

Studentská Vědecká Konference 2012

Identifikace materiálových parametrů pryžových segmentů tramvajových kol se zohledněním viskoelasticity a porušení

Jan Heczko¹, Radek Kottner²

1 Úvod

Pryžové součásti jsou často používány díky specifickým vlastnostem, jako je schopnost dosahovat velkých vratných deformací a dobré tlumicí vlastnosti. Dobrým příkladem aplikací jsou různá těsnění, izolátory vibrací nebo pneumatiky. Konkrétní motivací této práce je vývoj moderních tramvajových kol, v nichž slouží pryžové segmenty k snížení přenosu vibrací.

Pro spolehlivé modelování vyvíjených součástí je nutné použít materiálový model schopný přesně popsat všechny podstatné jevy v mechanickém chování materiálu. V případě pryže to znamená nelineární rovnovážnou odezvu, časově závislé chování, deformační změkčení, trvalé deformace a výraznou teplotní závislost (např. Bergström a Boyce, (1998)).

Cílem této práce bylo vybrat vhodný materiálový model a identifikovat jeho parametry pro zadaný materiál, který má být použit ve vyvíjených tramvajových kolech.

2 Experimenty

Pro dobrou shodu v různých modech namáhání (tah, tlak, smyk) byly provedeny zkoušky tahem a tlakem. Byly prováděny i zkoušky prostým smykem, ale docházelo k odlepování vzorků od kovových plechů sloužících k upnutí do čelistí trhačského stroje.

Bylo předepsáno buzení předepsanou deformací v rozsahu do 25%, kombinující relaxační a hysterezní zkoušku podobně jako v Lévesque et al. (2008).

3 Materiálový model

Zvolený materiálový model měl být použit pro modelování součástí v komerčním konečněprvkovém softwaru, bylo proto žádoucí vybrat některý dobře známý model, který je již implementován. Pro modelování rovnovážné odezvy byl zvolen pětiparametrický Mooneyho-Rivlinův model nestlačitelného izotropního hyperelastického materiálu.

Viskoelastické chování materiálu bylo modelováno rozvojem deformační energie do tzv. Pronyho řady, formálně podobné relaxačnímu jádru z lineární viskoelasticity:

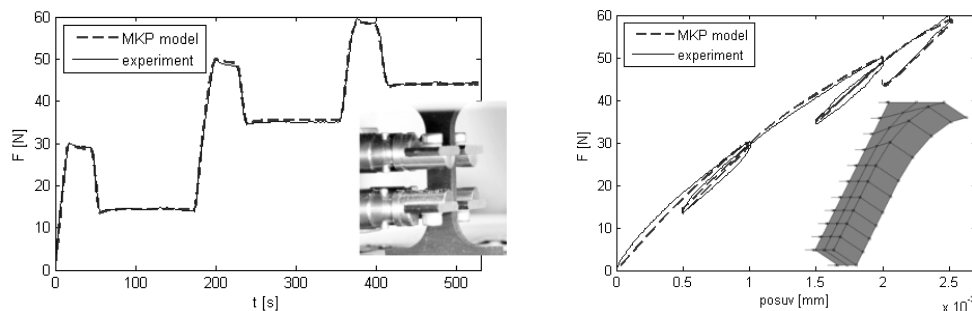
$$\psi = \psi^\infty + \sum_{n=1}^N \delta^n \psi^0 \exp(-t/\tau_{Cn}), \quad (1)$$

kde ψ^0 je deformační energie spočtená hyperelastickým materiálovým modelem a ψ^∞ je limita pro čas $t \rightarrow \infty$. Parametry modelu jsou δ^n a τ_{Cn} .

S takto definovaným konstitutivním vztahem nebylo stále možné dosáhnout dobré shody s experimentem. Model byl proto doplněn o mikromechanické porušení, které se projevuje jako

¹ student navazujícího studijního programu Aplikovaná věda a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: jheczko@students.zcu.cz

² pracovník NTIS - Nové technologie pro informační společnost, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 22, 306 14 Plzeň, e-mail: kottner@kme.zcu.cz



Obrázek 1: Porovnání síly změřené při experimentech a identifikovaného modelu.

pokles tuhosti závislý na dosažené deformaci (parametr $\alpha = \max_t W^0(\varepsilon(t))$). Potom je:

$$W = K(\alpha)W^0. \quad (2)$$

4 Identifikace parametrů

Protože při experimentech docházelo k nehomogenním deformacím, byl přepočet sil a posuvů na napětí a poměrné deformace velmi nepřesný. Byly proto vytvořeny konečněprvkové modely experimentů a cílová funkce pro optimalizaci parametrů modelu byla vyjádřena přímo pomocí měřených veličin, tj. jako součet čtverců odchylek sil v časových hladinách:

$$f = \sum_{k=1}^{n \text{ time steps}} (F_k - \bar{F}_k)^2. \quad (3)$$

K minimalizaci takto definované odchylky modelů a experimentů byl použit genetický algoritmus jako startovací metoda a gradientní algoritmus pro konečné hledání lokálního minima.

5 Závěr

Pro dodanou pryž byl zvolen materiálový model zahrnující nelineární rovnovážnou odezvu, viskoelasticitu a porušení. S pomocí konečněprvkového softwaru a optimalizačních algoritmů byly na základě zkoušky tahem a tlakem identifikovány parametry tohoto modelu dosahující dobré shody v předepsaných provozních deformacích. Identifikace byla provedena pro různé teploty a to pro novou pryž i pro materiál, který byl předtím již rok v provozních podmínkách. Příklad porovnání modelu a experimentů pro použitou pryž při 100°C je na obr. 1.

Poděkování

Tato práce byla podpořena Evropským fondem pro regionální rozvoj (ERDF), projekt „NTIS – Nové technologie pro informační společnost“, Evropské centrum excelence, CZ.1.05/1.1.00/02.0090 a projektem MŠMT SGS-2010-046.

Literatura

- Bergström, J.S., Boyce, M.C.: Constitutive Modelling of the Large Strain Time-dependent Behavior of Elastomers, *J. Mech. Phys. Solids.*, Vol. 46 (1998), pp. 931–954
- Lévesque, M., Derrien, K., Baptiste, D., Gilchrist, M.D.: On the development and parameter identification of Schapery-type constitutive theories, *Mech Time-Depend Mater*, Vol.12 (2008) No.2, pp. 95-127, ISSN: 1573-2738 (elektronická verze)