

VLIV ZVÝŠENÉ TEPLoty NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI POLYMERNÍCH PĚN

Sandra Kaňáková*, Jan Krystek, Jan Heczko

Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, Plzeň

Abstrakt

Tento článek se zaměřuje na expandované pěny a jejich mechanické vlastnosti. Vzorky pěn s různou tvrdostí na stupnici Shore A byly podrobeny pádové zkoušce za teplot 23 °C a 40 °C a tlakové zkoušce. Získané údaje byly vyhodnoceny a na jejich základě byly vybrány možné materiály pro použití v osobních ochranných prostředcích.

1. Úvod

Rozmanitost materiálů používaných v dnešním průmyslu je obrovská. Materiály podobné plastům (např. silikony, polyuretany atd. [1]) postupně nahrazují kovy. Bohužel potenciál těchto materiálů není plně využit, jelikož není dostatečně podchyceno jejich mechanické chování.

Výběr vhodného materiálu a jeho modelu může představovat velký problém. Nejen samotný materiál, ale i jeho struktura ovlivňuje výsledné chování, příkladem takového materiálu může být polymerní pěna. Její struktura se skládá z otevřených buněk, uzavřených buněk, nebo kombinace obou [2]. Konečné chování pěny je tedy kombinací materiálu, který tvoří stěny buněk, a vnitřního vzduchu. Na pěnu tedy můžeme pohlížet jako na kompozitní materiál.

Důležitým aspektem mechanického chování pěny je citlivost na rychlost deformace, která souvisí právě s její strukturou. Vzduch může buď jednoduše procházet otevřenou buněčnou strukturou, nebo je zadržován uvnitř uzavřené buňky. Materiály citlivé na rychlost deformace se často používají v komponentech pohlcujících energii [3].

V případě polymerních materiálů je důležité zohledňovat vliv teploty. K výrazné změně mechanického chování může dojít při pouhé změně o několik stupňů Celsia. To představuje zásadní problém pro osobní ochranné prostředky [4]. V citovaném článku byl negativní vliv zvýšené teploty překonán dodatečnou kompozitní vrstvou. Je však možné, že lepší výběr hlavního materiálu tlumícího nárazy by tomuto problému mohl zabránit.

V tomto článku byly zkoumány polymerní pěny s cílem určit materiál vhodný pro komponenty tlumící nárazy osobních ochranných prostředků. Získané údaje budou použity pro určení parametrů materiálového modelu. Kromě toho bude samotný vybraný materiál použit pro zlepšení osobních ochranných prostředků.

2. Materiály

Pro testování byly zvoleny polymerní pěny s různou Shore A tvrdostí, konkrétně se jednalo o hodnoty 8, 10, 14, 17, 25. Shore A tvrdosti dané výrobcem byly ověřeny na 3 vzorcích pomocí tvrdoměru Wolpert Wilson, jak je uvedeno v [5]. Aritmetické průměry 5 změřených hodnot jsou uvedeny v tabulce 1. Jak je ze změřených dat patrné, hodnoty Shore A tvrdosti korespondují s hodnotami uváděnými výrobcem. V případě pěn s tvrdostí 14 a 17 Shore A se hodnoty přímo rovnají. U pěn s udávanou tvrdostí 8, 10 a 25 Shore A se liší o jedna. Tento

* tel. +420 377 632 342, e-mail: kanaksan@kme.zcu.cz

rozdíl může být zapříčiněn výrobním procesem pěny, která vzniká chemickou reakcí při kombinaci dvou základních složek.

Tab. 1. Tvrdosti Shore A zkoumaných pěn.

