

# Material za zavorne obloge - jeklena vlakna da ali ne?

## Material for Non-asbestos Disc Brake Linings - with or without Steel Fibres?

Z. Stadler<sup>1</sup>, SINTER, Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1995-12-22

*Raziskave tornih in mehanskih lastnosti zavornih oblog brez dodatka jeklenih vlaken so pokazale, da so obloge dokaj enakovredne klasičnim z dodatkom jeklenih vlaken. Zaostajajo le v obrabnih lastnostih. Obraba oblog je bila povečana predvsem pri višjih hitrostih in obremenitvah.*

*Ključne besede: neazbestne zavorne obloge, brez jeklenih vlaken, torne lastnosti*

*The article describes friction and mechanical properties of the friction composite without steel fibre content. Results are with classic steel fiber formulation compared and find out that is able a good brake lining produced. There are some disadvantages in wear properties which are fair at high speed and charge.*

*Key words: non-asbestos friction composite, without steel fibres, friction properties*

### 1 Uvod

V zadnjem času gre razvoj neazbestnih materialov v smeri zmanjševanja vsebnosti jeklenih vlaken. Vzroki so znani: znižanje hrupnosti pri zaviranju, nižja toplotna prevodnost tornega kompozita, precej manjša obraba zavornega diska. Nekateri proizvajalci prisegajo na torne materiale z manj kot 10% jeklenih vlaken ali celo popolnoma brez njih<sup>1,2</sup>.

V prispevku navajamo rezultate razvojnega dela na področju neazbestnih tornih materialov, ki ne vsebujejo jeklenih vlaken. Nadomestili smo jih z bakrenimi vlakni in aktivnimi polnili. V prispevku so prikazane torne lastnosti oblog, njihova odpornost proti obrabi in primerjava teh z neazbestnim oblogami, v katerih so prisotna jeklena vlakna.

Meritve tornih in mehanskih lastnosti so bile narejene na zavornih ploščicah serijskih dimenzij in oblik. Pri preskušanju smo uporabili serijski zavorni sistem. Preskušali smo v realnih razmerah na avtomobilih.

### 2 Priprava vzorcev in opis preskusov

Laboratorijske mešanice za izdelavo zavornih oblog so bile narejene v laboratorijskem turbolentnem mešalniku TM 20, GOSTOL, ki omogoča intenzivno mešanje vlaknatih in praškastih komponent v suhem stanju. Za izdelavo torne mešanice smo uporabili surovine znanih proizvajalcev, kot npr. FERS, Španija (fenolne smole in frikcijski prah), STAX, Nemčija (jeklena in bakrena vlakna), BBU, Avstrija (korektorji frikcije), LAPINUS, Nizozemska (mineralna vlakna), itd. Izbrane surovine že uporabljamo v redni proizvodnji neazbestnih zavornih oblog v podjetju Sinter.

Iz tako pripravljene torne mase smo s toplim preobikovanjem pri tlaku 100 bar, temperaturi 130-170°C in v 6-10 min izdelali zavorne ploščice za VW Golf II., WVA št. 20889. Po dodatnem utrjevanju (več ur pri temperaturi nad 200°C) in brušenju le-teh na ustrezno debelino, so bile ploščice pripravljene za preskus.

Meritve tornih in obrabnih lastnosti ploščic smo izvedli na avtomatski napravi za preskušanje zavornih oblog Krauss RWS 75B pri konstantni hitrosti 660 obr/min in konstantnem tlaku. Uporabili smo program simulacij zaviranja v skladu s standardom P-VW 3212<sup>4</sup>. Odčitavanje vrednosti tornega koeficienta in drugih vrednosti (temperatura, obraba) smo opravili po navodilih istega standarda.

### 3 Eksperimentalni rezultati in diskusija

Sestavo tornega kompozita brez dodatka jeklenih vlaken smo dololočili na osnovi nekaterih prejšnjih poskusov<sup>3</sup> s sestavami, ki so vsebovale le bakrena vlakna. Na začetku so imele sestave nekoliko slabše mehanske lastnosti (strižna trdnost), ki smo jih s kasnejšimi spremembami sestave precej izboljšali. V tabeli 1 so prikazani rezultati poskusov tornih, obrabnih in mehanskih lastnosti zavornih ploščic brez vsebnosti jeklenih vlaken.

Oznake vzorcev v tabelah pomenijo:

L-SBA156: obloge, narejene iz mase s cca. 20% bakrenih vlaken in razmerjem hitro vezujoče FF smole proti počasi vezujoči 75:25.

