

## A fenol alapú, nem azbeszttartalmú szerves fékanyagok súrlódási teljesítményének értékelése

### Friction performance assessment of phenolic based non-asbestos organic brake materials

Dr. SINGH Tej, egyetemi docens<sup>1</sup>, Dr. JÁNOSI Endre, egyetemi docens<sup>1</sup>,  
Dr. habil. FEKETE Gusztáv, egyetemi docens<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Savaria Műszaki Intézet  
H-9700 Szombathely Károlyi Gáspár tér 4. tel: +36-94-504-363  
E-mail: [fg@inf.elte.hu](mailto:fg@inf.elte.hu), website: [smi.inf.elte.hu](http://smi.inf.elte.hu)

#### Kivonat

*Ez a cikk különféle abrazív anyagok (alumínium-oxid, magnézium-oxid, cink-oxid, vas-oxid, szilícium-dioxid, titán-dioxid és cirkónium-dioxid) hatását mutatja be a nem azbeszt alapú fék súrlódási anyagok tribológiai teljesítményére vonatkozóan. Kimutathatóvá vált a kutatás során, hogy a különböző abrazív anyagok lényegesen befolyásolták a kompozitok tribológiai teljesítményét. A súrlódási tényező legmagasabb értékét (0,425), a legkisebb súrlódási ingadozást (0,222) azon kompozitok mutatták, amelyek alumínium-oxidot tartalmaztak abrazívként.*

**Kulcsszavak:** polimer kompozitok, abrazív anyagok, kopás

#### Abstract

*This research article presents the effects of different abrasives (aluminium oxide, magnesium oxide, zinc oxide, iron oxide, silicon dioxide, titanium dioxide and zirconium dioxide) on tribological performance of non-asbestos brake friction materials. It was seen that the different sort of abrasives substantially affected the tribological performance of the friction composites. The highest values of friction coefficient (0.425), least friction fluctuations (0.252) were obtained from the friction composites containing aluminium oxide as an abrasive.*

**Key words:** polymer composites, friction materials, wear

## 1. BEVEZETÉS

A járműfékrendszerekhez használt kompozit anyagok általában tulajdonságmódosítókat tartalmaznak, hogy javítsák a súrlódási teljesítményt és a kopásállóságot [1, 2]. A csiszolóanyagok, amelyeket tulajdonságmódosítóként osztályoznak, olyan kemény részecskék, amelyeket a súrlódási kompozit anyagokban használnak a súrlódási teljesítmény fokozására [3]. Megalapozott hőmérsékleten stabilizálják a kompozitokat, miközben a csiszolási folyamat során eltávolítják a pirolizált felületi fóliát az ellendarabról [4, 5]. A fent említett tanulmányok ellenére továbbra is nehéz következtetéseket levonni a csiszolóanyagok súrlódási tényezőinek változásáról, fluktuációjáról, illetve a melegedés függvényében való változásáról (fading jelenség). Emiatt kiemelten fontos egy olyan tanulmány elvégzése, ahol különböző abrazív anyagokkal létrehozott súrlódási fékanyagok tribológiai teljesítményét hasonlítják össze.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1 Kompozit létrehozása

Az alábbi táblázatban (1. táblázat) bemutatott összetevőkből és az ott bemutatott összetétel alapján hoztuk létre a fék kompozitokat, amelyeket az Új-Delhi-i székhelyű Starke International

vállalattól vásároltuk meg. Az irodalomból kiderül, hogy a kisebb méretű csiszoló részecskék kontaktfilmet képeznek, amely stabilizálja a súrlódási teljesítményt és növeli a kopásállóságot [6-9]. Ezért a jelenlegi vizsgálatban olyan abrazív anyagokat választottunk, amelyeknek az átlagos szemcseméretük 400 mesh (0,037 mm) volt.

*Kompozit összetétel*

1. táblázat

Összetétel (% m/m)	Kompozit összetétel							
	MO-0	MO-1	MO-2	MO-3	MO-4	MO-5	MO-6	MO-7
Alapanyag összetétel*	95	95	95	95	95	95	95	95
Bárium szulfát	5	0	0	0	0	0	0	0
Alumínium oxid	0	5	0	0	0	0	0	0
Magnézium oxid	0	0	5	0	0	0	0	0
Cink oxid	0	0	0	5	0	0	0	0
Vas oxid	0	0	0	0	5	0	0	0
Szilikon oxid	0	0	0	0	0	5	0	0
Titánium oxid	0	0	0	0	0	0	5	0
Cirkónium oxid	0	0	0	0	0	0	0	5

\* Kiindulási összetétel: Bárium szulfát: 50 % m/m, grafit: 5 % m/m, rostok (Kevlár, lapinus; 1:2): 15 % m/m, potassium titanate: 5 % m/m, vermikulit: 5 % m/m, valamint fenol alapú gyanta: 15 % m/m

