

VASÚTI FÉKTUSKÓ KOPÁSI VISELKEDÉSE II. RÉSZ: MIKROTOPOGRÁFIAI ANALÍZIS

WEAR BEHAVIOUR OF RAILWAY BRAKES PART II: ANALYSIS OF MICROTOPOGRAPHY

Czifra Árpád¹, Békési Nándor², Váradi Károly²

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék

ABSTRACT

Tribological behaviour – friction, wear and lubrication – of machine elements highly depends on the operating conditions and also the original topography of working pairs. The aim of this study was to analyse the rail brake block surface to get information about their macro- and microgeometry to verify the numerical wear simulation has been presented in first part of this paper.

1. BEVEZETÉS

A felületi mikrogeometria, mikrotopográfia jellemzése évtizedek óta a felületi érdesség paramétereinek megadásával, vizsgálatával történik. Ugyanakkor a műszaki gyakorlat igen jól tudja, hogy a valós érintkezési viszonyok nem kizárólag a felület érdességétől, hanem a elsősorban a névleges és kontúr érintkezési tartomány nagyságától, kiterjedésétől, azaz a makrogeometriától, az alakhibától és a felület hullámosságától függenek.

A tribológiai folyamatok során – elsősorban a kopás, a hődeformáció, valamint a rugalmas és képlékeny alakváltozások révén – a kiinduló geometria jelentősen módosul. Ezen változások nyomonkövetése igen komoly kihívás elé állítja a kutatókat, ugyanakkor a tribológia szempontú tervezés elképzelhetetlen ezen folyamatok pontos ismerete nélkül. Ennek köszönhető, hogy napjainkban számos kopási szimuláció és modell található a szakirodalomban. Ezek többsége valamilyen módon kötődik a felületi makro- és mikrogeometria vizsgálatához.

A hagyományosnak tekinthető, érdesség és hullámosság szétválasztásával (szűrésével) dolgozó M-rendszerben ezen kihívásokra új szűrési technikák megjelenésével, újabb és újabb topográfiai paraméterek bevezetésével reagáltak. Napjaink modern szűrési eljárásainak (kettős

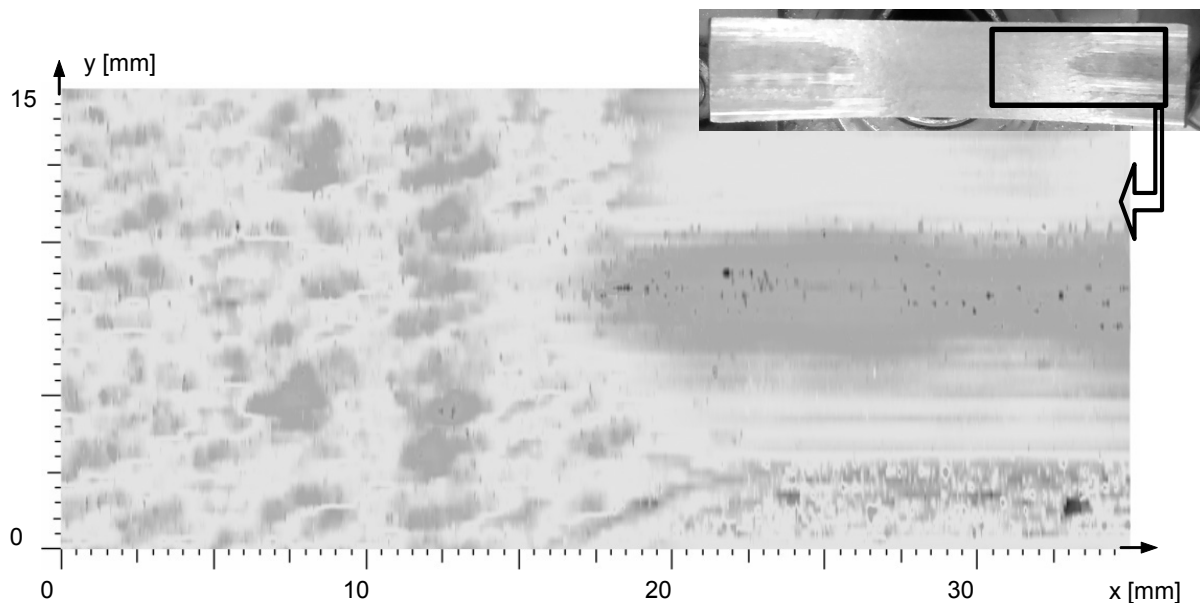
Gauss, robust, spline, wavelet, stb...) összefoglalását megtaláljuk [1]-ben. A paraméterlista működési feltételekhez igazodására jó példaként említhetjük az 1998-ban bevezetett ISO 13565-3 jelű szabványt [2], mely kettős megmunkálású felületek esetén definiálja a hordfelületi görbe sajátos paramétereit. Még inkább alkalmazásorientált felületi kiértékelést látunk a 2002-ben, a Német Autóipari Szövetség (VDA) által kiadott ajánlásban [3], mely a felület – működésben kiemelt szerepet betöltő – domináns hullámhosszának meghatározására ad javaslatot.

