

VASÚTI FÉKTUSKÓ KOPÁSÁNAK VIZSGÁLATA

WEAR ANALYSIS OF RAIL BRAKE BLOCK

Czifra Árpád¹, Fábíán Enikő Réka², Kozma Mihály³

¹ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Anyagtudomány és Technológia Tanszék

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gép- és Terméktervezés Tanszék

ABSTRACT

Damage and wear of tribological surfaces contain information about the operating state and frictional behaviour. Analysis of worn topographies leads to a deeper understanding of tribological processes.

The aim of this study was to reveal the background of wear of rail brake blocks. Optical and scanning electron microscopy, sectioning and microtopographic measurements were carried out to identify the wear type of surface.

1. BEVEZETÉS

Napjaink tribológiai vizsgálatainak egyik kiemelten fontos területe a kopási folyamatok egyre inkább részletre bontott vizsgálata és modellezése. Ezek a modellek igyekeznek részletesen figyelembe venni a kiinduló felület geometriai, fizikai és kémiai jellemzőit és pontosan modellezni a működési folyamatokat, feltárni a kopási jelenségek okait. Korábbi munkáinkban vasúti féktuskó numerikus kopási modelljét mutattuk be [1]. A forrópont-vándorlási modell [2] választ adott a felület egyenetlen kopására, ugyanakkor a kiegészítő mikrotopográfiai vizsgálatokkal [3] együtt sem tudott egyértelmű választ adni a felületen bekövetkezett kopás okait illetően.

A pásztázó elektronmikroszkópia és az anyagszerkezeti vizsgálatok nélkülözhetetlen eszközei a kopási vizsgálatoknak [4]. A kopott elemek felületének összetétele, az anyagszerkezeti változások a felülettől mért távolság függvényében, lehetőséget biztosítanak a működés közben lezajlott mechanikai, hőtani folyamatok és az ezekkel összefüggő geometriai, fizikai és kémiai változások értékelésére.

Az iparban zajló jelenlegi fejlesztések [5] egyik fontos célja a P10 öntöttvas vasúti féktuskók kiváltása, de a jelenlegi kutatási eredmények ezt még nem teszik lehetővé. Ennek egyik fő oka, hogy a kísérleti fázisban lévő egyéb féktuskó anyagok olyan mértékű kopást szenvednek, vagy okoznak a keréken, ami üzembiztonsági problémákhoz vezethet. Fontos

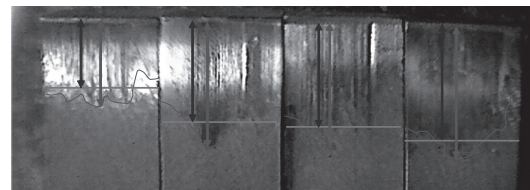
tehát a féktuskónál zajló kopási mechanizmus megismerése.

Jelen munkánk célja a felület károsodásának részletes vizsgálata révén a kopási folyamat minőségi jellemzése volt. Ennek érdekében elektronmikroszkópos felvételek, elemi összetétel vizsgálatok, csiszolatok és metszetek készültek, melyek az elvégzett mikrotopográfiai mérésekkel kiegészítve lehetőséget adtak a kopási folyamat feltárására.

2. ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

A kísérleti fékpad leírás és az elvégzett kísérletek ismertetése a [1] szakirodalomban megtalálható. Mivel jelen vizsgálatok szerves folytatásai a korábbi modellezési és kopásvizsgálati munkának, így jelen cikkünkben kizárólag azokra az eredményekre fókuszálunk, melyek kiegészítik a korábbiakat.

Vizsgálataink a projekt keretében koptatott P10 öntöttvasból készült féktuskók mikrotopográfiai szempontú kiértékelésére irányultak. Négy féktuskó (50, 100, 150, 200 s fékezési időtartam utáni állapot) vizsgálatát végeztük el. A bekoptott részeket mutatja az 1. ábra.



