

Fakulta strojní, Ústav materiálového inženýrství
prof. Dr. Ing. Libor Beneš, IWE
Karlovo nám. 13
121 35 PRAHA 2
libor.benes@fs.cvut.cz



Oponentní posudek na habilitační práci
Ing. Dany Bakošové, PhD.

Název posuzované práce: VPLYV NANOPLNÍV NA BÁZE UHLÍKOVÝCH NANORÚROK NA VLASTNOSTI GUMÁRENSKÝCH ZMESÍ

Habilitace - fakulta/univerzita: FPT v Púchove - TnUAD v Trenčíne

Obor habilitace: Materiály

Recenzovaná habilitační práce *Ing. Dany Bakošové, PhD.*, vypracovaná ve studijním oboru *Materiály*, na Fakultě průmyslových technologií - Trenčianské univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne, byla předložena formou vědecké monografie, v rozsahu 83 stran (4,2 AA). Autorka dále přikládá Tézě habilitační přednášky, na téma „*Využití atomové silové mikroskopie v materiálovém inženýrství*“, v rozsahu 43 stran (2,23 AA).

Problematika, řešená v habilitační práci je velice aktuální, neboť gumárenské směsi se neustále vyvíjejí - již s ohledem na to, že vstupní suroviny, resp. jejich ceny, nejsou konstantní. Důvod tohoto vývoje je nutno spatřovat jednak v technické podstatě, kdy se směřuje k vývoji materiálů s lepšími užitnými vlastnostmi, ale i v oblasti ekonomické (*nižší cena*). Proto výrobci a zpracovatelé obvykle používají vlastní soubor ověřených směsí, přičemž konkrétní receptury jsou vázány výrobním tajemstvím.

Z toho důvodu je - ve veřejně dostupné literatuře - často obtížné najít technologicky ověřenou recepturu (*obvykle se jedná o modelové směsi, které pro výrobu nejsou vhodné*). Předložená práce se zřejmě i proto zabývá hodnocením řady fyzikálních a chemických vlastností gumárenských směsí, které jsou dány specifickými požadavky na výsledný výrobek. V technické praxi se jedná např. o odolnost proti obrušování, odolnost proti vysokým a nízkým teplotám, tepelnou vodivost, odolnost proti trvalé deformaci a povětrnostním vlivům, nebo o kombinace těchto vlastností. Autorka přitom využívá řadu moderních experimentálních metod studia materiálů - mezi jinými je to právě AFM, na jejímž základě lze analyzované materiály velmi vhodně porovnávat a charakterizovat.

Ve své podstatě se zde jedná o materiály (*kaučuky*), které mají schopnost pojmout vysoké koncentrace plniv i dalších přísad - což vychází z existence poměrně malých kohezních sil. Aplikovaná plniva přitom výrazně zlepšují řadu užitných vlastností těchto kaučukových směsí a vulkanizátů.

Autorka v práci, namísto běžně používaných sazí, využívá plnivo na bázi moderních nano-materiálů (*CNT - Carbon Nano Tubes*), neboť principiálně platí (*a v závěrech práce je tento fakt*

i zdůrazněn), že zmenšením velikostí částic (tj. *zvětšením specifického povrchu*) plniva se zvýší viskozita, strukturní pevnost i odolnost proti oděru.

Zajímavé je rovněž presentované zjištění, že vyšší aktivita povrchu částic plniva (*včetně modifikace povrchu*) zvyšuje odolnost proti oděru a modul při deformaci.

Rád bych kladně ohodnotil i pečlivě provedenou rešerši současného stavu poznání v dané oblasti, jejímž výstupem je celkem 110 citovaných prací z odborné literatury (*vesměs cizojazyčné*). Z hlediska inženýrsko-aplikačního, tzn. s ohledem na potenciální využití zde uváděných výstupů v technické praxi, se jedná o velice zajímavou problematiku progresivních materiálů i technologií, metodicky vhodných pro řadu průmyslových aplikací. Proto zvolené téma recenzované habilitační práce považuji za aktuální, což zvyšuje aplikační potenciál získaných a presentovaných výsledků.

V práci jsou předloženy původní výsledky, podpořené experimentálním aparátem, včetně diskuse a formulace dílčích závěrů. Proto i z hlediska vědeckého považuji hodnocenou práci za přínosnou pro daný obor. Publikační aktivita autorky (*13 publikovaných prací na WoS/SCOPUS, 32 prací v ostatních časopisech, 45 vystoupení na konferencích*) i její citačních ohlasy dokládají nepochybné uznání vědeckou komunitou.

Navíc habilitantka prokázala i potřebné pedagogické a didaktické schopnosti, když dílčí výsledky propojila do komplexní podoby, která dokáže čtenáře zaujmout a poutavě vtáhnout do této zajímavé problematiky. Tuto skutečnost dokládá i zmíněných 50 bakalářských, resp. 58 diplomových prací, které v průběhu své pedagogické praxe vedla.

K hodnocené práci mám následující otázky, resp. náměty do diskuse (k obhajobě):

- 1.) Je obecně známé, že např. u běhounů pneumatik závisí odolnost proti oděru při vyšších rychlostech spíše na velikosti specifického povrchu plniva (*tzn. sazí*), zatímco při nižších rychlostech rozhoduje spíše jeho struktura. Ztužující částice (*tzn. saze*) obecně zlepšují oděruvzdornost používaných elastomerů. Závislost oděru na dávkování ztužujících sazí obvykle vykazuje minimum ve stejné oblasti, kde se nachází maximum pevnosti v tahu. Lze podobný efekt sledovat také v případě uhlíkových nanotrubic, coby plniva?
- 2.) Použité plnivo (*tzn. saze*) obvykle snižují tepelnou kapacitu kaučukové směsi. Tepelnou kapacitou je ovlivněn především průběh teploty směsi při tváření a vulkanizaci. Zajímalo by mne, jak se v tomto srovnání projevují uhlíkové nanotrubičky, jakožto plnivo?
- 3.) Při konvenčním postupu zpracování směsí, kdy se nejprve míchá polymer a teprve pak se přidávají saze (*v jedné nebo více dávkách*), obtížně dispergují saze s velkým měrným povrchem a malou strukturou (*což souvisí s jejich poměrně nízkou viskozitou*). Můj dotaz směřuje k tomu, jak se postupuje z tohoto pohledu v případě aplikace (*zpracování*) uhlíkových nanotrubic?

- 4.) S jakým výsledkem lze ekonomicky posoudit variantu původního (*saze*) versus nového (*CNT*) plniva? Je možno případně do této úvahy zapracovat i možnost využití organicky modifikovaných nano-jílů, např. montmorillonit (*viz str. 18*), příp. alkalicky aktivovaných aluminosilikátů, což představuje velký potenciál nejen, co se týče vlastností těchto materiálů, ale i z pohledu ekonomického a ekologického (*využití odpadních surovin*)?

Závěrečné shrnutí:

- ◆ Závěrem zde mohu shrnout, že recenzovaná habilitační práce *Ing. Dany Bakošové, PhD.*, má požadovanou odbornou úroveň, je vědecky i pedagogicky přínosná a zároveň předkládá nové poznatky vedoucí k praktickým aplikacím.
- ◆ Vypracováním této monografie habilitantka prokázala způsobilost k samostatné a tvořivé vědecké činnosti.
- ◆ Hodnocenou práci proto doporučuji k obhajobě.
- ◆ V případě úspěšné obhajoby doporučuji Ing. Daně Bakošové, PhD. udělit vědeckou hodnost „docent“.

V Praze, dne 10. 08. 2023

prof. Dr. Ing. Libor Beneš, IWE