

# Brezazbestni torni kompoziti

## Non-asbestos friction composites

Zmago Stadler, SINTER, Ljubljana

*Raziskave vpliva dodatka bakrenih oziroma jelenih vlaken na torne in mehanske lastnosti kompozita so pokazale, da vsak dodatek vpliva na določen segment tornih lastnosti. Zato sta oba dodatka pomembna pri zasnovi uporabnega tornega kompozita.*

*Ključne besede: brezazbestni torni kompoziti, vsebnost kovin, torne lastnosti*

*The article describes the influence of copper and steel fibres addition on mechanical and friction properties of the friction composite. Each of them affect on different segments of the friction properties. Because of that both materials should be present in a good, usable friction composite formulation.*

*Key words: non-asbestos friction composites, metals content, friction properties*

### 1 Uvod

Zaradi dokazane škodljivosti azbestnih vlaken se v zadnjem času vedno pogosteje uporabljajo brezazbestni torni kompoziti na področju zavornih elementov za vozila, delovne stroje in naprave.

V prispevku navajamo rezultate razvojnega dela na področju brezazbestnih tornih kompozitnih materialov. Razložena je osnovna vlaknata struktura iz organskih, anorganskih in kovinskih vlaken, ki nadomešča azbestna vlakna v tornem kompozitu. Natančneje je prikazan vpliv dodatka kovinskih vlaken (jeklena vlakna, bakrena vlakna) na frikcijske, mehanske lastnosti in ostale fizikalne lastnosti torne obloge.

Meritve tornih in fizikalnih lastnosti so bile narejene na zavornih ploščicah serijskih dimenzij in oblik. Uporabljeni so bili tudi serijski zavorni sistemi in zavorni diski. Pogoji meritev naj bi bili torej čimbolj podobni realnim pogojem zaviranja v vozilih.

### 2 Eksperimentalno delo

Mešanice za izdelavo zavornih ploščic so bile izdelane v laboratorijskem turbolentnem mešalcu TM 20, GOSTOL ki omogoča intenzivno mešanje vlaknatih in praškastih komponent v suhem. Uporabili smo surovine za izdelavo frikcijske mase znanih svetovnih proizvajalcev. Jeklena volna (vlakna) nemškega proizvajalca STAX je imela nasipno prostornino 155 - 180 ml/100g, bakrena vlakna so imela dimenzijo 60  $\mu\text{m}$   $\times$  3 mm (proizvajalec: HAREX, Nemčija). Iz tako pripravljene frikcijske mase smo s postopkom toplega preoblikovanja mase (P=100 bar, T=130-170°C, t=6-10 minut) izdelali zavorne ploščice za VW GOLF WVA št. 20889. Po fazi naknadnega utrjevanja in brušenja le-teh na predpisano debelino, so bile

zavorne ploščice pripravljene za testiranje.

Meritve tornih in mehanskih lastnosti smo izvedli na avtomatski napravi za testiranje zavornih oblog KRAUSS RWS 75B po standardnem programu P-VW3212 in po lastnih programih meritev pri stalnih temperaturah (30 zaviranj pri stalni temperaturi).

### 3 Rezultati in diskusija

Vzorci za testiranje so bili pripravljene na osnovi sestav frikcijske mase, v kateri smo zamenjali polnila, ki nimajo neposrednega vpliva na torne in mehanske lastnosti (npr. barit, magnezijev oksid) z ustrezno količino bakrenih oziroma jeklenih vlaken. Ostale sestavine v frikcijski masi kot npr. korektorji trenja, organska in anorganska vlakna ter vezivne smole so ostale nespremenjene. V maso smo dodali 5, 10 in 15 mas. % bakrenih vlaken ter 10, 20 in 30 mas. % jeklenih vlaken.

Torne in mehanske lastnosti vzorcev z dodatkom bakrenih vlaken so podane v tabeli 1. V isti tabeli so prikazani povprečni torni koeficienti sestav pri konstantni temperaturi, kakor tudi gostota in odprta poroznost torne obloge. Za primerjavo so podane lastnosti torne obloge brez dodatka kovinskih vlaken.