A kiindulási összetétel mindig állandó volt, 95 % m/m alapanyagmennyiség 5 % m/m abrazív anyaggal minden egyes kompozitban. Összehasonlításképpen, csiszolóanyag-mentes kompozitot is előállítottunk úgy, hogy 5 % m/m bárium-szulfátot adtunk a kiindulási összetételhez. Az izotropia elérése érdekében a kiválasztott anyagokat mechanikai keverőben kevertük 10 percig. Az elegyet egy formába öntöttük, amelyet ragasztóval bevont acél hátlapok támasztottak alá. Az öntőformát ezután hőkezeltük 155 °C hőmérsékleten 10 percig 15 MPa nyomáson, amit kompressziós formázógép alkalmazásával végeztünk. Ezután a fékbetét kompozitokat kemencében tartottuk 170 °C hőmérsékleten 4 órán keresztül.

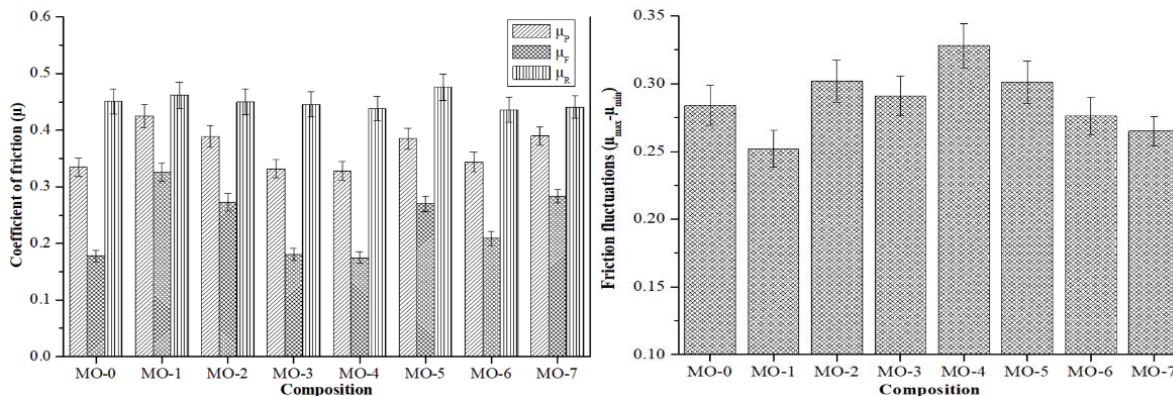
## 2.2 A kompozit súrlódási tulajdonságainak vizsgálata

Az új kompozitok tribológiai tulajdonságait az ECR (Economic Commission for Europe) R-90 eljárásának alkalmazásával értékeltük Krauss típusú gépen. A gép részletes leírását és a tesztelési ütemtervet másutt közlik [10-12]. A tárcsa 2 MPa névleges fékezési nyomását és 660 fordulat / perc sebességét a szokásos ECR R-90 tesztprotokoll előírásainak alapján alkalmaztuk, amely 7x10 fékezési ciklusból áll, a tribológiai tulajdonságok értékelése céljából. A fékezés időtartama 10 s volt, és két egymást követő fékezés között 10 szekundumos intervallumot tartottunk fenn. A hideg súrlódási ciklus 45 °C-os kezdeti hőmérsékleten kezdődött, miközben ventilátorokat alkalmaztunk a tárcsa által generált súrlódási hő szabályozására. A hidegciklus öt egymást követő normál ciklusa követett. A ciklusok elején a tárcsa hőmérsékletét 100 °C alatt tartottuk, majd hagytuk fokozatosan emelkedni a tizedik fékezés végéig. Végül, az ötödik ciklus befejezése után az ún. helyreállítási ciklus alatt egy ventilátor segítségével 100 °C alatt tartottuk a tárcsa hőmérsékletét a teszt alatt. A súrlódó kompozit kopását a vastagság és a súlyvesztés szempontjából mértük. Minden összetett mintánál három vizsgálatot végeztünk, és az eredmények a bizonyossági szint 95% -án belül voltak

## 3. EREDMÉNYEK

A vizsgált kompozitok  $\mu P$  (átlagos súrlódási tényező a 7 ciklus alatt),  $\mu F$  és  $\mu R$  (minimális és maximális súrlódási tényező) eredményeit az 1. ábra szemlélteti. Az MO-0 kompozit eredményeit tekintettük bázisnak, amely nem tartalmaz abrazív részecskéket. Itt a súrlódási tényező értékeire ( $\mu P$