SBA 111: obloge, narejene iz mase s cca. 20% bakrenih vlaken, višjo vsebnostjo abraziv in hitro vezujočo FF smolo.

SBA 113: obloge, narejene iz mase, ki vsebuje cca. 20% jeklenih vlaken, bakrena vlakna in hitro vezujočo FF smolo.

<sup>1</sup> Mag. Zmago STADLER, dipl.inž.  
SINTER, Raziskave in razvoj  
1000 Ljubljana, Cesta v Mestni log 100/9

**Tabela 1:** Torne in mehanske lastnosti vzorcev zavornih oblog

OZNAKA	L-SBA156	SBA 111
$\mu$ sr	0,312	0,33
$\mu$ K	0,32	0,37
$\mu$ F (°C)	0,31(560)	0,26(550)
$\mu$ min	0,16	0,17
$\mu$ max	0,42	0,44
obraba (g)	1,4	2,2
silna pretrga (kN)	23	36
gostota(g/cm <sup>3</sup> )	2,4	2,45
odprta poroznost(vol.%)	13,2	10,3

Oznake v tabeli pomenijo:

$\mu$  sr - srednji torni koeficient

$\mu$  K - torni koeficient v hladnem (50°C)

$\mu$  F - torni koeficient pri najvišji temperaturi, doseženi med preskusom

$\mu$  min - minimalni torni koeficient

$\mu$  max - maksimalni torni koeficient

obraba - podana kot povprečna izguba mase na ploščico.

V **tabeli 2** so navedene primerjalne vrednosti med zavornimi oblogami SBA 111, ki ne vsebujejo jeklenih vlaken, in oblogami SBA 113 z jeklenimi vlakni, ki predstavljajo eno od osnovnih sestav v podjetju Sinter.

**Tabela 2:** Primerjava tornih in mehanskih lastnosti zavornih oblog dveh sestav pri različnih specifičnih tlakih

OZNAKA	SBA 111 brez jekl.vl.		SBA 113 z jekl.vl.	
	116	200	116	200
specif. tlak(N/cm <sup>2</sup> )	116	200	116	200
$\mu$ sr	0,33	0,33	0,315	0,307
$\mu$ K	0,37	0,32	0,33	0,29
$\mu$ F	0,26	0,28	0,37	0,33
$\mu$ min	0,17	0,16	0,20	0,17
$\mu$ max	0,44	0,41	0,40	0,39
obraba(g)	2,2	4,2	3,0	4,8
silna pretrga(kN)	36	27	36	33

Glavni problem, ki ga je bilo potrebno rešiti pri tornih oblogah brez dodatka jeklenih vlaken je bil padec trdnosti obloge in povečanje krhkosti. Bakrena vlakna ne morejo v celoti nadomestiti pozitivnih lastnosti jeklenih v smislu višje trdnosti obloge in večje odpornosti na obrabo. Moramo jih torej nadomestiti z drugimi vrstami vlaken, kot so: mineralna vlakna in polnili z vlaknato strukturo wolastonit in sepiolit. Večji dodatek bakrenih oz. medeninastih vlaken nam omejuje predvsem cena.

Sestava SBA 111 (**tabela 1**) ima dokaj ugodne torne in obrabne karakteristike ter predstavlja dobro osnovo za izdelavo zavornih oblog v tornem razredu FF po predpisu SAE J886 NOV90<sup>5</sup>. Predvsem sestava SBA 111 nima nič slabših mehanskih lastnosti (strižna trdnost) v primerjavi s standardnimi sestavami, ki vsebujejo jeklena vlakna (SBA 113), **tabela 2**. Primerjalno so rezultati meritev pri dveh različnih specifičnih tlakih za sestavi SBA 111 in SBA 113 prikazani v **tabeli 2**. Meritve pri spec. tlaku 200 N/cm<sup>2</sup> niso standardne in predstavljajo

ekstremne razmere preskušanja. Temperature na površini zavornega koluta so med testom občasno presegle 600°C.

Ugotavljamo, da ni pomembnejših razlik med obema sestavama SBA 111 in SBA 113, saj SBA 111 ne zaostaja niti v temperaturni stabilnosti tornega koeficienta pri višjih tlakih (primerjaj rezultate za  $\mu$  sr,  $\mu$  K in  $\mu$  F v **tabeli 2**). SBA 111 ima nekoliko višjo razliko v obrabi med preskusom pri različnih tlakih v primerjavi s sestavo SBA 113.