Természetesen további – az M-rendszertől független – alapvetően 3D-s topográfiai elemzésre irányuló technikák is megjelentek, melyek egyik fontos jellemzője, hogy a modellezésben megjelenő topográfiai sajátosságok meghatározására irányulnak. Ezek rövid bemutatása megtalálható [4]-ben.

A tribológiai, kopási modellezés megbízhatóságának ellenőrzése sokféle módon történhet. Ezek közül az egyik lehetőség a felületi makro- és mikrogeometria vizsgálata, melyre a hagyományos tapintós érdességmérő műszer mérési tartománya lehetőséget ad.

A felület vizsgálata kétféle szempont szerint segíti a modell verifikálását. Egyrészt a geometria mérésével összehasonlítási alapot teremt a modellezett alak megfelelőségének ellenőrzésére, másrészt a felületi mikrogeometria magán viseli a tribológiai folyamat nyomait, melyekből következtetni tudunk a lezajlott kopási, súrlódási folyamat minőségi jellemzőire. A modellezés során megmutatkozó állapotjellemzők és a kialakult topográfia összhangja a modellezés megbízhatóságát támasztja alá.

Jelen munkánkban vasúti féktuskó mikrotopográfiai vizsgálatát végeztük el, annak érdekében, hogy annak működése, kopása során kialakult felület mikrogeometria jellemzőinek feltárásával következtessünk a kopási folyamatra.



1. ábra. Polinomiálisan szűrt 15x35-es felületrész a féktuskóról

2. ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A cikk első részében bemutatott vasúti féktuskó topográfiai elemzését végeztük el az alábbiak szerint:

A mérések Mahr Perthometer típusú érdesség és kontúrmérő berendezésen történtek FRW-750 tapintótűvel (90°-os csúcshög, 10 μm csúcshög). A féktuskó mikrogeometriájának feltárásához 15x35 mm mérési felületen készült érdességmérés rendre 250x10 μm lépéshöggyel. A durva lépéshög alkalmazhatóságát indokolja, hogy akár az eredeti, kopástól mentes, akár a kopott felületet vizsgáljuk, az azokon megjelenő megmunkálási és kopási nyomok olyan durvák voltak, hogy még ennél a lépéshöggnél is lehetőség nyílt a domináns mikrotopográfiai elemek azonosítására.

A nagymintavételű vizsgálat mellett kisebb felületrészletről részletesebb topográfiai mérések is készültek. A kopástól mentes felületen 5x5 mm-es felületrészletről 25x25 μm lépéshöggyel, valamint 1x1 mm felületről 1x1 μm lépéshöggyel. Továbbá a kopott felületről 8x8 mm mintavételi területen 25x25 μm lépéshöggyel és 1x1 mm felületen 1x1 μm lépéshöggyel.

A vizsgálatok második részét sztereomikroszkópon végzett optikai felvételek jelentették. A kismintavételű topográfiai vizsgálatok és a sztereomikroszkópos felvételek célja egyaránt a működés során bekövetkezett kopási folyamat, valamint olyan topográfiai elemek azonosítása volt, melyek utalnak a felületen lejárló eseményekre. Természetesen pusztán a topográfia ismerete nem elegendő a kopási folyamat megítéléséhez, de a tribológiai modellezés eredményeinek egyfajta alátámasztását jelentheti.