és  $\mu F$ ) 0,335 és 0,178 kaptunk. Az abrazív anyagok hozzáadása azonban diszkrét változásokat okozott azok  $\mu P$  és  $\mu F$  kimenetében. Megfigyeltük, hogy a cink-oxid, a vas-oxid és a titán-dioxid hozzáadása majdnem hasonló  $\mu P$  (0,328-0,344) és  $\mu F$  (0,175-0,209) kimenetet eredményezett. Ezenkívül a magnézium-oxid, a szilícium-dioxid és a cirkónium-dioxid alapú készítmények magasabb  $\mu P$  (0,385–0,390) és  $\mu F$  (0,270–0,284) értékeket eredményeztek, míg a  $\mu P$  (0,425) és a  $\mu F$  (0,326) volt a legnagyobb az alumínium-oxid alapú kompozitok esetében.



1. ábra A súrlódási tényezők értékei a különböző kompozitok esetében

#### 4. ÖSSZEFOGLALÓ

A különféle típusú abrazív anyagokat tartalmazó kompozitok tribológiai tulajdonságait az ipari normák szerint értékeltük, majd a vizsgálatok alapján a következő következtetéseket vontuk le:

A vizsgált fizikai, kémiai és mechanikai tulajdonságok nagyjából változatlanok maradnak, és nem követnek semmilyen konkrét tendenciát.

A létrehozott kompozitok súrlódási tényezője 0,30–0,45 között van, amely az ipari gyakorlat kívánt tartományába esik. A legnagyobb súrlódási együtthatót, a legkevesebb súrlódási ingadozást, a legjobb stabilitást és a variabilitási együttható értékeket az alumínium-oxidot tartalmazó kompozitban kaptuk.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezt a kutatást az Eötvös Loránd Tudományegyetem Informatikai Kara és a Malaviya National Institute of Technology Jaipur támogatta.

#### IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] J. Bijwe: Composites as friction materials: Recent developments in non-asbestos fibre reinforced friction materials- a review, *Polymer Composites*, Vol. 18, No. 3, 1997, pp. 378-396.
- [2] W. Zhen-yu, W. Jie, C. Feng-hong, M. Yun-hai, T. Singh, G. Fekete: Influence of banana fiber on physicomaterial and tribological properties of phenolic based friction composites, *Materials Research Express*, Vol. 6, 2019, 075103.
- [3] T. Singh: Tribo-performance evaluation of fibre reinforced and nano-filled composite friction materials, PhD Thesis, N.I.T. Hamirpur, 2013.
- [4] M. Vlastimil, S. M. Grażyna, Y. Ma, Y. Lu: Semimetallic brake friction materials containing  $ZrSiO_4$ : friction performance and friction layers evaluation, *Journal of Composite Materials*, Vol. 43, No. 13, 2009, pp. 1421-1434.
- [5] I. Sugozi, I. Mutlu, K.B. Sugozi: The effect of ulexite to the tribological properties of brake lining materials, *Polymer Composites*, Vol. 39, No. 1, 2018, pp. 55-62.
- [6] V. Matejka, Y. Lu, L. Jiao, H. Li, S. M. Grażyna, T. Vladimír: Effects of silicon carbide particle sizes on friction-wear properties of friction composites designed for car brake lining applications, *Tribology International*, Vol. 43, 2010, pp. 144-151.

- [7] E. J. Lee, H. J. Hwang, W. G. Lee, K. H. Cho, H. Jang: Morphology and toughness of abrasive particles and their effects on the friction and wear of friction materials: a case study with zircon and quartz, *Tribology Letters*, Vol. 37, No. 3, 2009, pp. 637-644.
- [8] W. Sun, W. Zhou, J. Liu, F. Xuesong, C. Guoqing, Y. Shan: The size effect of SiO<sub>2</sub> particles on friction mechanisms of a composite friction material, *Tribology Letters*, Vol. 66, 2018, pp. 35.
- [9] J. Bijwe, N. Aranganathan, S. Sharma, N. Dureja, R. Kumar: Nano-abrasives in friction materials-influence on tribological properties, *Wear*, Vol. 296, 2012, pp. 693-701.
- [10] T. Singh, A. Tiwari, A. Patnaik, R. Chauhan, S. Ali: Influence of wollastonite shape and amount on tribo-performance of non-asbestos organic brake friction composites, *Wear*, Vol. 386-387, 2017, pp. 157-164.
- [11] T. Singh, A. Patnaik, R. Chauhan, P. Chauhan: Selection of brake friction materials using hybrid analytical hierarchy process and vise Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje approach, *Polymer Composites*, Vol. 39, 2018, pp. 1655-1662.
- [12] T. Singh, A. Patnaik: Thermo-mechanical and tribological properties of multi-walled carbon nanotubes filled friction composite materials, *Polymer Composites*, Vol. 38, 2017, pp. 1183-1193.