Vidimo, da dodatek bakrenih vlaken zvišuje srednji torni koeficient zavorne obloge ( $\mu\text{sr}$ ) (Slika 1), kar je pričakovano, saj imajo kovine zelo visoke torne koeficiente (Cu npr. 0,60). Opazno je tudi izboljšanje mehanske trdnosti tornega kompozita (višja strižna sila porušitve), predvsem zaradi ojačanja osnovnega skeleta z bakrenimi vlakni. Dodatek bakrenih vlaken v maso zvišuje torni koeficient pri maksimalni temperaturi med testom ( $\mu\text{F}$ ), kar je zelo pomemben faktor pri oceni kvalitete zavornih oblog (Slika 2). Dodatek bakra torej zmanjšuje slabljenje zavornega učinka

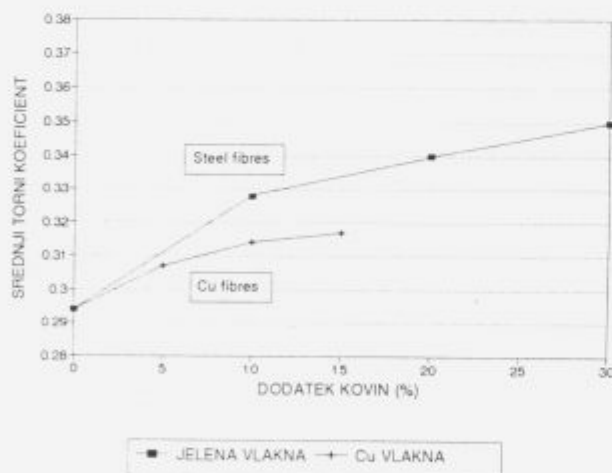
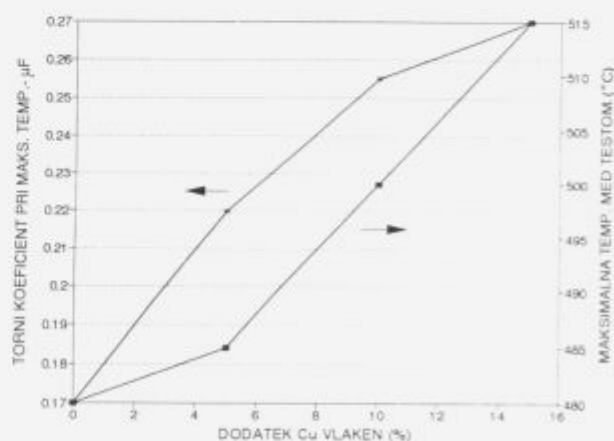
**Tabela 1:** Torne in mehanske lastnosti vzorcev zavornih oblog z različnimi dodatki kovinskih vlaken

OZNAKA dodatek kov. vlaknen (%)	110	111	112	113	114	115	116
	0	5 Cu	10 Cu	15 Cu	10 Fe	20 Fe	30 Fe
$\mu$ (200°C) *	0,28	0,34	0,37	0,33	0,32	0,34	0,40
$\mu$ (350°C)	0,33	0,31	0,36	0,31	0,33	0,34	0,38
$\mu$ (500°C)	0,23	0,25	0,25	0,27	0,26	0,25	0,29
$\mu_{sr}$ **	0,294	0,307	0,314	0,317	0,328	0,34	0,35
$\mu_K$	0,27	0,29	0,30	0,32	0,32	0,34	0,36
$\mu_F(T_m(°C))$	0,17 (480)	0,22 (485)	0,255 (500)	0,27 (515)	0,18 (480)	0,20 (500)	0,25 (530)
$\mu_{min}$	0,10	0,09	0,12	0,13	0,09	0,19	0,16
$\mu_{max}$	0,37	0,45	0,46	0,45	0,44	0,45	0,46
obraba (g)	1,07	1,03	1,25	1,57	1,37	1,70	1,91
silna pretrga (kN)	19,5	19,0	18	26,5	23	28,5	31,5
gostota (g/cm <sup>3</sup> )	1,76	1,93	2,04	2,08	1,95	2,09	2,18
odprta poroznost (vol. %)	12,8	13,5	11,7	9,0	11,2	9,5	8,8

