

MIKROSKOPICKÉ POZOROVANIE DEGRADAČNÝCH PROCESOV INTERAKCIE OCEĽOVÝ KORD – ELASTOMÉR V PLÁŠŤOCH PNEUMATÍK

Jozefína PANÁČKOVÁ, Peter VIDO, Michal PASTOREK, Jan KRMEĽA, Vladimíra KRMEĽOVÁ

Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Fakulta priemyselných technológií v Púchove, I. Krasku 491/30, 020 01 Púchov, Slovenská republika, e-mail: jozefina.drdakova@fpt.tnuni.sk, jan.krmela@fpt.tnuni.sk, jan2.krmela@post.cz

Abstrakt

Článok sa zaoberá vplyvom degradačných procesov vyskytujúcich sa v plášťoch pneumatík. Pozornosť je venovaná najmä vplyvu korózie na oceľokordové nárazníky. Vplyv korózie je sledovaný a hodnotený mikroskopickým pozorovaním a zmenou mechanických parametrov vybraných vzoriek. V tomto článku sú prezentované výsledky pre vzorky samostatných kordov po koróznej skúške a pre samostatné elastomerové matrice po statickej skúške v jednoosom ťahu. Vykonané experimenty sú dôležité aj pre určenie vstupných parametrov do výpočtových modelov plášťov pneumatík. Pri vytváraní výpočtových modelov je dôraz kladený na materiálové charakteristiky a parametre jednotlivých častí pneumatík ako dôležitých vstupných materiálových údajov do modelov.

Kľúčové slová: *degradačné procesy, plášť pneumatiky, oceľový kord, elastomér, výpočtové modelovanie.*

ÚVOD

Plášte pneumatík sú zložené kompozitné prvky pozostávajúce z výstužných materiálov – kordov umiestnených v elastomérovej matici, ktoré môžu byť textilné, oceľové atď. Časť radiálneho plášťa medzi nosnými vložkami kostry a behúňom sa nazýva oceľokordový nárazník. Tvoria ho najčastejšie dve vrstvy kordového materiálu kladené pod ostrým uhlom najčastejšie 15-26° k strednej osi behúňa [1]. Vysoká životnosť plášťov a požadované jazdné vlastnosti vozidiel sú ovplyvnené kvalitnou technológiou výroby a kvalitou materiálov pre výrobu pneumatík. Preto je dôležité zaoberať sa pneumatikami ako celkom a tiež mikrolokalitou z pohľadu väzieb kord – elastomér.

DEGRADAČNÉ PROCESY V PLÁŠŤOCH PNEUMATÍK

K typickým degradačným procesom v povrchových vrstvách telies patrí opotrebovanie a korózia, ktoré môžeme na obecnej úrovni definovať ako:

- *Opotrebovanie* je nežiaduca, trvala zmena kvality povrchu telesa spôsobená mechanickými procesmi, ktoré môžu byť sprevádzané procesmi fyzikálnymi, elektrickými, chemickými alebo radiačnými.
- *Korózia* ako degradačný proces je samovoľné prebiehajúci proces chemického alebo fyzikálno-chemického znehodnocovania materiálu v dôsledku ich interakcii s rôznymi tekutinovými médiami.

Ako príklad môže byť uvedená korózia na povrchu vytrhnutých kordov z nárazníkovej časti plášťa pneumatiky (obr. 1).



Obr. 1: Korózne pôsobenie na povrchu kordov oceľokordového nárazníka [2]

DEGRADÁCIA A KORÓZIA POLYMÉROV

Polymérne materiály patria k najviac citlivým materiálom na zmeny v chemickej štruktúre vplyvom vonkajších podmienok a z toho vyplývajúcich zmien najmä vo fyzikálno-mechanických a chemických vlastnostiach. Medzi významné faktory, ktoré spravidla spúšťajú reťazový mechanizmus chemických zmien v polymérnom materiály, sú: UV žiarenie, teplo, prítomnosť kyslíka a najmä ozónu a k urýchleniu chemických degradačných procesov obyčajne prispieva i mechanické namáhanie a prípadne vplyv prítomnosti chemikálií, najmä organických rozpúšťadiel.