50 sec	100 sec	150 sec	200 sec
11,8 mm	17,3 mm	17,9 mm	19,8 mm
14,8 mm	21,4 mm	19,5 mm	22,7 mm

1. ábra. A féktuskók bekoptott zónája 50-200 s koptatás után.

Korábbi vizsgálataink során a különböző időtartamú koptatások után hasonló felületi jelenségeket figyeltünk meg a darabokon [3]. A kopási folyamat részletesebb megértése érdekében a 100 s koptatási idő utáni darabon további vizsgálatokat végeztünk.

A vizsgálatok megkezdését a vizsgálandó felületek előkészítése előzte meg. Az előkészítés során a vizsgálni kívánt elemeket kiemeltük a szerkezetből. A vizsgált féktuskóból fűrészeléssel mintákat vágunk ki, melyek mérete 25x10x15 mm volt.

A felületek alatti szövetszerkezeti változások feltárása érdekében csiszolatokat készítettünk és a vizsgálatok során maratást végeztünk 3%-os nitál maratószerrel.

A szövetszerkezet felismerésére fénymikroszkópos mérések készültek 100x-os, 200x-os és 500x-os nagyítással. Majd ezeket egészítették ki az elektronmikroszkópos felvételek (SEM), melyek egészen 5000x-es nagyításig mutatják a felületet.

A SEM vizsgálatok kiterjedtek a csiszolatokra és a kopott felszínre egyaránt. Mindkét esetben készültetek anyagi összetételre vonatkozó vizsgálatok.

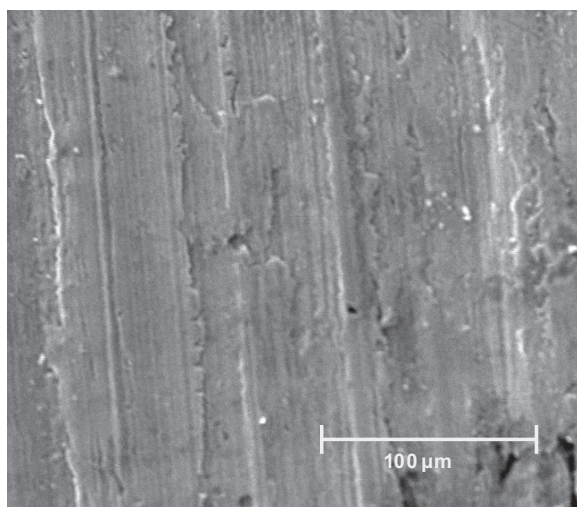
A felületen megjelenő geometriai elemek méretének meghatározására metsztapintós érdességmérő készülékkel 3D topográfiai méréseket végeztünk.

3. EREDMÉNYEK

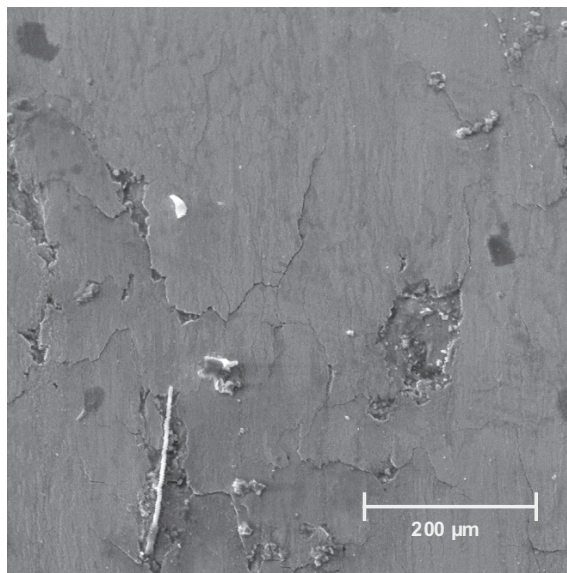
Vizsgálataink egyik fontos kérdése volt annak tisztázása, hogy a felületen korábban mért [2] 350°C feletti hőmérséklet okozott-e olyan szövetszerkezeti, kémiai változásokat, melyek a kopási folyamatot jelentősen befolyásolták, azaz létrejött-e egy védő felszíni réteg, illetve milyen mélységig történt anyagszerkezeti változás a darabon.

