

Identifikace parametrů při modelování stárnutí a poškození pryže

Jan Heczko¹, Radek Kottner²

1 Úvod

Příspěvek se zabývá modelováním pryžových součástek pomocí tzv. *dynamic-network* modelu, Nauman (2016). Tento materiálový model zohledňuje nelineární závislost napětí na deformaci, teplotní závislost, změnu mechanických vlastností vlivem chemického stárnutí, pokles tuhosti vlivem cyklického zatěžování a trvalé deformace. Všechny tyto jevy lze v různé míře pozorovat u různých materiálů, a to jak na reálných součástkách v provozu tak při laboratorních zkouškách.

Zásadním pojmem uvedeného modelu je trvalá deformace, která se mění v závislosti na čase a aktuální deformaci. Napětí je potom závislé nikoliv na aktuální deformaci, ale rozdílu aktuální a trvalé deformace.

2 Identifikace parametrů

Pro potřeby numerických simulací laboratorních zkoušek byly odvozeny zjednodušené vztahy založené na předpokladu homogenní deformace zkušebních vzorků. Příklad chování materiálového modelu je znázorněn na obr. 1 pro případ jednoosé napjatosti. Vykresleny jsou předepsaná skoková deformace spolu s historií trvalé deformace a výsledné napětí. S tím, jak se trvalá deformace blíží předepsané, klesá napětí k nule.

Byla zkoumána identifikace parametrů modelu metodou nejmenších čtverců, kdy má cílová funkce tvar

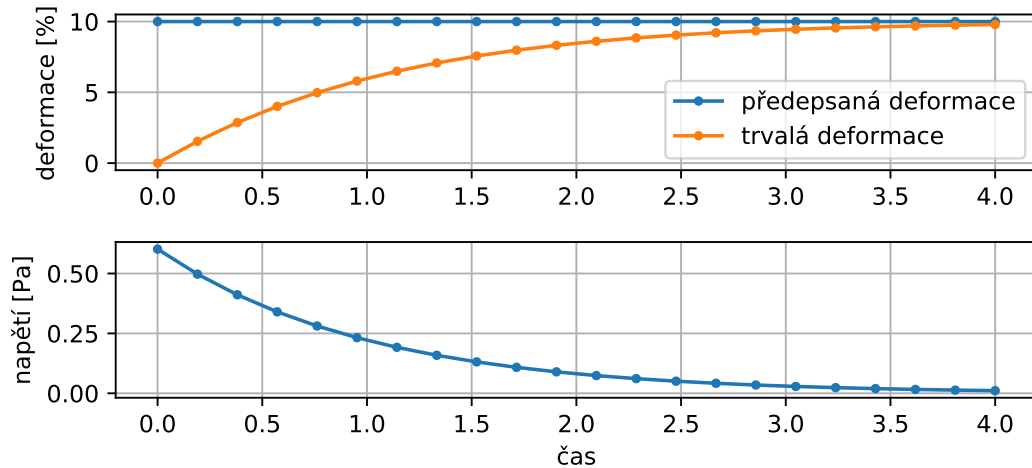
$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{2} \sum_{\varepsilon_i} \frac{\sum_{t_j} (\sigma_{ij} - \sigma(\mathbf{x}; \varepsilon_i, t_j))^2}{\sum_{t_j} \sigma_{ij}^2}, \quad (1)$$

kde ε_i značí různé způsoby zatížení, tj. různé módy deformace (tah, tlak, smyk) nebo i různé časové průběhy, a t_j značí časové okamžiky. Odpovídající experimentální data jsou označena σ_{ij} a výsledek numerického modelu $\sigma(\varepsilon_i; t_j)$. Normalizace součtem je používána pro vyrovnání vlivu jednotlivých experimentů na výsledek.

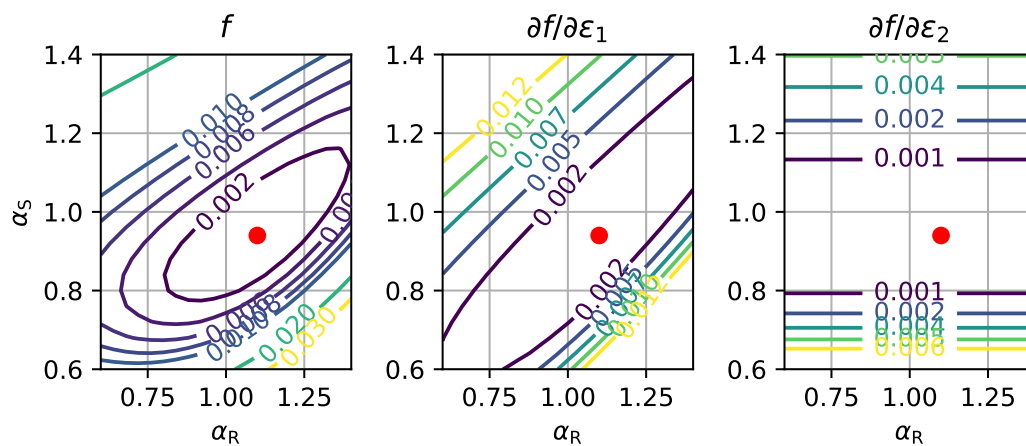
Hodnota cílové funkce je závislá na volbě množin, ze kterých se vybírá ε_i a t_j , cílem při návrhu experimentů je tedy také stanovit jejich minimální množství, které zaručí identifikování dostatečně dobrých parametrů. Na obr. 2 jsou zobrazeny hladiny cílové funkce v rovině parametrů α_R - α_S , vyjadřujících rychlosti vzniku resp. zániku chemických vazeb. Vykreslená cílová funkce odpovídá identifikaci na základě cyklické tahové zkoušky (ε_1) a relaxační zkoušky (ε_2). Dále jsou zobrazeny citlivosti cílové funkce vůči různým částem experimentálních dat. Různé druhy experimentů mají na tvar cílové funkce a identifikovatelnost jednotlivých parametrů různý vliv (např. zde z relaxační zkoušky nelze usuzovat na velikost parametru α_R).

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, e-mail: jheczko@kme.zcu.cz

² Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra mechaniky, e-mail: kottner@kme.zcu.cz



Obrázek 1: Odezva modelu na zatížení skokovou deformací 10% v tahu.



Obrázek 2: Hladiny cílové funkce (vlevo) a její citlivosti vzhledem k různým částem experimentálních dat.

3 Závěr

Byly odvozeny citlivostní vztahy pro identifikaci parametrů zjednodušeného modelu stárnutí pryže, a to citlivost jak vzhledem k parametrům modelu, tak vzhledem k experimentálním datům. Tyto vztahy budou použity pro určení experimentů vhodných pro praktickou identifikaci parametrů modelu a pro posouzení jejich kvality.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-038.

Literatura

Naumann, C. (2016) *Chemisch-mechanisch gekoppelte Modellierung und Simulation oxidativer Alterungsvorgänge in Gummibauteilen*, Ph.D. Thesis, Technische Universität Chemnitz.