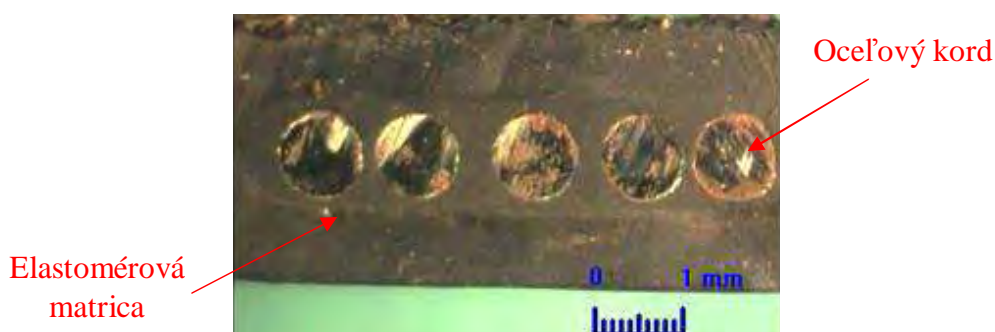
Tieto zmeny sú nežiaduce, nakoľko polymér obyčajne znehodnocujú. Jedným z typov degradácie je tzv. biodegradácia. Okrem degradácie, inicializovanej svetlom, teplom resp. biologickým prostredím, môže dochádzať v polyméroch k zmenám vplyvom chemického alebo fyzikálno-chemického pôsobenia prostredia. Tieto procesy sa všeobecne nazývajú korózia polymérov.

MIKROLOKALITA OCEĽOVÝ KORD-ELASTOMÉR

Pre skúmanie adhézne väzby po korózií boli použité vzorky oceľokordového nárazníka s výstužným kordom 1x0,94 mm a vzorky samotných oceľových kordov s rôznou konštrukciou, ktoré zodpovedajú výstuži v plášťoch pneumatík pre osobné ako aj nákladne automobily.

Pre porovnanie boli zhotovené vzorky oceľových kordov bez degradácie a kordov po koróznej skúške soľnou hmlou.

Na obr. 2 je znázornený jednovrstvový oceľokordový nárazník vo forme drôtu po koróznej skúške soľnou hmlou.



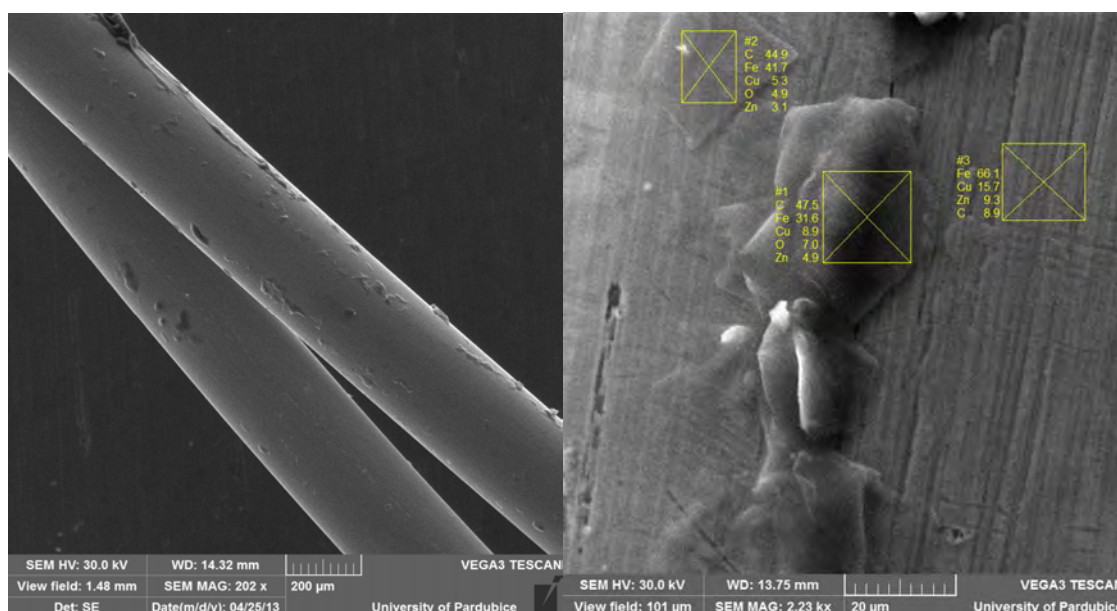
Obr. 2: Oceľokordové nárazníky po degradácii (zväčšenie 10x)

Pomosadené oceľové kordy sú z plášt'a pneumatiky pre nákladné automobily. Pre porovnanie sú uvedené rôzne konštrukcie oceľových kordov na obr. 3 pred a po neurýchlenej koróznej skúške.



Obr. 3: Porovnanie ocelových kordov vo forme lanka, pred a korózneho skúšky

Na ocelový kord 2x30 slúžiaci ako výstuž v ocelokordových nárazníkoch pre osobné plášte pneumatík (obr. 4 vľavo) bola aplikovaná plošná energo-disperzná mikroanalýza, tzv. EDX analýza za účelom informatívneho zistenia chemického zloženia povrchových poškodení ocelového kordu. Na obr. 4 vpravo taktiež vidno deformácie po technologickom spracovaní kordu valcovaním za studena.



