

Oponentní posudek disertační práce Jiřího Hůlky s názvem „Výpočtová predikce tvárného porušování“.

M. Španiel

1.11.2014

Dosažení stanovených cílů práce

Tématem předložené disertační práce je tvárné porušování těles. Autor se zaměřuje na identifikaci fenomenologických modelů a jejich aplikaci v inženýrských analýzách v rámci metody konečných prvků. Jako cíl práce formuloval posouzení v současnosti aplikovaných modelů tvárného porušení z hlediska jejich schopnosti popsat tvárné porušení zkušebních těles při experimentu *small punch test* (SPT) a vytvořit metodiku pro stanovení klasické závislosti intenzity skutečného napětí na intenzitě plastické deformace právě ze SPT. Stanovený cíl má velký praktický význam, protože SPT lze se zřetelem k velikosti posuzovaných částí často považovat za semidestruktivní zkoušku (vzorky SPT jsou velmi malé a mohou být často odebírány z provozovaných částí, aniž by to ohrozilo jejich další provoz) schopnou poskytnout data o materiálu v aktuální etapě provozu (a to i pro ozářené materiály) nebo data o vlastnostech polotovaru před technologickými operacemi. Současně je stanovený cíl dostatečně ambiciózní, daná úloha nebyla dosud uspokojivě vyřešena přes úsilí řady výzkumníků.

Na základě předložené práce konstatuji, že autor

- provedl rozsáhlou komparaci modelů tvárného porušení pro tři materiály, založenou na identifikaci jejich parametrů podle zkoušek prováděných na jeho a partnerských pracovištích, zahrnující též identifikaci křivek zpevnění, jakožto podklad pro modelování plastické odezvy
- Navrhnul a aplikoval originální postup pro identifikaci křivek zpevnění tvárných materiálů založený na inverzní analýze, která se opírá o genetické algoritmy a optimalizovaný MKP model. Díky hlubokému porozumění SPT testům se mu s pomocí dvou kritérií optimalizace podařilo dosáhnout v případě zkoušeného materiálu akceptovatelné přesnosti. Danou úlohu nepovažuji, domnívám se, že i v souladu s autorem, za bezesbytku vyřešenou, ale příspěvek autora k jejímu řešení je významný a plně pokrývá vytýčený cíl práce.
- Navrhnul a numericky ověřil modifikaci SPT vzorků pro identifikaci parametrů tvárného porušení.

a tím vytýčené cíle bezesbytku splnil a to na vysoké odborné úrovni.

Rozbor aktuálního stavu řešení problematiky

Ačkoli práce nemá samostatnou kapitolu týkající se rozboru současného stavu dané problematiky, autor prezentuje rozbor současného stavu v jednotlivých kapitolách a paragrafech práce. Z toho jasně vyplývá, že zná východiska a historii modelů tvárného porušení i současné postupy a trendy zejména v oblasti fenomenologického modelování s dopady na MKP simulace.

Teoretický přínos disertační práce

Hlavním teoretické přínosy práce souvisejí s naplněním hlavního cíle-vytvoření metodiky pro získání křivky zpevnění materiálu z SPT. Jde zejména o vhodné použití genetického algoritmu a o myšlenku dvou kritérií v optimalizační úloze. Za přínos k dalšímu teoretickému rozvoji fenomenologických modelů tvárného porušení považují též rozsáhlou komparaci stávajících kritérií tvárného porušení.

Přínosy práce pro praxi.

Metodika identifikace křivky zpevnění ze zkoušky SPT (zatím ověřená na omezeném počtu materiálů) s akceptovatelnou přesností je významným praktickým přínosem práce Ing. Jiřího Hůlky. K dalším praktickým přínosům patří získané a v práci publikované zkušenosti a poznatky v oblasti provádění experimentů pro identifikaci parametrů tvárného porušení i v oblasti samotných identifikačních výpočtů, ve volbě vhodných kritérií a metod optimalizace.

