

KÜLÖNBÖZŐ MEGMUNKÁLÁSÚ FELÜLETEK TOPOLÓGIAI TÉRKÉPEI

TOPOLOGICAL MAPS OF DIFFERENTLY MACHINED SURFACES

Dr. Czifra Árpád PhD, egyetemi docens, Óbudai Egyetem, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet
czifra.arpad@bgk.uni-obuda.hu

Dr. habil. Horváth Sándor, c. egyetemi tanár, Óbudai Egyetem
horvath.sandor@bgk.uni-obuda.hu

ABSTRACT

Nowadays tribological behaviour of engineering surfaces is in focus of machine design. Topological map – based on RSk and Rku parameters – is commonly used to characterise the load carrying properties of microgeometries and microtopographies. Present work deals with other roughness parameter pairs to prepare new type of topological maps.

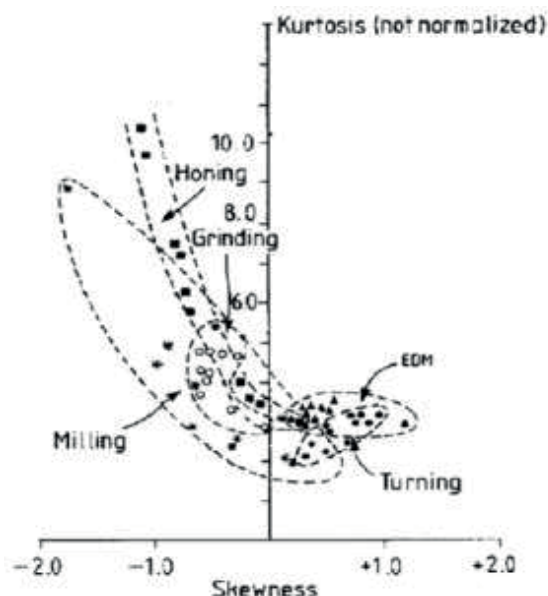
1. BEVEZETÉS

Műszaki felületek mikrogeometriájának, mikrotopográfiájának vizsgálatában a legelterjedtebb mód az érdességi (hullámossági vagy szűretlen) paraméterek használata. Bármilyen kiértékelési technikáról legyen is szó, akár a legismertebb M-rendszerrel, vagy a francia autóipar által kedvelt motif módszerrel, esetleg a VDI (német mérnök szövetsége) által kiadott domináns hullámhosszról, minden szabvány és ajánlás mérőszámokat, paramétereket használ.

A felület összetettsége és a mikrogeometriák, mikrotopográfiák változatossága miatt napjainkra már közel száz szabványos mérőszám létezik a felületek jellemzésére. Mára már nyilvánvalóvá vált, hogy egyetlen paraméter használatával nem lehet pontosan leírni a felület jellegét, ezért egyre több műszaki dokumentáción tűnik fel egyszerre több érdességi mérőszám.

Régóta ismert az a tény is, hogy egyes mérőszám kombinációk hatékonyan képesek jellemezni a felületet, míg más kombinációk kevésbé hatékonyak. A legismertebb az átlagos érdesség (Ra) és érdesség magasság (Rz) kapcsolatára vonatkozó összefüggés. A két paraméter aránya Rz/Ra utal a megmunkálás jellegére. Például köszörült felületnél ez az arány 5,8-9,5 közötti értéket mutat, míg esztergálásnál 3,4-7,5 közötti értékek mérhetők függően a megmunkálási folyamat jellemzőitől [1].

A paraméterkombinációk megadhatók ún. topológiai térkép formájában, mely a jellemezésre használt két paraméter függvényében ábrázolja az egyes felületeket. A legismertebb topológiai térképet Whitehousnál [2] találjuk, mely az RSk (skewness - ferdeségi mérőszám) és Rku (kurtosis - lapultsági mérőszám) koordináta rendszerében helyezi el az egyes megmunkálásokat (ld. 1. ábra). A két amplitúdó (csak magasságkoordinátáktól függő) paraméter egymástól matematikailag független, de a gyakorlatban közel parabolikus jellegű kapcsolatot mutat (ld. 1. ábra).



1. ábra. RSk - Rku topológiai térkép [2]

Későbbi kutatások rámutattak arra, hogy nem pusztán a megmunkálás típusa, hanem sokkal inkább a megmunkálási folyamat paraméterei alapján lehet elhelyezni az egyes felületeket ezen a topológiai térképen. Horváth és társai [3] a forgácsoló szerszám élgeometriájának hatását vizsgálták és döntő tényezőnek találták a topológia térképen való elhelyezkedésben.

