

# VÝSKUM CEMENTOVÝCH KOMPOZITOV S VYUŽITÍM ODPADOV Z DRVENÝCH PNEUMATÍK

Ing. Miriam Ledererová, PhD., Ing. Zuzana Štefunková, PhD.

STU Stavebná fakulta, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

[miriam.ledererova@stuba.sk](mailto:miriam.ledererova@stuba.sk), [zuzana.stefunkova@stuba.sk](mailto:zuzana.stefunkova@stuba.sk),

## Abstrakt:

*Možnosti využitia odpadových pneumatík v stavebnom priemysle, fyzikálne a chemické vlastnosti odpadových pneumatík, možnosti pridania odpadových pneumatík do cementových kompozitov, testovanie a hodnotenie vlastností cementových kompozitov s prídavkom odpadových pneumatík, prípadové štúdie a praktické aplikácie, Vplyv použitia odpadových pneumatík na životné prostredie, zhodnotenie potenciálu využitia odpadových pneumatík v cementových kompozitoch.*

## 1 Úvod

Použitie gumových častíc ako betónových agregátov môže znížiť dopady na životné prostredie spôsobené veľkým hromadením odpadových pneumatík. Pridané častice gummy však môžu znížiť pevnosť betónu v dôsledku ich nízkej tuhosti a povrchovej väzby s cementovou pastou [1]. Cieľom je zlepšiť vlastnosti gumobetónu použitím rôznych metód povrchovej úpravy a náterov. Betón však môže obsahovať aj rôzne prímеси a prísady, ktoré sa pridávajú podľa potreby využitia betónu. Najväčšou výhodou tohto materiálu je jeho tvarovateľnosť. Pokým je táto plastická zmes nestvrdnutá, môžu sa z nej formovať ľubovoľné tvary. Po vytvorení požadovaného tvaru nastáva tvrdnutie, po ktorom nadobudne pevnosť [2].



**Obr. 1 Železobetónová konštrukcia [1]**

## 2 Recyklácia pneumatík

### *Pneumatiky*

Pneumatika tvorí pružnú časť kolies, zabezpečuje odpruženie dopravných prostriedkov a prenáša vzniknuté sily na vozovku. K hlavným surovinám, z ktorých sa vyrábajú pneumatiky, patrí prírodná guma, syntetická guma a olej. Pneumatiky sú v dnešnej dobe samozrejmovou súčasťou automobilového

priemyslu. Vyrába sa z vulkanizovanej gummy, do ktorej sa pridáva textilná alebo oceľová kostra, ktorá môže byť uložená radiálne, teda kolmo ku stredovej osi alebo šikmo (diagonálne) [2].

### **Recyklácia**

Ojazdené pneumatiky (obr. 2) predstavujú významný zdroj druhotných surovín. Podľa európskej asociácie výrobcov pneumatík (ETRMA) do automobilového priemyslu patrí 65% vyrábaných gumených tovarov (napr. tesnenia, izolácie, pneumatiky atď.). Po skončení životnosti sa pneumatiky zaraďujú medzi najväčšie zdroje odpadových gúm. Podľa odhadov sa zistilo, že zhruba 1000 miliónov pneumatík ročne nie je vhodných na ďalšie použitie a protektorovanie. Ak sú tieto údaje správne a nenastane žiadny vývin v recyklácii kaučuku, tak sa toto číslo zvýši do roku 2030 o 20% teda na 1200 miliónov [3,4,5].



**Obr. 2 Použité pneumatiky vhodné na recykláciu, gumový granulát, drátky z pneumatík [5]**

Pre efektívny priebeh recyklácie sa odpadové gummy triedia podľa pôvodu na pneumatiky pre osobné, nákladné automobily a terénne pneumatiky. Toto rozdelenie je zapríčinené odlišnou skladbou pneumatík týchto troch tried. Pneumatiky pre nákladne automobily sa odlišujú od pneumatík pre osobné automobily výrazne väčším podielom prírodného kaučuku a menšieho obsahu výstužného plniva a sadzí. Tretia trieda, teda terénne pneumatiky, majú najväčší obsah textilných vlákien a to spôsobuje horšie čistenie gummy [3, 4, 5].

## Postup recyklácie

### LINKA NA RECYKLÁCIU ODPADOVÝCH PNEUMATÍK



Obr. 3 Postup recyklácie [10]

Opotrebované pneumatiky uložené v skladoch sa dôkladne očistia a pripravia na drvenie. V drviacej linke sa pneumatiky sekajú na kusy o rozmeroch približne 300 x 300 mm. Takto nasekané rezky, 300 x 300 mm, sa musia rozdrviť na menšie kúsky s rozmermi 20 x 20 mm. Ak sú rezky upravené na požadovanú veľkosť, tak oddelíme kovové časti od ostatných pomocou magnetického separátoru. Tento proces sa opakuje po každom procese drvenia (obr. 3) [3].