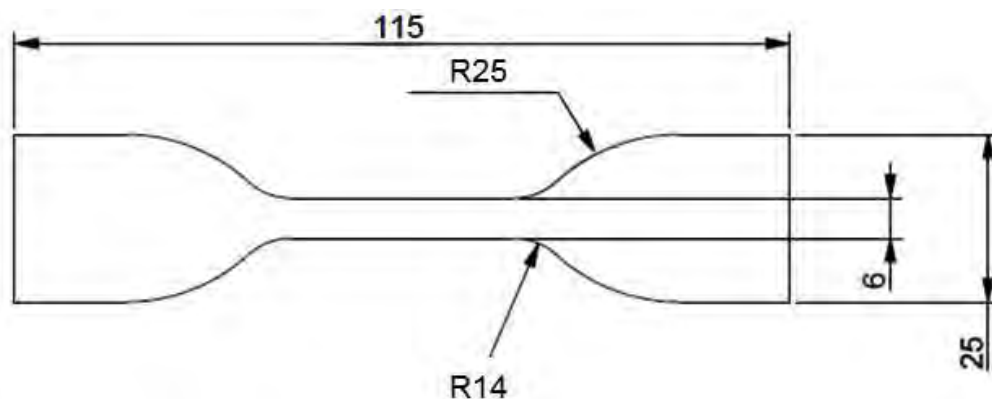
Obr. 4: Ocelový kord 2x30 (vľavo) a plošná EDX analýza (vpravo)

Výsledky plošnej EDX analýzy nečistôt a základného materiálu povrchu ocelového kordu sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1: Výsledky analyzovaných nečistôt a základného materiálu

Pozícia / chemický prvok	C	O	Fe	Cu	Zn
#1	47.5	7.0	31.6	8.9	4.9
#2	44.9	4.9	41.7	5.3	3.1
#3	8.9	0	66.1	15.7	9.3

Pre statickú skúšku v ťahu v jednoosovom silovom pôsobení zaťažovacej sily až do pretrhnutia elastomérových vzoriek bolo použité univerzálne statické skúšobné zariadenie Hounsfield H20K-W. Tato skúška prebiehala na skúšobných vzorkách v tvare obojstranných lopatiek (obr. 5) podľa normy ISO 37 [3]. Rýchlosť zaťažovania bola zvolená 25 mm/min a počiatočná vzdialenosť medzi čelustami 80 mm [3].

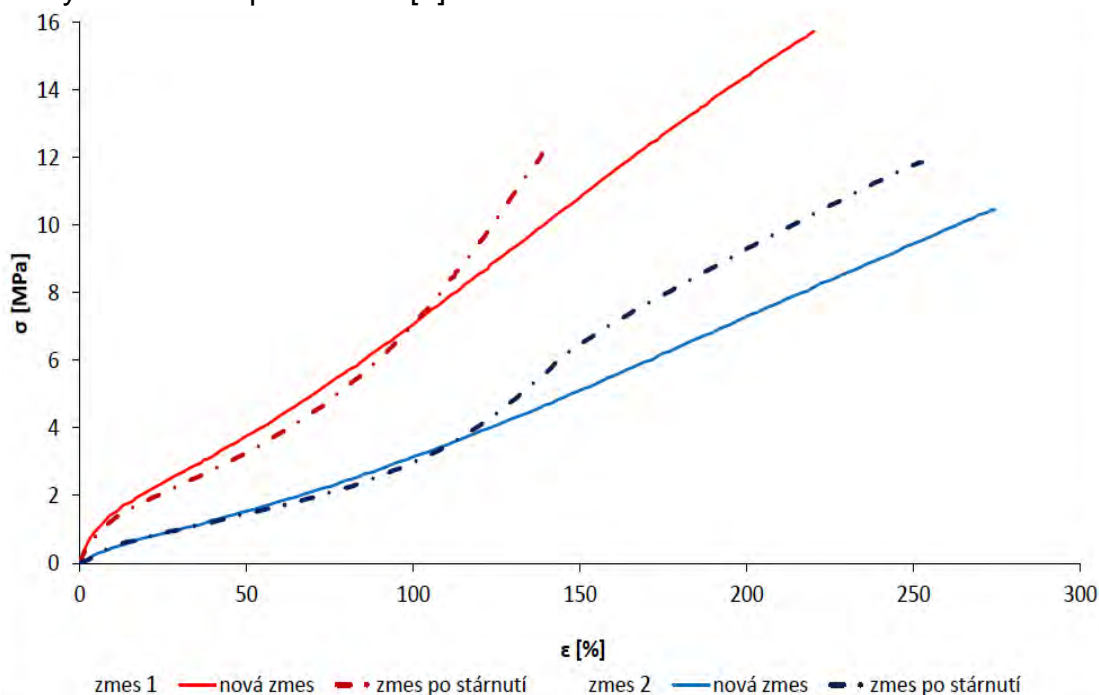


Obr. 5: Geometria a rozmery skúšobných telies podľa ISO 37

Vybrané skúšobné elastomérové vzorky predstavovali nánosové zmesi na pogumovanie oceľokordov, ktoré sa používajú pri výrobe oceľokordových nárazníkov v plášti pneumatík pre osobné automobily.