3.1. Felszíni vizsgálatok

A vizsgálatok első körét a felszín elektronmikroszkópos vizsgálatai adták. A 2.-4. ábrák a kopott felület SEM képei.



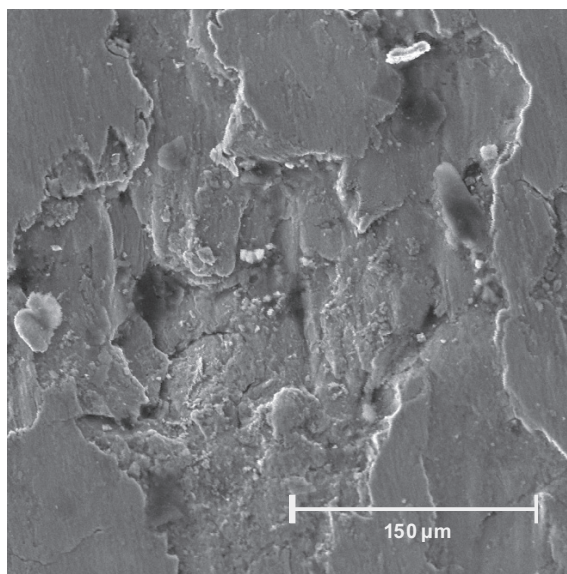
2. ábra. 500x-os nagyítású SEM felvétel a felszín elkenődött „karcos” részéről



3. ábra. 200x-os nagyítású SEM felvétel a felszín elkenődött rétegeiről

A 2. és 3. ábrákon a felület két jellegzetes zónáját láthatjuk. A két felvételen a topográfiai nyomok eltérőek. A 2. ábrán karcokhoz hasonló nyomok fedezhetők fel, míg a 3. ábra „sík” felszínt mutat. Ugyanakkor mindkét esetben felszíni elkenődések utalnak a jelentős képlékeny alakváltozásra, melyet a megemelkedett felszíni hőmérséklet és a jelentős mechanikai terhelés okozhatott. A 3. ábrán megjelenő repedésszerű határok a képlékenyen deformálódott, elkenődött területek szélei

A 4. ábra más jellegű felszínt mutat. Az elkenődött rétegek között kiszakadt, kitört anyagrészt találjuk. Ez lehet az öntöttvasból kiszakadt, kitört grafit szemcse helye.



4. ábra. 350x-os nagyítású SEM felvétel a felület feldurvult részéről

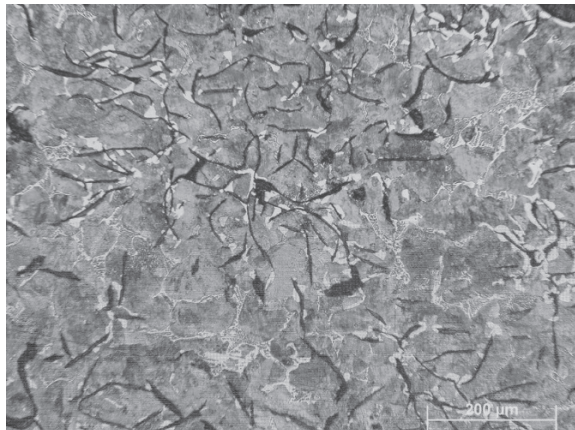
A felszíni rétegről készült összetétel vizsgálat eredményét mutatja az 1. táblázat. Az adatok alapján azt tapasztaljuk, hogy viszonylag magas oxigén tartalom figyelhető meg, ami erősebb oxidációra utal. A táblázatban szereplő értékek a 3. ábrán megfigyelhető felületei rétegre voltak jellemzők.