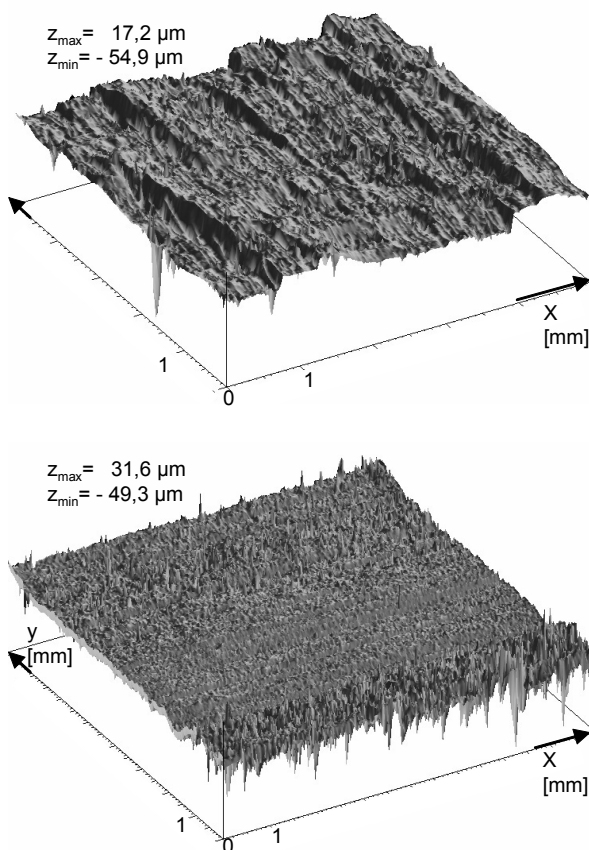
3. EREDMÉNYEK

Az eredmények értékelése alapvetően az eredeti és kopott mikrotopográfiai vizuális és paraméteralapú vizsgálatával történtek.

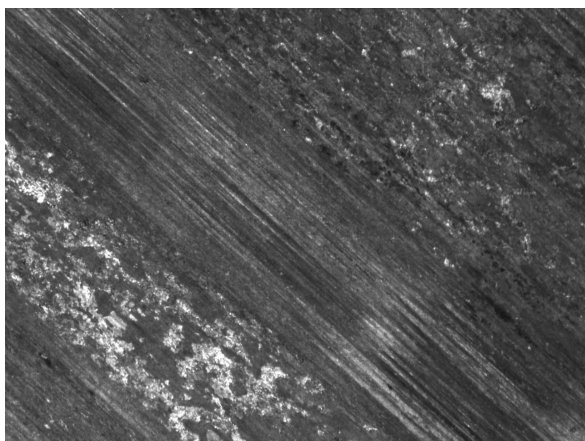
3.1. Vizuális vizsgálatok eredményei

A mérésekhez használt tapintó jellegéből (független tapintó) adódóan a mért adathalmaz tartalmazza a felület érdességi, hullámosságai, valamint makro geometriai jellemzőit. A 35 mm-es mérési hossz olyan módon lett megválasztva, hogy annak egy része az eredeti, míg másik része a kopott topográfiát tartalmazza. Ez az átfogó felvétel (ld. 1. ábra) nagy mintavételi lépéshöggnel történt, de az 1. ábra szerint jól azonosíthatóak a domináns topográfiai elemek. A feldolgozás során a felület alakját (hengerességét), illetve a mérési ferdeségeket polinomiális szűrővel távolítottuk el. A MarWin XT kereskedelmi szoftver polinomiális szűrőjénél vontatási és keresztirányban (x és y) külön megadható a szűrő fokszáma. Esetünkben ez x irányban 5-öd fokú szűrés, y irányban 1-ed fokú szűrészt jelentett. Valójában egy egy olyan középfelület köré „rendezését” adja a mérési adathalmaznak, mely egyik irányban 5-öd fokú, másik irányban első fokú polinommal írható le. Az x irányú magas fokszámot az indokolta, hogy a mért felületen két különböző (eredeti és kopott) sugarú henger találkozik, továbbá előfordulhatnak bizonyos nagyhullámhosszú alakhibák. A kisebb felületrészek esetén (melyek csak a topográfiai kopás nélküli, vagy kopott részét érintették) 3-ad fokú szűrészt alkalmaztunk. A szűrés részletes leírása megtalálható [1]-ben.