Ez a következtetés jól összecseng mindazon kutatók eredményeivel, akik az RSk-RKu topológiai térképet a felület tribológiai jellemzésével és a működési folyamatban betöltött szerepével kapcsolták össze. [4] és [5] munkájukban az RSk és RKu paraméterek érintkezési, súrlódási és felületi rétegképzésben betöltött szerepét vizsgálták.

Kevésbé ismert, de hasonló funkciót betöltő topológiai térképpel találkozunk Petropoulos és társainál [6], akik a saját maguk által megalkotott paramétereken nyugvó ún. „Beta function chart” használatával jellemezték a forgácsolási folyamatot.

Jelen munkánkban, korábbi mikrotopográfiai mérésekből felállított adatbázist használva, kerestünk olyan paraméterkombinációkat, melyek hasonló módon topológiai térképet alkotva jellemezhetik a felületet. A vizsgálatok 3D-s méréseken alapultak és kiterjedtek az amplitúdó paramétereken túl a térközi, hibrid és működési paraméterek körére, valamint kiterjedtek a megalkotott topológia térkép értelmezésére és felhasználására is.

2. HIBRID PARAMÉTEREK TOPOLÓGIAI TÉRKÉPE

Munkánk során három megmunkálási eljárást, esztergálást, marást és köszörülést vizsgáltunk. A mért felületek az Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karán az elmúlt 20 évben elvégzett mérésekből készített adatbázisból kerültek ki. Több mint 100 mikrotopográfia került kiértékelésre. Ezek vegyes forgácsolási paraméterekkel, különböző anyagokból kimunkált felületek voltak.

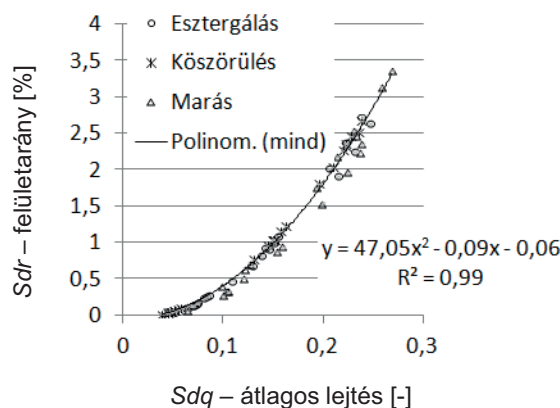
Mérési jellemzőiket tekintve viszont minden esetben 1x1 mm²-es felületrészről 2x2 µm-es lépésközzel készült mikrotopográfia került elemzésre, annak érdekében, hogy a mérési beállítások eltérése ne torzítsa az egyes paramétereket.

Különböző paraméter kombinációkat vizsgáltunk: Sq-Sz; Sal-Sq; Sal-Str; Sdq-Sq; Sdq-Spk; Sdr-Sq; Sdq-Sdr; Spk-Sq; Sk-Sq. A felsorolt topográfiai paraméterek értelmezése a [7] szabványban megtalálható.

Az Sdq-Sdr paraméterpár esetén érdekes összefüggés mutatkozott. Mindkét paraméter a hibrid paraméterek csoportjába tartozik. Ezek a paraméterek magasságirányú és térközi jellemzőket egyaránt magukba foglalnak. Eltérő módon, de mindkét paraméter a felület tagoltságát jellemzi. Az Sdq vagy Sdq paraméter, a felületi mikrojeometria hajlásának négyzetes középértéke. Jelentéstartalmát tekintve a mérési pontok közötti gradiens négyzetes átlagát

mutatja, azaz minél tagoltabb a felület, annál nagyobb értékű, de értéke függ az irányultságtól és kapcsolódik az érdesség amplitúdó paramétereire. Az Sdr paraméter a felületarány nevet viseli. Ez a paraméter megmutatja a mért mikrotopográfiát burkoló felület nagyságának arányát a mintavételi területhez képest. Itt is igaz, hogy minél tagoltabb a felület, annál nagyobb a paraméter értéke. A két paraméter matematikai definícióját és szoftveres implementációját diszkrét mintavételi esetre a [8] szakirodalom tartalmazza.