Vhodnost použitých metod a správnost jejich aplikace

Stěžejní přístup–identifikace parametrů konstitutivního modelu založená na minimalizaci rozdílu mezi při experimentu měřitelnou (a měřenou) odezvou a odezvou získanou numerickou simulací experimentu (inverzní numerická analýza) je široce používán a s výjimkou několika typických zkušebních těles a konstitutivních modelů, pro které existuje analytické řešení odezvy v uzavřeném tvaru, prakticky jediný možný. Autor se v práci věnuje výběru detailů optimalizace pro různé případy identifikace a ty volí vesměs správně, v souladu se současnými zvyklostmi danými zejména možnostmi programového vybavení (MKP) a výpočetní techniky. Za zmínku stojí volba genetického algoritmu v případě identifikace křivky zpevnění, daná patrně autorovou zkušeností s nekonvergenčí konvenčních metod. Z kontextu práce vyplývá, že se autor alespoň částečně osobně věnoval i experimentálnímu programu, na kterém jsou identifikace materiálových parametrů založeny. V každém případě pečlivě sleduje podmínky experimentů a hodnotí možné zdroje chyb, jejich vliv na přesnost identifikace a aplikuje opatření k jejich eliminaci.

Formální úroveň práce

Strukturování, grafická úprava i jazyk práce jsou na standardní úrovni. Práce je logicky členěná do kapitol a podkapitol obsahuje řadu obrázků, grafů a tabulek, které vhodně doplňují text. Za nedostatek považuji, že autor nevěnoval větší pozornost výstižnosti titulů kapitol a podkapitol a popisků tabulek a obrázků. Jako příklad zde uvádím titulek kapitoly 5 „Experimenty provedené na oceli AISI 316L“, kapitola přitom kromě experimentů pojednává i jejich numerickou simulaci a identifikaci parametrů tvárného porušení nejen AISI 316L, ale i zbývajících materiálů. Příliš stručné popisky u obrázků znesnadňují rychlou orientaci v práci.

Závěrečné hodnocení

Práce Ing. Jiřího Hůlky je přínosem v oboru fenomenologického modelování materiálů. Zejména metodika identifikace křivky zpevnění z SPT se jeví slibná i z hlediska praktické aplikace. Vzájemné srovnání různých v současnosti užívaných nesvázaných modelů poškození z hlediska přesnosti popisu tvárného porušení konkrétních materiálů je příspěvkem ke hledání dostatečně reprezentativních přístupů s přijatelnými náklady na identifikaci a požadavky na výkon při vlastní aplikaci. Cíle práce byly beze zbytku splněny, práce, kterou autor předkládá má vysokou odbornou úroveň a nadstandardní rozsah. Z práce je zřejmé, že autor má kromě vynikajících znalostí v oboru i schopnost je aplikovat v tvůrčí výzkumné nebo vědecké činnosti. **Práci doporučuji k obhajobě** a po jejím úspěšném obhájení doporučuji udělit panu Ing. Jiřímu Hůlkovi titul „doktor“ (Ph.D.)

1. 11. 2014
Miroslav Španiel

Dotazy pro disertanta

- V kapitole 6.3.3 uvádíte, že při identifikaci křivky zpevnění z SPT byly použity dvě účelové funkce. Jedna vyjadřuje rozdíl mezi experimentem a jeho simulací v celém rozsahu zatěžování a druhá pouze v rozsahu malých plastických deformací pro zpřesnění hodnoty meze kluzu. Jak je konkrétně optimalizace prováděna? Sekvenčně, tedy nejprve v celém rozsahu a poté podle druhého kritéria? A pokud ano, jsou obě optimalizace *genetické*? Nebo jsou obě kritéria kombinována s váhovými koeficienty? Nebo jinak?
- Nenašel jsem v textu vysvětlení významu označení *Optimum 1 z SPT*, resp. *Optimum z celého záznamu SPT* v legendách obrázků 6.31 a 6.32. Chápu to tak, že v prvním případě byla použita obě kritéria optimalizace (tedy *v celém rozsahu zatěžování* i *pouze v rozsahu malých plastických deformací*), resp. v případě druhého označení bylo použito pouze kritérium *v celém rozsahu zatěžování*. Je to správně?