Simulacija zaviranja na napravi za preskušanje zavornih oblog Krauss RWS 75B ne da vedno realne slike o kvaliteti. Zaradi tega smo se odločili za dolgotrajnejši preskus v avtomobilu. Merili smo predvsem utežno in dimenzijsko obrabo. Izbrali smo dva različna avtomobila: VW GOLF II. in MB 230TE. Rezultati so podani v **tabeli 3**.

**Tabela 3:** Rezultati preskusov zavornih ploščic SBA 111 v realnih razmerah vožnje

OZNAKA	VW GOLF II. diesel	MB 230 TE
število prevoženih km med preskusom	16200	9000
obraba v (%)	21	100
teoretično možno štev. km, pri 2-3mm ostanka	45000	8000

Zavorne ploščice, ki so bile vgrajene v avtomobil znamke VW GOLF so bile enakomerno obrabljene. Disk je imel gladko in svetlečo površino. Tudi rezultati obrabe so bili zelo ugodni 45000 km in so primerljivi z običajnimi vrednostmi za zavorne obloge z jeklenimi vlakni, npr. SBA 113.

Ploščice, ki so bile vgrajene v MB 230 TE so nekoliko slabše prijemale, potreben je bil daljši pritisk na zavorni pedal. Voznik mercedesa je znan po ostri vožnji, saj avto poleg normalne vožnje uporablja tudi za trenig na reli progah. Omeniti moramo, da pri vozniku mercedesa nobene zavorne ploščice ne zdržijo več kot 15000 km (originalni rezervni del), obloge iz mase SBA 113 pa pribl. 11000-12000 km.

Ker je obraba odvisna predvsem od načina vožnje, lahko sklenemo, da sestava SBA 111 sicer kaže dokaj dobre torne lastnosti za avtomobile srednjega in nižjega razreda. Pri težjih in hitrejših avtomobilih je problem prekomerna obraba.

Neazbestne zavorne obloge brez dodatka jeklenih vlaken so pokazale vrsto dobrih lastnosti, ki jih ne moremo zanemariti pri končni oceni. Torne lastnosti so zelo dobre, tudi pri višjih tlakih, ne rjavijo, bistveno manj obrabljajo zavorni kolut in so manj hrupne pri zaviranju.

Pri oceni primernosti lahko torej zapišemo, da so zavorne obloge brez vsebnosti jeklenih vlaken primerne, vendar ne za vse avtomobile. Ker v obrabi nekoliko zaostajajo za tistimi, ki vsebujejo jekleno volno, so primerne predvsem za lažje in počasnejše avtomobile

srednjega in nižjega razreda. Smatramo, da so uporabna za izdelavo kolutnih zavor za zadnja kolesa, kjer so obremenitve dosti manjše, korozijska obstojnost pa je zelo dobrodošla.

Neugodno je tudi to, da v ceni praktično ni razlike glede na zavorne obloge z jeklenimi vlakni.

#### 4 Sklepi

1. Zavorne obloge, ki ne vsebujejo jeklenih vlaken (SBA 111), se v tornih in mehanskih lastnostih ne razlikujejo mnogo od oblog z jeklenimi vlakni (SBA 113).
2. Rezultati preskušanj v realnih razmerah vožnje v avtomobilih so pokazali, da imajo zavorne obloge brez jeklenih vlaken nekoliko večjo obrabo. Obraba je večja predvsem pri težjih in hitrejših avtomobilih.

3. Zavorne obloge brez jeklenih vlaken imajo več prednosti: so korozijsko bolj odporne, bistveno manj razijo (obrabljajo) zavorni kolot, kar smo dokazali na dolgotrajnem testu v avtomobilu VW Golf.

#### 5 Literatura

- <sup>1</sup> G. C. Crosa, Futur Directions of Non-asbestos Disc Pads for Passengers Cars, *Proceedings of 5th AKZO Symposium*, Koenigswinter Germany, AKZO-NOBEL, 1994, IV(1-10)
- <sup>2</sup> Y. Sasaki, Development of Non-asbestos Friction Materials, *Proceedings of 5th AKZO Symposium*, Koenigswinter Germany, AKZO-NOBEL, 1994, VII(1-12)
- <sup>3</sup> Z. Stadler, Brezazbestni torni kompoziti, *Kovine, zlitine, tehnologije*, 28, 1994, 1-2, 259-297
- <sup>4</sup> Prüfspezifikation: P-VW3212, Scheibenbremsbeläge, Reibwert - und Verschleissprüfung auf Reibwertprüfstand, Zentralnorm, Volkswagenwerke AG - Audi NSU Auto Union AG, 1978
- <sup>5</sup> Surface Vehicle Brake Systems Manual, Handbook Supplement SAE HS-24 1992 Edition, SAE, Warrendale, USA, July 1992