Tvrdost Shore A					
výrobce	8	10	14	17	25
měření	9	11	14	17	26

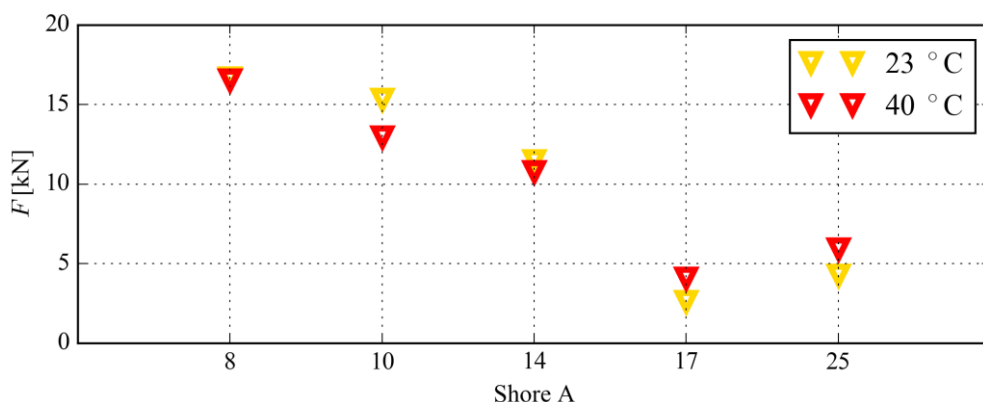
2. Experimenty

Pro vyhodnocení toho, zda je materiál vhodný pro použití v chráničích, byla provedena série pádových zkoušek. Sestava pádové věže, na které byly zkoušky prováděny, korespondovala s geometrií pádové věže udávanou normou ISO 1621-1, která se zaměřuje na testování chráničů pro motocyklisty. Vzorky pěn ve tvaru válce o průměru 55 mm a výšce 15 mm byly umístěny na kulovou podložku. Pro zkoušku byl použit razník s hmotností 5 kg. Při zkoušce byla měřena přenesená síla siloměrem KISTLER 9351B a posunutí razníku dvěma Micro-Epsilon optoNCDT 2300-50 lasery po stranách vedení razníku. Popsaná sestava je zobrazena na obrázku 1. Pádové zkoušky byly provedeny pro 3 vzorky, zobrazené hodnoty jsou aritmetickými průměry změřených hodnot.



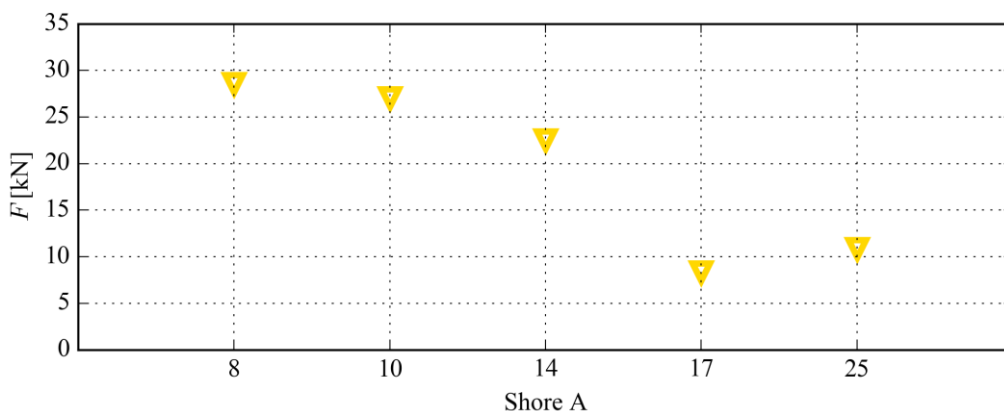
Obr. 1. Pádová věž.

První pádová zkouška byla uskutečněna z výšky 25 cm nad kulovou podložkou pro vzorky o teplotě 23 °C a 40 °C. Tyto teploty byly zvoleny na základě uvedené normy 1621-1. Hodnoty maximální přenesené síly jsou zobrazeny na obrázku 2. Jak je patrné, v případě obou teplot přenesly nejmenší sílu pěny s tvrdostí 17 Shore A a 25 Shore A. U pěn s tvrdostí 8, 10 a 14 Shore A došlo u pádu s vyšší teplotou k přenesení nižší síly, což mohlo být způsobeno rozpínáním plynu v buňkách pěny a zpevněním celé struktury, která při dopadu nebyla tolik stlačena a byla proto schopna lépe tlumit náraz. Naopak u pěn s tvrdostí 17 a 25 Shore A došlo zahřátím ke zhoršení schopnosti náraz tlumit.