1. táblázat. A kopott felszíni réteg összetétele

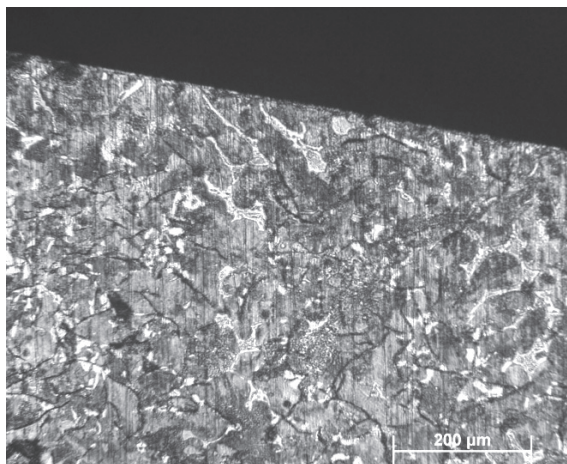
Element	Wt %	At %
O K	6.90	20.36
SiK	0.62	1.04
P K	0.33	0.51
S K	0.22	0.33
CrK	0.24	0.22
MnK	0.43	0.37
FeK	91.25	77.17
Total	100.00	100.00

3.2. Csiszolat vizsgálatok

Az 5. és 6. ábra fénymikroszkópon készült felvételeket mutat a kopott felszín alatti anyag részéről. Az 5. ábrán a minta belsejében megjelenő szövetszerkezetet, míg a 6. ábrán a felszín közeli rész szövetszerkezetét láthatjuk.



5. ábra. Szövetszerkezet a minta belsejében



6. ábra. Szövetszerkezet a felszín közelében

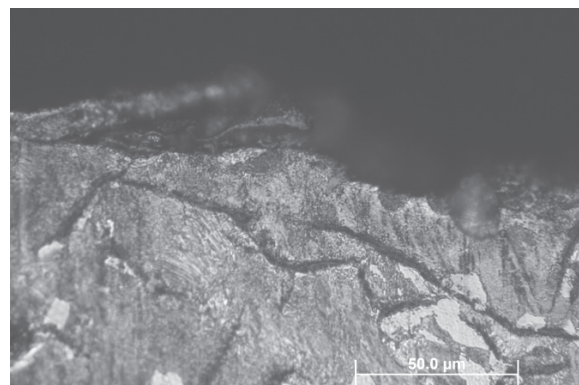
A két ábra összehasonlítása során megállapíthatjuk, hogy nem történt jelentős szövetszerkezeti változás az öntöttvas fékpofa működése során. Ez részben azt is jelenti, hogy a korábban megfigyelt képlékenyen alakváltozott felszín nem egy nagy hőmérsékleten kialakult transzfer film, hanem sokkal inkább az erős mechanikai hatások miatt elkenődött vékony felszíni ferrit réteg. Ebben a képlékeny alakváltozásban természetesen szerepet játszik a megemelkedett hőmérséklet, de a fékpofa anyaga a felszín alatt ennek hatására nem szenved döntő átalakulást.

Az eredeti, minta belsejében látható szövetszerkezet részletes képét mutatja a 7. ábra, mely elektronmikroszkópon készült. Itt a eutektikum mellett megfigyelhető a perlit jelenléte is.



7. ábra. Szövetszerkezet a minta belsejében

A felszín sérüléseinek, mikrotopográfiai formáinak megjelenését a 8. és 9. ábrák magyarázzák.

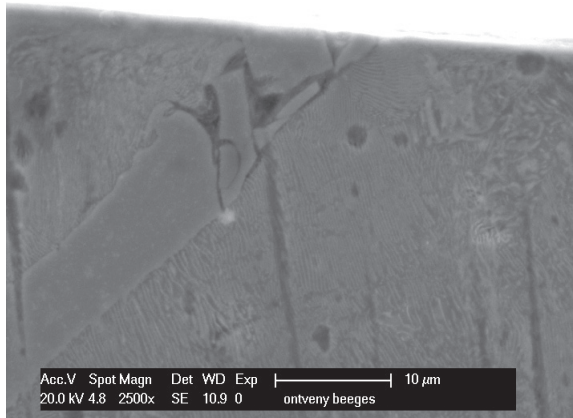


8. ábra. A felszíni réteg kiszakadása

A 8. ábrán a felszíni réteg egy kiszakadása, kitöredezése látható. A fénymikroszkópos felvételen megfigyelhető, hogy már közvetlenül a felszín alatt is az eredeti szövetszerkezet textúrája látszik, a kialakult oxigénben dús réteg a felszínen nagyon vékony,