\* meritev povprečnega tornega koeficienta pri konst. temperaturi

\*\* meritve v skladu z metodo P-VW 3212

Oznake v tabeli pomenijo:

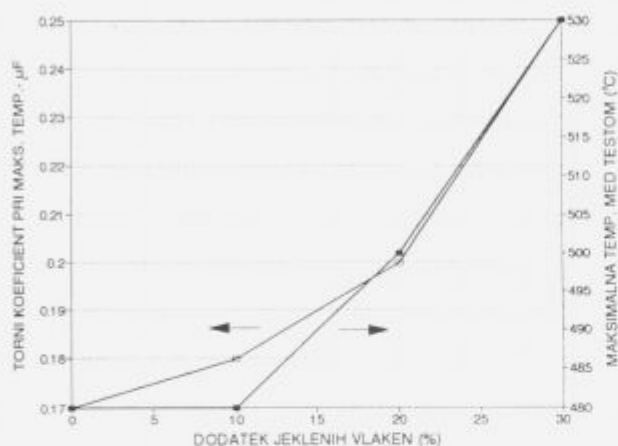
 $\mu$  - povprečni torni koeficient pri konstantni temperaturi $\mu_{sr}$  - srednji torni koeficient $\mu_K$  - torni koeficient v hladnem (50°C) $\mu_F$  - torni koeficient pri najvišji temperaturi, doseženi med testom ( $T_m$ ) $\mu_{min}$  - minimalni torni koeficient $\mu_{max}$  - maksimalni torni koeficient**Slika 1:** Srednji torni koeficient v odvisnosti od dodatka jeklenih oziroma bakrenih vlaken**Figure 1:** Copper and steel fibres content versus average coefficient of friction**Slika 2:** Odvisnost tornega koeficienta pri maksimalni temperaturi (μF) od dodatka bakrenih vlaken**Figure 2:** Copper fibres content versus coefficient of friction at maximal temperature (μF)

(fading) v začetni fazi zaviranja. Višja vrednost bakrenih vlaken v zavorni oblogi povečuje gostoto te obloge, medtem ko se odprta poroznost obloge zmanjšuje. Zmanjšanje poroznosti si predvsem razlagamo z višjo gostoto. Sicer bi

pričakovali ravno obratno; več vlaknatih komponent v torni oblogi višja odprta poroznost.

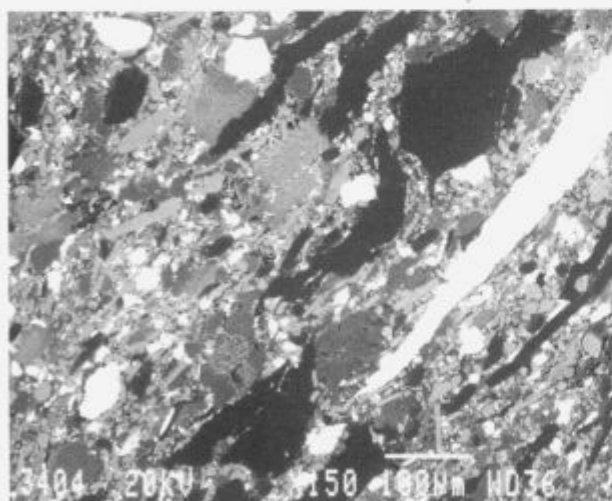
Dodatek jeklenih vlaken (volne) zvišuje srednji torni koeficient zavorne obloge  $\mu_{sr}$  (Slika 1) celo močnejše kot dodatek bakrenih vlaken. Vzrok je v večji stični površini

jeklenih vlaken (volne) z neenakomerni preseki U in L oblike, medtem ko imajo Cu vlakna pretežno okrogli presek (Slika 4,5). Tudi tu je opazno izboljšanje strižne trdnosti tornega kompozita zaradi ojačitve osnovnega skeleta z jeklenimi vlakni. Slabši pa je učinek jeklenih vlaken na slabljenje zavornega učinka (fading). Dosegli smo precej nižji torni koeficient pri maksimalni temperaturi ( $\mu_F$ ) med testom (Slika 3) v primerjavi z dodatkom bakrenih vlaken.