Grafické závislosti zaťažovacej sily od predĺženia do pretrhnutia elastomérových vzoriek boli transformované do diagramu závislosti napätia od pomerného predĺženia obr. 6.

Z výsledkov statických skúšok v ťahu s jednoosou napätosťou vo forme závislostí napätia a pomerného predĺženia možno konštatovať, že priebeh závislosti vzoriek nových elastomérových zmesí mal „lineárnejší“ charakter oproti rovnakým zmesiam po stárnutí [4].



Obr. 6: Závislosť napätia od pomerného predĺženia pre nánosové zmesí

Výsledky uvedené v článku sú časťou výskumu zameraného na výpočtové modelovanie vyťahovania kordov a ich verifikácia s experimentmi. Preto získané výsledky budú použité aj ako verifikačné parametre pre výpočty plášťov pneumatík, alebo špecifických častí plášťov – oceľokordových nárazníkov, s experimentálne získanými údajmi.

Tab. 2: Materiálové charakteristiky elastomérových zmesí pre oceľokordové nárazníky

Vzorka	F [N]	Δl [mm]	σ [MPa]	ϵ [%]	E [MPa]	C_{10} [MPa]	C_{01} [MPa]	η [-]	d [-]
Zmes 1	218	178	16	222	7.1	0.0491	1.7607	0.495	0.018
Zmes 1 po starnutí	169	113	12	141	8.6	0.0436	0.1870	0.495	0.043
Zmes 2	134	219	10	274	3.8	0.0193	0.2307	0.495	0.025
Zmes 2 po starnutí	152	204	12	255	4.6	0.0253	0.5937	0.495	0.016

ZÁVER

Vykonanými experimentmi ako boli korózne skúšky, statické skúšky v ťahu a následným metalografickým pozorovaním sa potvrdilo, že táto väzba je veľmi náchylná a citlivá na korózne napadnutie. Elektrónovým mikroskopom bola vykonaná plošná EDX analýza za účelom získania chemického zloženia povrchu korózne degradovaného kordu.

Z pohľadu mechanicko-fyzikálnych vlastností sa na základe skúšky v ťahu skúšobných vzoriek bez korózie a po koróznom pôsobení jednoznačne potvrdilo, že degradačný proces predstavovaný koróziou výrazne vedie k výraznému zníženiu pevnostných charakteristík a dochádza ku znehodnoteniu štruktúry oceľokordového nárazníka, ktorý stráca kompaktnosť a nie je schopný plniť svoju funkciu.

Na základe skúšky v ťahu sa preukázalo, že degradačný proces elastomérov vedie k výraznému zníženiu pevnostných charakteristík. Zahnutie degradačných procesov do výpočtov bolo formou zmeny materiálových charakteristík získaných zo statických skúšok v jednoosom silovom namáhaní nových skúšobných vzoriek a vzoriek po určitom stupni degradácie.

Tieto experimenty slúžia na verifikáciu výpočtových modelov degradačných procesov v plášťoch pneumatík. Na základe znalostí degradačných procesov v plášťoch, riešených výpočtovým modelovaním v kombinácii s experimentmi je možné navrhnúť materiálové a konštrukčné zmeny v plášťoch, ktoré by pozitívne pôsobili na vybrané parametre plášťa (bezpečnosť, životnosť ai.). Zhodnotenie degradačných procesov plášťov riešených týmto prístupom môže dopĺňať celý súbor činnosti nevyhnutných pri vývoji a výskume plášťov pneumatík.

LITERATURA

- [1] Krmela J., Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I. (2008) 102.
- [2] Drdáková J., Krmela J., Krmelová V., Corrosion process in area of elastomer.steel cord in the tires, *In: New trends in the field of materials and technologies engineering*; editors: Libor Beneš, Robert Ulewicz. - Czestochowa: Association of Quality and Production Managers, (2012) 51-58.
- [3] ISO 37 – Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties. (*anglicky*)
- [4] Krmela J., Drdáková J., Kováč I., Vido P., Pastorek M., Struharňanská M.: Determination of Mooney-Rivlin Parameters of Rubber Used for Rubberizing of Steel cords as an Input for FEA Models of Tire (Stanovenie Mooney-Rivlinových parametrov nánosových zmesí oceľokordov pre vstupy do MKP výpočtových modelov pneumatík), *Hutnícke listy*, 65(7), (2012) 104-106.