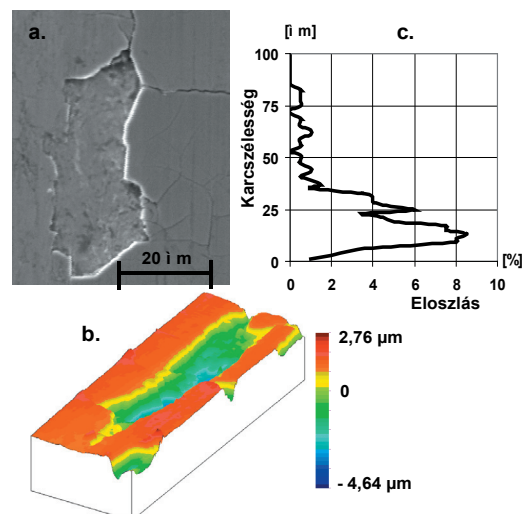


3. ábra. Különböző csúcssugarak ( $r_e$ ) hatása

### 2.2. Az alkatrészfelületek mikrotopográfiájának jellemzése, elemzése

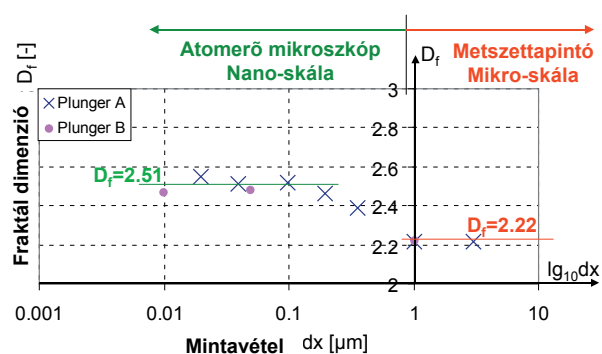
Napjainkra a paraméter alapú topográfiai jellemzésen túl két domináns kutatási irányvonal figyelhető meg. Az egyik a felület lokális jellegzetességeit felismerő és értékelő érdességsúcs- és karc-elemző technika, míg a másik a topográfia „globális” jellemzését megcélzó összetett matematikai módszerekkel történő értékelés. A Bánki karon az elmúlt években mindkét területen történtek fejlesztések.

A szeletelő technika kidolgozása lehetőséget adott topográfiai lokális sajátosságainak feltárására [10], megteremtve a lehetőséget a felületeken zajló folyamatok részleteinek feltárására. A kidolgozott algoritmus több területen is alkalmazásra került, többek között kerámiabetétes tengelykapcsoló topográfiájának vizsgálatában (ld. 4. ábra).



4. ábra. Topográfia felületi károsodása (a. SEM felvétel, b. metszetaipintós felvétel, c. „karcisélesség” eloszlás)

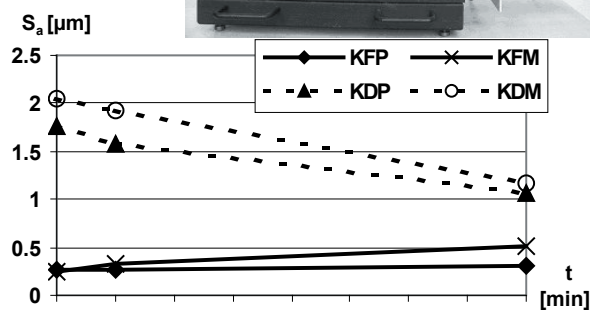
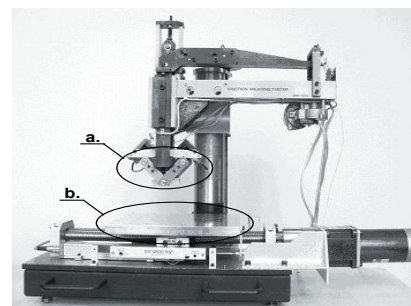
A működő felületek mikro- és nano-topográfiáiból nyert információk napjaink súrlódási és kopási modelleiben input adatként jelennek meg. Ennek egyik formáját jelentik az olyan összetett matematikai alapon nyugvó módszerek, mint a PSD (power spectral density), melynek 3D-s topográfiákon történő alkalmazása ugyancsak a kar jelenleg folyó kutatásainak egyike. A Fourier-transzformációval helytartományból frekvenciatartományba való áttérés olyan megközelítések előtt nyitja meg az utat, melyek napjainkban a topográfiák kiértékelése terén még számos kérdést hordoznak. A karon folyó kutatások ezek feloldását célozzák [11]. Ennek egyik példáját mutatja az 5. ábra, mely eredmények a felületi topográfiával foglalkozó szakemberek legjelentősebb konferenciájának tartott Metrology and Properties of Engineering Surfaces konferencián 2009-ben a szakmai zsűri elismerését vívták ki [12].