Slika 3: Odvisnost tornega koeficienta pri maksimalni temperaturi ( $\mu_F$ ) od dodatka jeklenih vlaken

Figure 3: Steel fibres content versus coefficient of friction at maximal temperature ( $\mu_F$ )

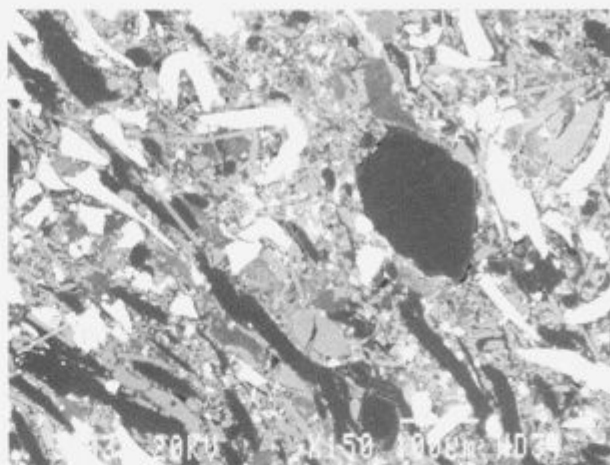


Slika 4: Mikrostruktura tornega kompozita z dodatkom 15% bakrenih vlaken, povečava 100 $\times$

Figure 4: Microstructure of friction composite with 15% of copper fibres, magnification 100 $\times$

Tudi v primeru dodajanja jeklene volne v frikcijsko maso se zviša gostota zavorne obloge in zniža odprta poroznost tornega kompozita.

Primerjanje rezultatov obeh kovinskih dodatkov v tornem kompozitnem materialu nam pove, da imata oba dodatka, tako bakrena vlakna kot jeklena volna, zelo po-



Slika 5: Mikrostruktura tornega kompozita z dodatkom 30% jeklenih vlaken, povečava 100 $\times$

Figure 5: Microstructure of friction composite with 30% of steel fibres, magnification 100 $\times$

dobne vplive na torne in mehanske lastnosti zavorne obloge.

Ostojajo sicer določene razlike v vplivu na srednji torni koeficient ( $\mu_{sr}$ ), ki pa je pogojena z samo teksturo obeh kovinskih vlaknatih dodatkov. Nekoliko ugodneje vpliva dodatek bakrenih vlaken na zmanjšanje učinka slabljenja zaviranja - fading, kar ni zanemarljiva ugotovitev.

#### 4 Sklepi

1. Dodatek bakrenih vlaken v tornem kompozitu povzroči zvišanje srednjega tornega koeficienta in ima pozitiven vpliv na zmanjšanje slabljenja zavornega učinka pri maksimalnih temperaturah.
2. Prisotnost jeklenih vlaken v tornem kompozitu povzroči zvišanje srednjega tornega koeficienta. Vpliv na zmanjšanje slabljenja zavornega učinka ni tako izrazit.
3. Oba kovinska vlaknata dodatka vplivata na zvišanje mehanske trdnosti kompozita in gostote.
4. Pričakovane učinka na zvišanje odprte poroznosti nismo dosegli. Vzrok je verjetno v višji gostoti zavorne obloge pri višjem dodatku kovinskih komponent. Višja gostota je pogojena z samim postopkom toplega preoblikovanja mase oziroma pravilnega razmerja med minimalo mehansko trdnostjo in gostoto zavorne obloge.

#### 5 Literatura

1. K. Friedrich, Friction and Wear of Polymer Composites, Elsevier Science Publishing Co., 1986
2. M. Burchhart, Fahrwerktechnik: Bremsdynamik und Pkw-Bremsanlagen, Vogel Verlag, 1991
3. A. Wirt, R.W. Whitaker, An energy dispersive X-ray and imaging X-ray photoelectron spectroscopical study of transfer film chemistry and influence on friction coefficient, J. Phys. D: Appl. Phys., 25, (1992), A38-A43