A két paraméter által alkotott topológiai térképet mutatja a 2. ábra.



2. ábra. Sdr-Sdq (hibrid) topológiai térkép

Két jellegzetességet fedezhetünk fel a térképen. Az egyik a két paraméter rendkívül erős korrelációja. Matematikai szinten semmiféle kapcsolat nincs a két paraméter között, hiszen az Sdq esetén az x és y irányú gradiensek négyzetes átlagából számítja a paramétert, míg az Sdr esetén háromszöglapokkal borítja a digitalizált felszínt és ezek összterülete a kiinduló alap a paraméter meghatározásához. További kutatási feladat, hogy irányultsággal nem rendelkező, más jellegű felületek esetén is megmarad-e ez a függvénykapcsolat, vagy megváltozik.

A másik érdekesség, hogy bár három eltérő jellegű megmunkálásról van szó, az egyes mérésekhez tartozó pontok vegyesen jelennek meg a térképen; a három megmunkálás nem különül el. Ezzel együtt széles tartományt fednek le, mely nyilvánvalóan a felületek eltérő sajátosságára utal.

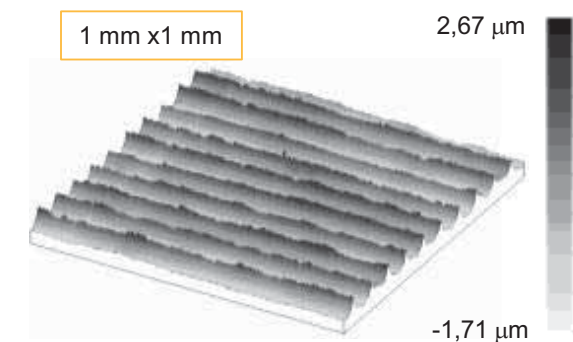
3. HIBRID TOPOLÓGIA TÉRKÉP HASZNÁLATA

Az erős korreláció önmagában nem fejez ki semmiféle tribológiai jellegzetességet, de a paraméterek rendezettsége és a széles tartomány, melyet felölelnek, felveti a kérdést, hogy vajon milyen tribológiai tulajdonság rendelhető a térkép egyes régióihoz. Felfedezhető-e olyan

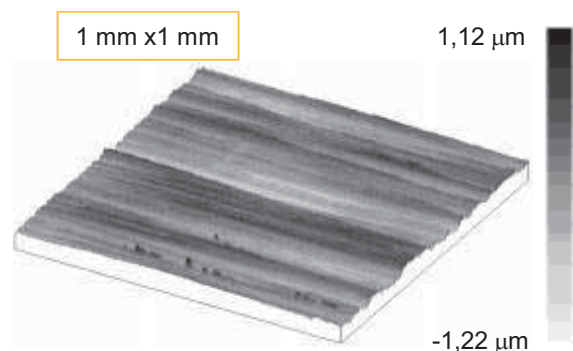
sajátosság a felületeken, melynek leírása hasznos lehet a működésben betöltött szerep szempontjából? Tulajdonképpen arra kerestük a választ, hogy használható-e a térkép valamire?

Ennek a kérdésnek a megválaszolásához mindhárom megmunkálás esetén megnéztük az egyes régiókhoz tartozó topográfiai képeket. A vizsgálatokhoz azok közül a topográfiaiak közül válogattunk, melyeknél az Sdr értéke 0,1 alatti ($<5,7^\circ$), illetve 0,2 fölötti ($>11,3^\circ$).

A 3. és 4. ábra rendre egy esztergált és egy köszörült felületet mutat, melyeket a hibrid topológiai térkép (ld. 2. ábra) bal alsó sarkában található pontok jellemeznek.



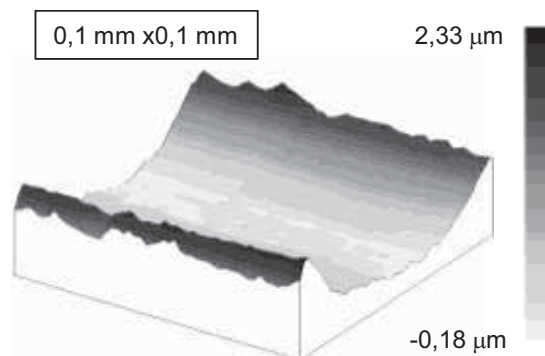
3. ábra. Esztergált felület topográfiája; $1 \times 1 \text{ mm}^2$ felület; $2 \times 2 \mu\text{m}$ mintavétel ($Sdq=0,08$; $Sdr=0,25\%$)