Az 1. ábrán jól elkülöníthető az eredeti (balra) és a kopott (jobbra) felületrész. A részletesebb vizsgálatokhoz ezek után mindkét felületrészről egy-egy nagyobb méretű felvételt láthatunk a 2. ábrán. A kopott topográfiaán kétféle kopási zóna különíthető el. Az egyik (a kép közepén) határozott csúszás irányú kopási nyomok jelennek meg, míg a másik erősen eldurvult felületre utal.



2. ábra. Polinomiálisan szűrt kopás nélküli (fent) és kopott felületrészek (lent).



3. ábra. A féktuskó kopott felületének sztereomikroszkópos képe.

A szteromikroszkóppal készült optikai felvételek hasonló jeleget mutatnak. A 3. ábra mindössze 8x-os nagyításban mutatja a felület kopott részét. Jól látszik, hogy egyes helyeken (az ábra bal felső sarkától a jobb alsóig átlósan) határozott kopási nyomok figyelhetők meg, mely jelenség abrazív kopási viselkedést mutat. A felület más részei viszont ettől eltérő nyomokat látunk. Azaz a fékezési folyamat során a féktuskó nem egyenletesen kopott, hanem különböző kopási zónák alakultak ki. Ezen zónák kialakulása nem magyarázható a tuskó mikrogeometriai jellemzőivel, mert a 2. ábra eredeti topográfiairól készült felvétele semmiféle y irányú hullámosságot, alakhibát nem mutat. Oka alapvetően a kapcsolódó elempárban, vagy a kapcsolódás körülményeiben keresendő.

3.2. Paraméteralapú jellemzés

A vizsgálatok másik része a tribológia folyamat sajátos topográfiai jelenségeinek felismerésére irányult. Vizsgálataink elsősorban a kétféle kopási zóna jellemzését és ezáltal a kopási folyamat megértését célozták.

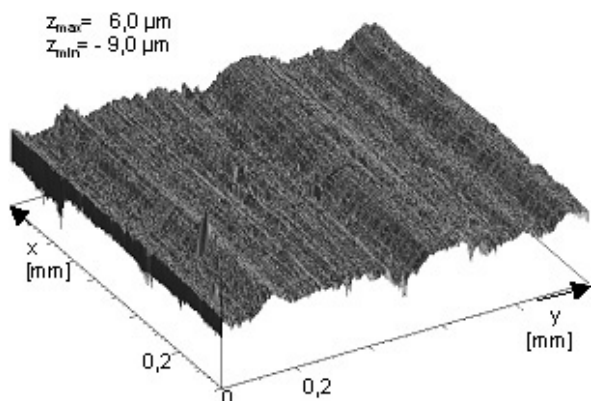
Az 1x1 mm-es felületrészről 1 μm -es lépésközzel készült felvételek részletes topográfiai analízist tesznek lehetővé. A kiértékelés során első lépésben a korábban is használt polinomiális szűrőt alkalmaztuk (x irányban 3-ad fokú, y irányban 1-ed fokú). A vizsgált topográfiaik néhány érdességi paraméterét az 1. táblázat foglalja össze.