5. ábra. PSD-ből származtatott fractal dimenzió nano- és mikrotopográfiákon

### 2.3. A kapcsolódó felületek tribológiai viselkedésének vizsgálata

Az ÓE-BGK és a BME GSZI együttműködésével megépült egy koptató berendezés [13], mely révén lehetőség nyílt a tribológiai kísérletek elvégzésére, a felületi mikrotopográfia és a működés kapcsolatának vizsgálatára. A kutatás céljai között szerepel a felületi mikrotopográfia orientációjának és a kopási folyamat kapcsolatának vizsgálata, továbbá annak tisztázása, hogy milyen szerepe van a kiinduló mikrotopográfának és a működés körülményeinek a kopás során kialakuló felület formálásában. A berendezésen elvégzett kísérlet-sorozat eredményei (ld: 6. ábra, [14]) komoly segítséget nyújthatnak a működéshez optimalizált felületi topográfia tervezéséhez. Visszacatolhatunk a gépalkatrészek számos működési tulajdonságára pl.: kopásra, súrlódásra, tartós szilárdságra, korrózióállóságra stb, vizsgálhatjuk a forgácsoláskor (megmunkáláskor) kialakult felület sajátosságait. Számos információt szerezhetünk a működő felületek topográfiájának megtervezéséhez, a gyártási technológia megválasztásához, a működés közben lejátszódó tribológiai folyamatok, jelenségek mélyebb megismeréséhez, azok tudatos ellenőrzéséhez és befolyásolásához [15].



6. ábra. A koptatóberendezés és az átlagos érdesség ( $S_a$ ) alakulása a kopás során köszörült (K), durva (D) és finom (F), csúsztási iránnyal párhuzamos (P) és arra merőleges (M) megmunkálású felületek esetén

### 3. ÖSSZEZÉS / SUMMARY

Az Óbudai Egyetem Bánki Kara az elmúlt évtizedek intenzív kutatómunkájának eredményeként elmondhatja magáról, hogy a felületi mikrogeometria és mikrotopográfia vizsgálata terén széleskörű tapasztalatokra tett szert egyrészt a forgácsolószerszámok és forgácsolt felületek minősítésében, másrészt a működő felületek tribológiai vizsgálataiban. A 2D-s és 3D-s kiértékeléstechnika terén elvégzett fejlesztések – szűrőtechnika, szeletelő technika, PSD – pedig a Bánki Kart nemzetközi színvonalú kutatóhelyé emelte.

*In last few decades Donát Bánki Faculty of Mechanical Engineering and Security Technology, Óbuda University acquired wide knowledge and experience in field of examination of surface microgeometry and microtopography. Investigations extended to characterisation of machined surfaces and analysis of tribological surfaces. Through developments of characterisation techniques – such as filtering, slicing technique or PSD – „Bánki Faculty” has become international level research place.*

### HIVATKOZÁSOK

- [1] PALÁSTI-K, B.: Forgácsolással megmunkált felületek mikrogeometriájának értékelése, Kandidátusi értekezés, MTA-TMB 10172, Budapest, 1984.
- [2] CZIFRA, Á.: A felületi mikrotopográfia változása fém-fém és fém-kerámia alkatrészek csúsztásúrlódása során, PhD értekezés, BME, Budapest, 2007.