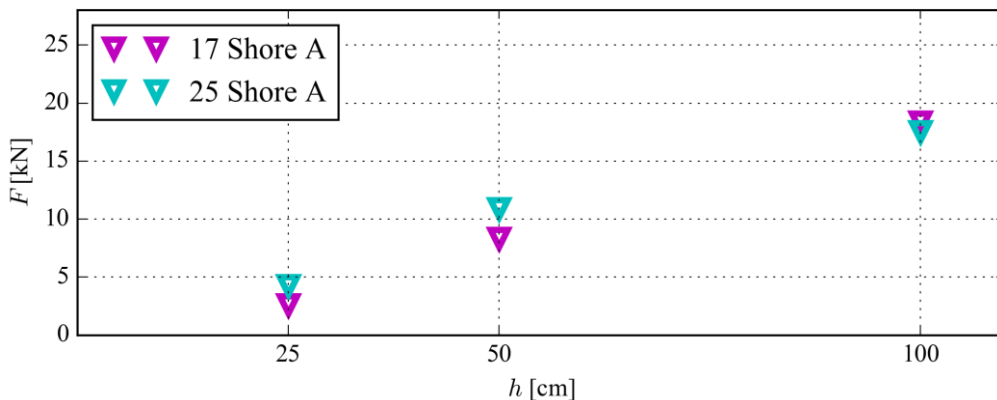
Obr. 2. Hodnoty maximálních přenesených sil – pád z výšky 25 cm.

V následujícím kroku byla provedena pádová zkouška z 50 cm nad kulovou podložkou za teploty 23 °C. Hodnoty maximálních přenesených sil jsou zobrazeny na obrázku 3. Jak je patrné, změřené hodnoty vykazují podobný trend, jako tomu bylo u předchozí zkoušky. Pěny s tvrdostí 17 a 25 Shore A opět přenesly nejmenší sílu. Jelikož u pěn s tvrdostí 8, 10 a 14 Shore A došlo k viditelnému proražení vzorků, byly tyto materiály z dalšího testování vynechány.

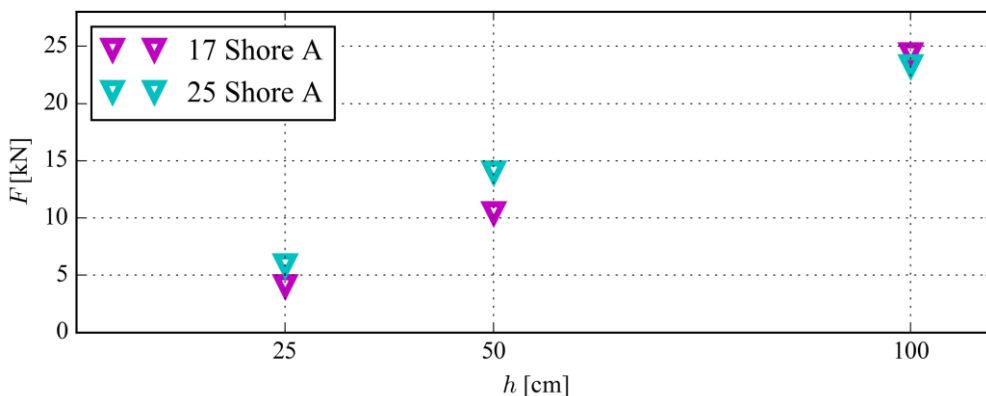


Obr. 3. Hodnoty maximálních přenesených sil – pád z výšky 50 cm.

Dále byly tedy zkoumány pouze pěny s tvrdostí 17 a 25 Shore A. Byla provedena pádová zkouška z výšky 50 cm za teploty 40 °C. Následně bylo přistoupeno i k pádům z výšky 100 cm. Maximální přenesené síly jsou zobrazeny na obrázku 4 pro teplotu 23 °C a na obrázku 5 pro 40 °C. Na obou obrázcích jsou zároveň ukázána i dříve určená maxima pro pády z 25 a 50 cm. U pádu ze 100 cm za teploty 23 °C nepřesahují maxima 20 kN, splňují tedy třídu 2 normy ISO 1621-1, pro případ vyšší teploty však až třídu 1, kdy maximální síla nepřesahuje 35 kN.