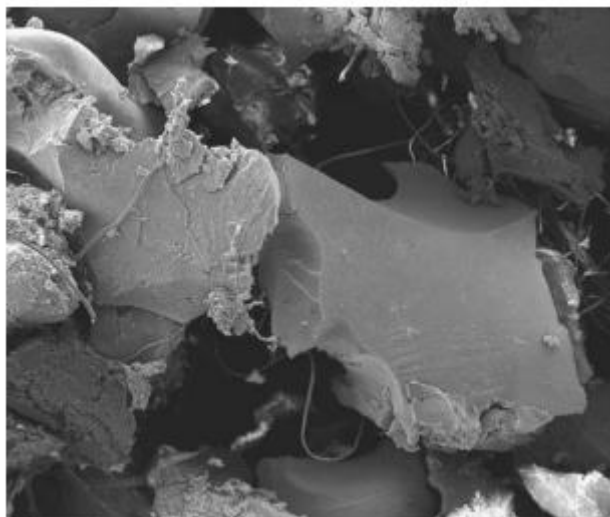
Týmto procesom odseparujeme približne 95% kovových častí. Rezky rozmerov 20 x 20 mm oddelené od kovových zložiek sa presúvajú do prvého granulátoru, kde sú drvené na časti o rozmere 0 – 10 mm, tzv. hrubý granulát. Tieto časti sa následne drví pomocou druhého granulátoru a drví sa na menší granulát s rozmermi približne 0 - 4 mm. Vzduchotechnika zabezpečuje odseparovanie textilnej zložky po každom procese drvenia. Pomocou plniaceho zariadenia sa takto upravený granulát plní do kontajnerov alebo big-bagov [3].



Obr. 4 Produkty recyklácie [2]

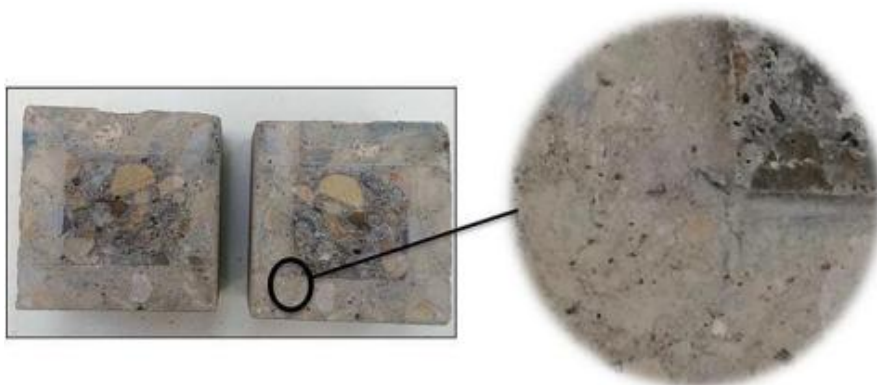
## Využitie

Z hľadiska aplikácie gumového granulátu je možné využiť viac alternatív ako vhodnosti odpadovej gummy pre použitie v betóne alebo využitia granulátu ako sypaných materiálov na zlepšenie izolačných vlastností a pod.. Pre využitie gumovej drviny v betóne sa skúmal ich vplyv na životnosť, na tlakové a materiálové vlastnosti ako mrazuvzdornosť, vplyv na vlastnosti vysokopevnostných betónov, vodeodolnosť, odolnosť voči oteru, odolnosť voči chloridom [6].



**Obr. 5 Častica gumovej drviny pri 80 -násobnom zväčšení [7, 8]**

Betóny, ktoré sú vystavené zmrazovaniu a rozmrazovaniu, sa opätovne rozťahujú a znova zmrašťujú. V betónových zmesiach takéto pohyby zapríčiňujú vznik napätia, ktoré spôsobuje vnútorný tlak. Vďaka vnútornému tlaku je presiahnutá pevnosť v ťahu, čo zapríčiňuje praskanie alebo drobenie betónu. Použitím odpadovej gummy v betóne sa očakáva zníženie nákladov, zabezpečenie menšej spotreby kameniva a zmenšenie škodlivého vplyvu na životné prostredie. Pri niektorých výskumoch sa skúšalo použitie drviny z odpadových pneumatík ako vzduchového činidla v betónovej zmesi. Tieto výskumy preukázali, že ak zvyšujeme obsah gumovej drviny, tak v betóne dochádza k výraznému zníženiu pevnosti v tlaku. Kaučuková drvina pridaná do betónovej zmesi zapríčiňuje vytvorenie vzduchových bublín, ktoré spôsobujú nadmerné objemy pórov. Ochrana proti vnútornému poškodeniu pod tlakom je zabezpečená nadmerne zväčšenými pórmi, ktoré umožňujú kontrakcie a expanzie v betónovej zmesi [7, 8].