4. ábra. Köszörült felület topográfiája; $1 \times 1 \text{ mm}^2$ felület; $2 \times 2 \mu\text{m}$ mintavétel ($Sdq=0,05$; $Sdr=0,06\%$)

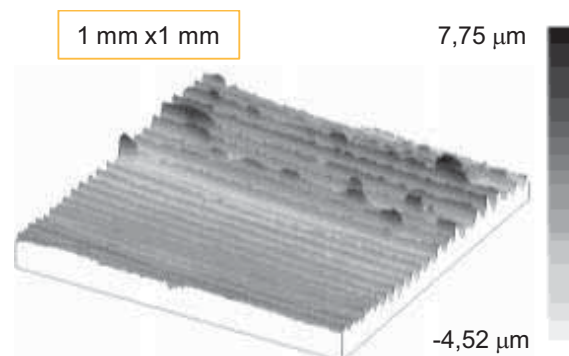
Mindkét topográfia egyenletes, szép megmunkálást mutat. A megmunkálási nyomok rendezettek, nem látszanak megmunkálási hibák, komolyabb felületi sérülések. A hibrid paraméterek nem elsősorban a domináns topográfiai elemeket (pl. megmunkálási nyomok) jellemzik, hanem a felület apró részleteit pontosan ugyanolyan, vagy még nagyobb súllyal foglalják magukba. Az alacsony Sdq és Sdr érték kevésbé tagolt, lokális kiemelkedésektől mentes felületre utal. Ez azt is jelenti, hogy nem csak a megmunkálási nyomok egyenletesek, hanem a megmunkálási nyomok részletei, azaz egy-egy nyomon belül is sima, felszakadásoktól,

tagoltságoktól mentes felületet tapasztalunk. A 3. ábrán látható felületről egy esztergálási nyomába pillant be az 5. ábra. A megmunkálási nyom „gerinceit” leszámítva rendkívül szép, egyenletes, sima felszín tapasztalunk, mely indokolja a hibrid paraméterek alacsony értékét. További hasonló Sdq és Sdr értékekkel rendelkező felületek esetén is hasonló felületet tapasztalunk.



5. ábra. Esztergált felület megmunkálási nyoma; $0,1 \times 0,1 \text{ mm}^2$ felület; $2 \times 2 \mu\text{m}$ mintavétel

A 6. és 7. ábra olyan topográfiai képeket mutat, melyek a hibrid topológiai térkép jobb felső sarkához tartoznak. A 6. ábrán esztergálást, míg a 7. ábrán mart felületet látunk.

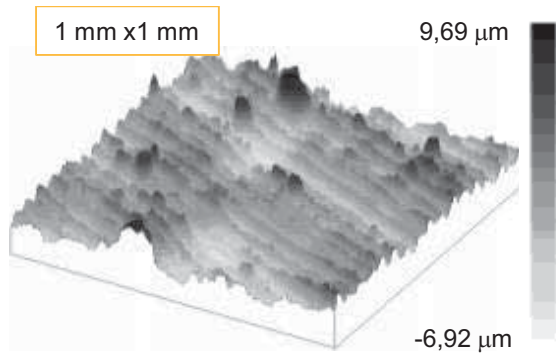


6. ábra. Esztergált felület topográfiája; $1 \times 1 \text{ mm}^2$ felület; $2 \times 2 \mu\text{m}$ mintavétel ($Sdq=0,24$; $Sdr=2,65\%$)

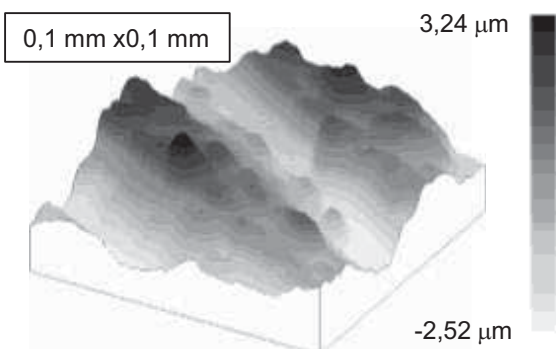
A két bemutatott topográfia esetén a felület durva megmunkálási sérüléseket tartalmaz. Felszakadások, elkenődések, kiugró csúcsok, helyenként mélyebb völgyek taglalják a felületet. Ez az erős tagoltság a hibrid paraméterek emelkedésében jelentkezik. A felület megmunkálási nyomainak „mélyén” rejlő geometriai eltéréseket tárja fel a 8. ábra. Világosan látszanak a megmunkálási nyomok csúcsain jelentkező éles kiugrások, kiszakadások, de ezek mellett a völgyek is tagoltak, itt is találunk lokális kiemelkedéseket.

