

Posudek diplomové práce Jakuba NOVÁKA

Název diplomové práce: Odhad parametrů hyperelastického materiálového modelu s využitím MKP

Cílem předkládané diplomové práce byl popis metody identifikace materiálových parametrů na základě numerické simulace komponentní zkoušky elastomerového O-kroužku a její porovnání s analytickým přístupem. Nezbytnou součástí práce byly i vlastní experimentální testy O-kroužků a tahových vzorků z nich připravených. Autor dále testoval 3 formulace hyperelastického potenciálu a vhodně zvolil hojně využívané formulace Arruda-Boyce (2 parametry), Yeoh (3 parametry) a Ogden (6 parametrů).

V úvodní části práce se autor systematicky věnuje kategorizaci polymerů a popisu jejich vnitřní struktury, která určuje jejich nelineární odezvu. Dále se autor věnuje zavedení měř deformace a napětí nelineární mechaniky kontinua, které následně využívá v analytickém přístupu identifikace materiálových parametrů. Rozebrány jsou i 3 vybrané definice hyperelastických materiálových modelů s postupně vzrůstajícím počtem parametrů. Praktická část práce začíná provedením experimentálních zkoušek O-kroužků a tahových vzorků z nich připravených. Ve zvolené experimentální proceduře a následném komentáři výsledků oceňuji využití prekondice k minimalizaci vlivu Mullinsova efektu a uvědomění si viskoelastické povahy odezvy materiálu, byť ta nebyla cílem práce. Dále oceňuji využití videoextenzometru s využitím sledování kontrastních značek při jednoosých tahových zkouškách k měření „čistých“ materiálových deformací. Oba experimentální testy byly provedeny pro 3 vzorky, tj. celkem bylo testováno 6 kusů O-kroužků. V této části práce postrádám důkladnější zpracování výsledků zkoušek z hlediska sestavení reprezentativní křivky pro následnou identifikaci materiálových parametrů. Autor pouze vybral jeden vzorek dat pro každý test a s těmito daty následně pracoval. Z hlediska popisu metodiky identifikace parametrů je toto naprosto v pořádku, a to jak pro analytický přístup, tak pro identifikaci na základě numerické simulace. Problém může nastat při porovnání výsledků těchto dvou přístupů, kde není následně zřejmé, zda nalezené rozdíly mezi výsledky nejsou způsobeny pouhou přirozenou variabilitou vzorků. V části věnující se identifikaci parametrů hyperelastických modelů oceňuji zvládnutí technik parametrické optimalizace, a to jak v prostředí Matlab pro analytický přístup, tak v prostředí specializovaného softwaru Isight pro přístup skrze numerickou simulaci komponentního testu. Při porovnávání kvality predikce vybraných materiálových modelů autor vhodně kombinuje numerické vyjádření pomocí výsledného residua metody nejmenších čtverců a koeficientu determinace s grafickou reprezentací. V závěrečném porovnání obou přístupů k identifikaci materiálových parametrů autor komentuje výhody přístupu pomocí numerické simulace komponentního testu, jako je možnost přímé kalibrace vůči křivce síla-posuv, která nevyžaduje žádné předpoklady o rovnoměrnosti pole napětí, a tedy může postihnout dosti komplexní odezvu komponenty. Dále vyzdvihuje rychlost identifikace analytickým přístupem. Souhlasím se závěrem, že identifikace materiálových parametrů skrze numerickou simulaci komponentního testu či několika testů nabízí velký potenciál, a to zejména pro složitější díly a celé struktury, kde příprava vzorků na materiálové zkoušky je velice obtížná. Je však nutné podotknout, že tento přístup má i svá úskalí. Například pokud v komponentním testu vystupuje tření, které ovlivňuje statickou i dynamickou odezvu, kde jeho lokální měření a závislost na teplotě, relativní rychlosti či kontaktním tlaku, je taktéž velký problém. Při závěrečném porovnání výsledků obou přístupů a zjištění, že napětově-deformační křivka získaná na základě identifikace pomocí komponentního testu je o 14 % tužší autor správně zmiňuje, že v experimentu dochází k náhodným a systematickým chybám, ale dále je již nediskutuje a spíše řeší procesní problémy zvolených přístupů, jako je nutnost

posunu počátku dat, předpoklady homogenního pole napětí apod. Věřím, že toto je dáno pouze nezkušeností studenta a ponořením se do problému.

Předkládaná práce zcela splňuje formální požadavky kladené na diplomové práce, a to jak z hlediska práce s literaturou, zvoleným postupem řešení a odbornou úrovní.

Student prokázal schopnost samostatně zpracovat dané téma, komplexně, detailně a korektně rozebrat daný problém a zároveň formulovat závěry. Diplomová práce splnila zadané téma bez připomínek, a proto navrhuji hodnocení stupněm

výborně (A).

V Jablonci nad Nisou 26. 8. 2018



Ing. Tomáš Bouda, Ph.D.
(IDIADA CZ a.s.)
oponent diplomové práce

Doplňující otázky:

1. Identifikaci materiálových parametrů jste provedl pro testy, které defacto produkují jednoosou napjatost. Který mód deformace byste doplnil pro aplikaci na O-kroužky tak, aby byla zajištěna kvalitní predikce při provozním zatížení?