**Obr. 6 rozptýlenie gumovej drviny vo vzorke [8]**

Pri sledovaní vodeodolnosti na vzorkách s čiastočnou náhradou gummy bola zaznamenaná absorpcia vody do 7,5 %. Môže to byť dôsledok rôznej veľkosti častí kaučukovej drviny, ktoré majú schopnosť vyplniť póry. Zvýšenie penetrácie vody sa stupňuje s narastajúcim obsahom kaučuku a má za následok zníženie priepustnosti. Hĺbka prieniku vody bola pod 30 mm [9, 10].



**Obr. 7 Meranie hĺbky priesaku vody [9]**

Zvýšená odolnosť voči oteru bola zaznamenaná pri vzorkách s obsahom recyklovanej gumy. Testy preukázali hĺbku oderu pod 2 mm. Tento parameter vyhovuje štandardom pre aplikovanie na chodníky, hydraulické konštrukcie a cesty [9].

### **3 Záver**

Likvidácia opotrebovaných pneumatík a jej dopad na životné prostredie je celosvetovým problémom. Tento článok poukazuje na efektívne využitie recyklovaných častí pneumatík v betónových zmesiach a zároveň naznačuje aj možnosti využitia ako izolačných sypaných materiálov v konštrukcii. Výskumy, preukázali, že použitie gumovej drviny v betóne má minimálny vplyv na pevnosti v ťahu, v ťahu za ohybu a tlaku. Taktiež tieto štúdie potvrdzujú, že použitím tejto drviny je možné znížiť absorpciu vody a zvýšiť odolnosť voči oderu. Ďalšie testy preukázali, že betóny s obsahom kaučukovej drviny majú pozitívny vplyv na odolnosť betónových konštrukcií voči agresívnym prostrediam a tým zvyšujú životnosť objektu.

Ďalšie štúdie deklarujú využívanie gumového granulátu ako náhrady napr. v povrchoch vozoviek, recyklovanej gumenej krytiny, recyklovaný betón z granulátu pneumatík a stavebnej sutiny, respektíve vyriešiť percentuálny podiel kameniva náhradou vhodného (množstvom a veľkosťou) granulátu z pneumatík [1].

Stavebný priemysel nedávno prijal výzvu začleniť udržateľnosť do výrobných činností hľadaním surovín šetrnejších k životnému prostrediu alebo využívaním pevných odpadových materiálov ako kameniva do cementového betónu. Jedným z takých riešení sa javí využitie gumového granulátu z pneumatík pre jeho zapracovanie do materiálov na báze cementu, aby sa nahradilo prírodné kamenivo. Tieto pokusy naznačujú šetrnosť k životnému prostrediu a ukazujú sa ekonomicky životaschopné.

### **LITEARTÚRA**

- [1] Ullshuaicheng G., Qingli D., Ruizhe Si, Xiao S., Chao Lu, Evaluation of properties and performance of rubber-modified concrete for recycling of waste scrap tire Elsevier, vol.148, 4/2017
- [2] Ullslam, M. M. , Jie Li, Yu Fei Wu, Roychand,R. Saberian M., Design and strength optimization method for the production of structural lightweight concrete: An experimental investigation for the complete replacement of conventional coarse aggregates by waste rubber particles, Elsevier, vol.184, 9/2022
- [3] Zajac J., a kol., Systém dezintegrácie pneumatík, The International Journal of TRANSPORT& LOGISTICS 18/10
- [4] Liu L., Cai G., Zhang J., Liu X, Liu K., Evaluation of engineering properties and environmental effect of recycled waste tire-sand/soil in geotechnical engineering: A compressive review, Elsevier BV, N.126, 2020

- [5] Mohajerani A. a kol., Recycling waste rubber tyres in construction materials and associated environmental considerations: Elsevier, vol. 155, 4/2020
- [6] Svoboda J. a kol., Využitie možností gumového materiálu po recyklácii odpadových pneumatík. Magazín (MOBILITA/STROJE/TECHNOLÓGIE/ EKOLÓGIA), 6/2018
- [7] Richardson A. E. a kol., (2012). Freeze/thaw of concrete with optimum rubber crumb content, in Journal of Cleaner Production, volume 23, issue 1, pages 96 – 103
- [8] Richardson A. a kol., (2016). Crumb rubber used in concrete to provide freeze-thaw protection (optimal particle size), in Journal of Cleaner Production, volume 112, pages 599 – 606
- [9] Blessen S.T. a kol., (2016). A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete, in Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 54, pages 1323 – 1333
- [10] N. Segre, I. Joekes, (2000). Use of tire rubber particles as addition to cement paste, in Cement and Concrete Research, volume 30, issue 9, pages 1421 – 1425