Hasonlóan magas hibrid paraméter értékekkel rendelkező felületek vizsgálata során nem minden esetben volt megfigyelhető hasonló

jelenség. Az okok feltárása további részletes vizsgálatot igényel.

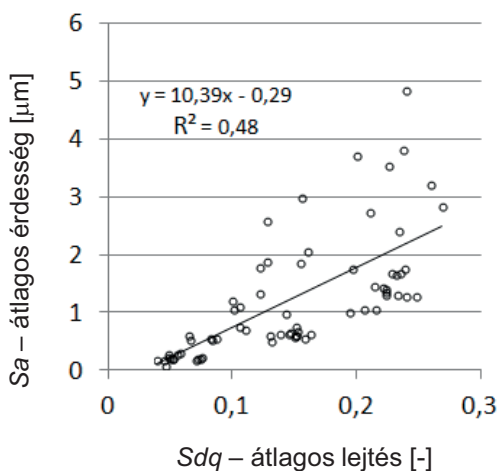


7. ábra. Mart felület topográfiája; 1x1 mm² felület; 2x2 μm mintavétel ($Sdq=0,23$; $Sdr=2,56\%$)



8. ábra. Mart felület topográfiája; 0,1x0,1 mm² felület; 2x2 μm mintavétel

A felületek értékelése során felmerült a kérdés, hogy vajon ezen hibrid paraméterek értéke mennyiben függ a felület érdességének nagyságától. A 9. ábra az Sdq paraméter függvényében mutatja az átlagos érdességet (Sa) a vizsgált adatbázison értelmezve. A két paraméter nem független egymástól, de közöttük szoros kapcsolat nem mutatható ki.



9. ábra. Sdq - Sa paraméterek kapcsolata

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink eredményeként az alábbi következtetésekre jutottunk:

- Műszaki felületek jellemzésére a szabványban definiált érdességi paraméterek kombinált alkalmazása hatékonynak bizonyult.
- A Sdq - Sdr hibrid paraméterek alkalmazása topológiai térképként fontos jellemzője a felületnek, alkalmazásával értékes információkhoz juthatunk.
- A Sdq és Sdr paraméterek emelkedése a vizsgált forgácsolt felületeknél a megmunkálás esetleges hibáira hívja fel a figyelmet.

5. IRODALOM

- [1] Palásti K B, Sipos S., Czifra Á.: $Rz = 4 \cdot Ra$ és egyéb érdességi értelmezések a forgácsolt felületek értékelésében, *GYÁRTÓESZKÖZÖK, SZERSZÁMOK, SZERSZÁMGÉPEK* 2012:(1), pp. 20-24. (2012)
- [2] Whitehouse, D.J.: *Handbook of surface metrology*, Inside of Physics Publ., Bristol (1994)
- [3] Horváth Richárd, Czifra Árpád, Drégelyi-Kiss Ágota: 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, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 78:(1-4) pp. 297-304. (2015)
- [4] Marko Sedlacek, Bojan Podgornik, Joze Vizintin: Correlation between standard roughness parameters skewness and kurtosis and tribological behaviour of contact surfaces, *Tribology International* 48 (2012) 102–112
- [5] Pradeep L., Menezes, Kishore, Satish V. Kailas: Influence of surface texture and roughness parameters on friction and transfer layer formation during sliding of aluminium pin on steel plate, *Wear* 267 (2009) 1534–1549
- [6] G.P. Petropoulos, C.N. Pandazaras, N.M. Vaxevanidis, A. Antoniadis: Multi-parameter identification and control of turned surface textures, *Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 29., pp. 118-128 (2006)
- [7] ISO 25178/2-2012: Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Areal - Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters (2012)
- [8] Kovács K., Váradi K, Palásti K. B.: Műszaki felületek mikrotopográfiájának jellemzése, *Gépgyártástechnológia*, Vol. 39, Iss.8. p. 31-38 (1999)