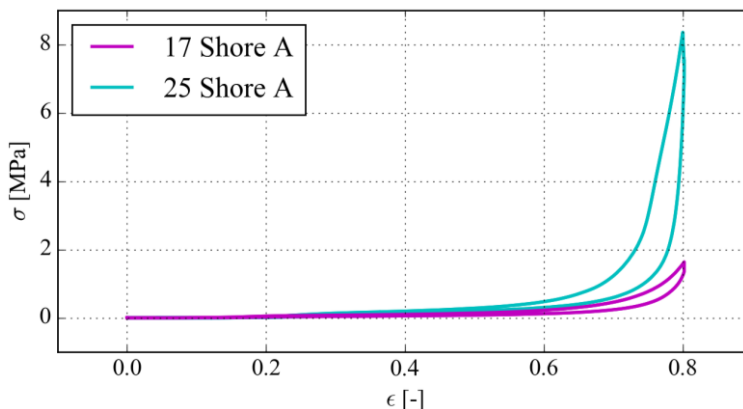


Obr. 4. Hodnoty maximálních přenesených sil – 23 °C.



Obr. 5. Hodnoty maximálních přenesených sil – 40 °C.

Dále byla provedena tlaková zkouška s oběma materiály při teplotě 23 °C. Zkouška byla provedena pro vzorky tvaru válce o výšce 15 mm a průměru podstav 40 mm na stroji ZWICK/ROELL Z050. Vzorek byl stlačován do deformace 0,8, kde byl 60 s držen a následně odlehčen. Rychlost deformace byla $0,001\text{ s}^{-1}$. Získaná data v závislosti nominálního napětí na nominální deformaci jsou zobrazeny na obrázku 6. Jak je z obrázku patrné, pěna o tvrdosti 17 Shore A dosáhla výrazně nižšího napětí při stejné deformaci než pěna s tvrdostí 25 Shore A, což bylo zřejmě způsobeno tím, že pěna stihla při zatěžování rychleji relaxovat. Oba vzorky nebyly při testování nijak viditelně poškozeny.



Obr. 6. Tlaková zkouška pěn.

3. Závěr

V práci byly testovány polymerní pěny s různou tvrdostí na stupnici Shore A. Pěny byly podrobeny pádovým zkouškám ze tří výšek: 25, 50 a 100 cm, za teploty 23 °C a 40 °C. Z provedených testů vykazaly nejlepší potenciál pro použití v chráničích pro motorkáře pěny s tvrdostí 17 a 25 Shore A. U ostatních pěn došlo v průběhu testování k porušení struktury. Nejlepší pěny byly podrobeny tlakové zkoušce, při které pěna s tvrdostí 17 Shore A stihla rychleji relaxovat a tedy dosáhla nižších hodnot napětí.

Materiály budou podrobeny dalšímu testování, získaná data poslouží k identifikaci parametrů zvolených materiálových modelů.

Poděkování

Tato práce byla podpořena grantovým projektem SGS-2022-008 Matematické modelování a numerické simulace materiálových struktur a mechanických a biomechanických systémů.

Literatura

- [1] Kratochvíl, B., Švorčík, V., Vojtěch, D. Introduction to study of materials. 1st ed. ISBN 80-7080-568-4. 2005.
- [2] Salvo, L., Martin, G., Suard, M., Marmottant, A., Dendievel, R., Blandin, J. Processing and structures of solids foams. Comptes Rendus Physique. Volume 15, Issues 8–9, 2014, Pages 662-673. ISSN 1631-0705, <https://doi.org/10.1016/j.crhy.2014.10.006>.
- [3] A Paul, U Ramamurty, Strain rate sensitivity of a closed-cell aluminum foam, Materials Science and Engineering: A, Volume 281, Issues 1–2, 2000, Pages 1-7, ISSN 0921-5093, [https://doi.org/10.1016/S0921-5093\(99\)00750-9](https://doi.org/10.1016/S0921-5093(99)00750-9).
- [4] Kottner, R., Kaňáková, S., Bońkowski, T., Yeung, R., Pukaro, A. Improvement of impact protection by KORDCARBON-CPREG-200-T-3K-EP1- 4-A composite. Materials Today: Proceedings. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.084>.
- [5] Kaňáková, S., Kottner, R., Krytek, J., Bońkowski, T., Heczko, J. Investigation of mechanical behaviour of commercially available polymeric materials and their suitability as impact absorber. Experimental Stress Analysis 2020 Book of full Papers, pp.189-194.