- [3] HORVÁTH, S.: A felületi hullámosság 2D-s és 3D-s jellemzése, a működési tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata és elemzése, PhD értekezés, ZMNE, Budapest, 2008.
- [4] FARKAS G.: Esztergált műszaki műanyagfelületek mikrotopográfiai jellemzői, PhD értekezés, SZIE, Gödöllő, 2010.
- [5] KOVÁCS K. – PALÁSTI-KOVÁCS B., Műszaki felületek mikro-topográfiájának jellemzése háromdimenziós paraméterekkel. I. A háromdimenziós topográfiai paraméterek áttekintése. Gépgyártástechnológia, 1999/8. p: 19-24.
- [6] KOVÁCS, K. - WIEZL, CS.: Műszaki felületek mikrotopográfiájának háromdimenziós jellemzése, II. Vizuális jellemzési technikák, Gépgyártástechnológia., 2000/3. p: 29-32.
- [7] PALÁSTI-K., B., CZIFRA, Á., KOVÁCS, K.: Microtopography of machined surfaces, tribological aspects of surface and operation, DMC 2002 The 4th International Scientific Conference, Development of Metal Cutting, Kassa, 22-23 May 2002. p.:50-57.
- [8] SIPOS, S., BIRÓ, SZ.: Forgácsolószerszámok vizsgálata a BMF Bányai Karán, Gépgyártás, XLVIII. évf. 2008/3. p. 96-99.
- [9] HORVÁTH, R., SIPOS, S.: Nagy szilíciumtartalmú alumíniumötvözetek forgácsolhatósága, Gyártóeszközök, szerszámok, szerszámgépek (XV. évf.), 2010/1. p. 44-48
- [10] CZIFRA, Á., VÁRADI, K., HORVÁTH, S.: Three dimensional asperity analysis of worn surfaces, Meccanica (2008) Vol43, p. 601-609.
- [11] BARÁNYI, I., CZIFRA, Á.: Különböző megmunkálású felületek vizsgálata amplitúdó sűrűség spektrum (PSD) analízissel, Géptervezők és Termékfejlesztők XXV. Országos Szemináriuma, Miskolc, 2009. november 5-6.
- [12] CZIFRA, Á., GODA, T., VÁRADI, K., GARBAYO, E.: Wide frequency range 3D power spectral density analysis of plunger's topography of brake system (Best Poster Award)
- [13] BOLLÓK, P.; PALÁSTI-K., B. ; PÁLINKÁS, T.: „Friction wearing tester” for testing rubbing surfaces, Gépészet 2006, 5<sup>th</sup> conference on mechanical engineering, Budapest, Hungary, 25-26 May 2006, (CD)
- [14] CZIFRA, Á, PALÁSTI-K., B., FARKAS, G.: Tribological behaviour of machined surfaces, DMC 2007 The 6th International Scientific Conference, Development of Metal Cutting, Kassa, 15-16 November 2007. p.: 47-51
- [15] PALÁSTI-K., B.; CZIFRA, Á.; HORVÁTH, S.: A kopás és a 3D-s felületi érdesség (mikrotopográfia) összefüggései, Gyártóeszközök, Szerszámok, Szerszámgépek. XII. évfolyam –2007/2. Budapest, Műszaki Kiadványok 150. p.: 73-77

## KÖNYVBEMUTATÓ

**Ez év nyarán az Óbudai Egyetem kiadásában látott napvilágot Gáti József: „Ipartanodától egyetemig” című műve, mely a három évszázadot átívelő történelmi múltú intézményt mutatja be, beágyazva a hazai ipar- és iskolatörténetbe.**

A két nyelven magyarul és angolul egy kötetben megjelenő, 110 oldal terjedelmű könyv a XIX. század elejének ipartörténeti áttekintését követően nyújt betekintést a középfokú ipariskolák első hazai létesítésébe, majd ismerteti a Budapesti Állami Közép Ipartanoda, a Technológiai Iparmúzeum, valamint a Magyar Királyi Állami Mechanikai és Órásipari Szakiskola létrehozásának körülményeit.

Az iskolatörténetet 1879-től a XXI. század első évtizedének végéig feldolgozó, eredeti do-

kumentumokkal gazdagon illusztrált kiadvány egyedülálló módon követi nyomon a mai Óbudai Egyetem alapító intézményeinek a történelem viharai, s az oktatásirányítás sűrűn változó elvárásai következtében gyakran átalakuló szervezetét.

A 159 eredeti fotót és dokumentumot felsorakoztató könyv ára 3000 Ft, személyesen megvásárolható vagy megrendelhető az Óbudai Egyetem Rektori Hivatalában, a 1034 Budapest, Bécsi út 96/b. címen.