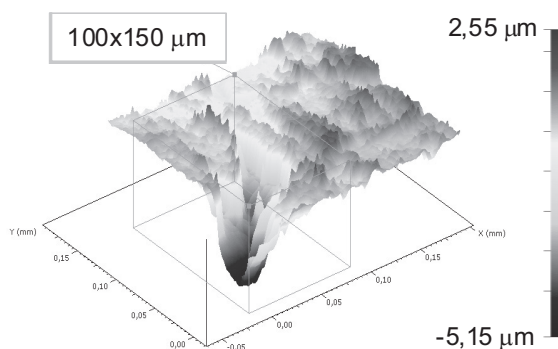
mindössze néhány μm vastagságú lehet, így kopásálló, védőréteg szerepét csak korlátozott mértékben képes betölteni.

A 9. ábrán a felszín közelébe kifutó grafitkiválást látunk. Megfigyelhető, hogy a felszínen és annak közvetlen közelében (kb 5-10 μm mélységig) a grafit összetöredezik. Ezen összetöredezés okát elsősorban mechanikai hatásokban kereshetjük. Az így összetöredezett grafit szemcsék a további mechanikai hatásokra kiszakadhatnak a felületről és a 4. ábrán látható nyomokat hagyhatnak maguk után.



9. ábra. SEM felvétel: A felszín alatti réteg grafit szemcséjének összetöredezése

A 4. ábrán látható kiszakadáshoz hasonló topográfiai elem geometriai méreteinek meghatározására a felületi mikrotopográfiai mérések adnak lehetőséget. A 10. ábrán egy ilyen topográfia elem méreteit látjuk. A kráter mélysége 5,15 μm , kiterjedése nem haladja meg a $100 \times 150 \mu\text{m}^2$ területet. További mérések során felfedezhetők voltak akár 15 μm mélységű, nagyobb kiterjedésű kiszakadások is.



5. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink eredményeként a vasúti féktuskó kopási viselkedésével kapcsolatban az alábbi megállapításokat tehetjük.

- A fékezés során fellépő nagy mechanikai és hő-terhelés hatására a súrlódó felület jelentős képlékeny alakváltozást

szenvedett, a mozgás irányában elkenődött.

- A felületen megfigyelhetők finoman elkenődött, sima felszínű részek, illetve felszakadásokkal, kitöredezésekkel jellemezhető felszíni zónák.
- Jelentős szövetszerkezeti változások a féktuskó felszíne alatt nem következtek be, így a kopási, képlékeny alakváltozási folyamat elsősorban mechanikai hatások eredménye.
- Oxigénben dúsabb felületi réteg mindössze néhány mikrométer vastagságban alakult ki.
- 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 μm mélységű kráterek keletkeztek.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. "TÁMOP-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001 Kritikus infrastruktúra védelmi kutatások,,

7. IRODALOM

- [1] Békési Nándor, Váradi Károly, Czifra Árpád: Vasúti féktuskó kopási viselkedése I. rész: Numerikus szimuláció, GÉP 62:(9-10) pp. 52-58. (2011)
- [2] Nándor Békési, Károly Váradi: Contact Thermal Analysis and Wear Simulation of a Brake Block, ADVANCES IN TRIBOLOGY 2013: Paper 878274. (2013)
- [3] Czifra Árpád, Békési Nándor, Váradi Károly: Vasúti féktuskó kopási viselkedése II. rész: Mikrotopográfiai analízis, GÉP 62:(9-10) pp. 59-62. (2011)
- [4] Tallian, T. E.: Failure atlas for Hertz contact machine elements, ASME Press, New York (1992)
- [5] Vörösmarti József: Válaszok a megváltozott vasútvállalati igényekre, VASÚTGÉPÉSZET 2011/4, p. 37-42