12. táblázat. Topográfiaik érdességi paraméterei

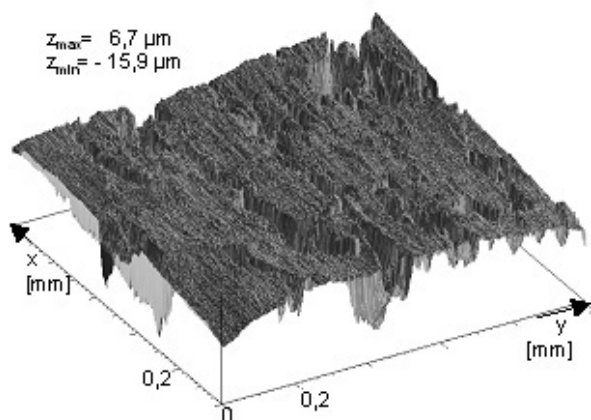
Paraméter	Eredeti felület	Karcos felület	Felszakadásos felület
S_a [μm]	0,92	0,70	2,05
S_z [μm]	16,1	15,0	22,6
S_v [μm]	10,3	9,0	15,9
S_p [μm]	5,8	6,0	6,8

A 4. ábra érdességmérési felvétele a magasságirányú léptékkal jól mutatja, hogy a karcos, abrazív kopással kialakult felületrész lényegesen simább, mint a felszakadásokkal jellemezhető kopási zóna (5. ábra). A topográfiaikhoz tartozó átlagos érdesség (S_a) paraméter is ezt mutatja. Sőt a paraméterekből az is megfigyelhető, míg a karcos felület átlagos érdessége kisebb lett, mint a kiinduló érdesség volt, addig a felszakadozott felület S_a értéke az eredetinek több mint kétszerese. Ez azt is jelenti, hogy az abrazív kopás lefolyásában az ún. mild wear, enyhe kopás kategóriába sorolható, ami jól kézben tartható, állandósult kopási állapotot is jelenthet. A felszakadásokkal jellemezhető felület esetén nem csupán az átlagos érdesség nőtt meg drasztikusan, de az S_v maximális völgymélység is kiugróan magas értékre ugrott. Összehasonlítva az S_v/S_p arányt (S_p a maximális csúcsmagasság) megállapítható, hogy a maximális érték a felszakadozott felületnél tapasztalható. Fontos látni, hogy míg S_p értéke a három esetben közel azonos, S_v

jelentősen eltér, azaz a felszakadozott jellegű felület eldurvulása a völgyzóna kiterjedése révén történt. Vagyis a topográfia pusztán azért durvább, mint az abrazív felületrész, mert itt anyagrézsek szakadtak ki, mély völgyeket hagyva maguk után. Ez a fajta kopás leginkább adhezív folyamatot tükröz. Ez fokozott mechanikus és/vagy termikus hatás következménye lehet. A kiszakadó szemcsék további lokális igénybevételnek teszik ki a felületet.



4. ábra. A féktuskó „abrazívan” kopott felületének érdességmérési képe.



5. ábra. A féktuskó erősen kopott, felszakadozott felületének érdességmérési képe.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A vizsgálatokból az alábbi következtetések vonhatók le: A féktuskó kopása során a felületen két eltérő kopási zóna azonosítható.

A karcokkal jellemezhető kopási zóna abrazív kopási folyamat eredménye. A felület átlagos érdessége itt az eredeti megmunkálási érdességgel nagyságrendileg megegyezik.

A másik azonosított kopási zónát mély, jól körülhatárolható völgyek, kiszakadások jellemzik. Ezen zóna kialakulása elsősorban adhezív kopási folyamat eredménye lehet.

A kopástól mentes mikrotopográfia vizsgálatából megállapítható, hogy annak felülete egyenletes, keresztirányban nem rendelkezik olyan hullámossággal, vagy alakhibával, ami a felületen megjelenő kétféle kopás forrása lehetne.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

6. IRODALOM

- [1] Horváth, S.: A felületi hullámosság 2D-s és 3D-s jellemzése, a működési tulajdonságokra gyakorolt hatásának vizsgálata és elemzése, ZMNE, PhD értekezés, Budapest, 2008
- [2] ISO 13565-3: Geometric product specification (GPS) – Surface texture: Profil method; Surfaces having stratified functional properties – Part 3: Height characterisation using material probability curve (1998)
- [3] VDA 2006, Oberflächenbeschaffenheit, Regeln und Verfahren zur Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit (2002)
- [4] Horváth, S., Czifra, Á.: Új módszerek a felületi érdesség és hullámosság vizsgálatában, OGÉT XVII. Nemzetközi Gépész Találkozó, Gyergyószentmiklós, 2009, pp. 169-173