

Oponentní posudek disertační práce Ing. Františka Šebka s názvem „Ductile fracture criteria in multiaxial loading–theory, experiments and application“.

M. Španiel

5.9.2016

Dosažení stanovených cílů práce

Předložená disertační práce je věnována problematice tvárného porušování těles. Autor (v kapitole 1.3) formuluje následující cíle: 1) Teoretická a experimentální studie kritérií tvárného porušení při víceosé napjatosti v rámci koncepce mechaniky poškození kontinua, se zaměřením na experimentální program na hliníkové slitině 2024-T351 a na spolehlivou kalibraci zvoleného modelu poškození kontinua; 2) V rámci práce provést studii modelů nelineární kumulace poškození a jejich vlivu na tvárné porušení. Zvláštní pozornost věnovat jevu změkčení materiálu odhadu materiálových konstant; 3) Provést diskusi možností a spolehlivosti navržených přístupů založenou na verifikaci pomocí existujících lomových zkoušek.

Pracoviště autora se tématem tvárného porušování zabývá dlouhodobě, deklarované cíle hodnotím jako promyšleně zacílené na problematičtější místa a výzvy konceptu mechaniky poškození kontinua. Na základě předložené práce konstatuji, že autor:

- Shromáždil a kriticky zhodnotil rozsáhlý soubor literárních podkladů pokrývající problematiku matematického modelování tvárného porušení, zvláštní pozornost věnoval konceptu mechaniky poškození kontinua a vše uspořádal do logického celku a publikoval v úvodních kapitolách práce. Na základě tohoto textu se domnívám, že se autor v problematice výborně zorientoval a získal hluboké porozumění. Patrně dokázal využít i toho, že souvisejícími tématy se na jeho pracovišti zabývají i další kolegové a vytříbil si chápání detailů v diskusích s nimi, což hodnotím velmi kladně jak z hlediska autora, tak i školícího pracoviště.
- Navrhnul promyšlený experimentální program, který je popsán v kapitole 5 práce. Z práce není jasné, které experimenty prováděl disertant osobně, ale bez ohledu na to je jasné, že je pečlivě a kriticky vyhodnotil.
- Sestavil komplexní materiálový model tvárného porušení hliníkové slitiny 2024-T351 podle konceptu mechaniky poškození kontinua a provedl kalibraci jeho parametrů (kapitoly 6–10):
 - Na základě tahové zkoušky tyčových vzorků kruhového průřezu byla kalibrována tahová křivka materiálu.

- V kapitolách 7, resp. 8 autor popisuje, jakými způsoby je vyjadřována kumulace poškození, resp. změkčení materiálu v celkovém materiálovém modelu popisujícím tvárné porušení. Zejména otázce nelineárního kumulačního zákona je věnována velká pozornost, včetně specifického a velmi delikátního experimentu (stepwise experiments) podle Xue. Získané výsledky však vykazují velkou závislost na volených parametrech a proto disertant aplikoval dva přístupy založené na kalibraci kumulačního zákona podle poškození při nízkocyklové únavě.
 - Důležitou součástí materiálového modelu tvárného porušení je model plasticity. Autor implementoval jako uživatelský podprogram v komerčním MKP programu Simulia (Abaqus) specifický „Kroon–Faleskog“ model plasticity. Plocha plasticity je funkcí všech tří invariantů napjatosti a navíc je měřítkována poškozením (změkčení materiálu).
 - Základní součástí modelu tvárného porušení je kritérium tvárného porušení, neboli lomová funkce. Autor zvolil kritérium navržené na jeho pracovišti, jehož je spoluautorem–KHSP2. Kalibrace parametrů byla založena na průměrování hodnot triaxiality a normalizovaného třetího invariantu.
- Vlastnosti navrženého kalibrovaného materiálového modelu ověřil na třech případech porovnáním simulované a skutečné odezvy.

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

Rozbor aktuálního stavu řešené problematiky

Hodnocení rozboru jsem zahrnul mezi výsledky práce, protože jej považuji za velmi dobře napsaný a založený na rozsáhlém souboru relevantních podkladu.

Teoretický přínos disertační práce

Práce je, dle mého mínění, relevantním příspěvkem ke snahám výzkumníků z celého světa ověřit možnosti a limity konceptu mechaniky poškození kontinua při popisu tvárného lomu. Konkrétně bych vyzdvihl 1) navržený přístup k popisu změkčení, včetně snahy dospět ke z hlediska praxe a kalibrace přijatelnému svázanému modelu tvárného porušení; 2) aplikaci „nemisesovského“ modelu plasticity.

Přínosy práce pro praxi.

Velkým přínosem je už samotný implementovaný a kalibrovaný materiálový model, který je základním předpokladem nejen pro další badatelskou práci, ale také pro řešení konkrétních praktických úloh.

Vhodnost použitých metod a správnost jejich aplikace

Z výše uvedeného rozboru vyplývá, že při vývoji materiálového modelu i jeho kalibraci autor volil metody vesměs přiměřené a odpovídající současnému stavu poznání.

Formální úroveň práce

Strukturování a grafická úprava práce jsou na vysoké úrovni. Práce je logicky členěná do kapitol a podkapitol obsahuje řadu obrázků, grafů a tabulek, které vhodně doplňují text. Pokud mohu

posoudit úroveň jazyka (práce je psána v angličtině), hodnotím ji jako vysokou. Autor používá jasné a výstižné formulace a velkou pozornost věnuje i terminologii. V práci jsem téměř nenašel překlepy, jako výjimku bych uvedl znaménko u hydrostatického tlaku p v rovnici (2.1) na str. 15, které je v rozporu se znaménkem v rovnici (2.8) a také s názvem.

Teze

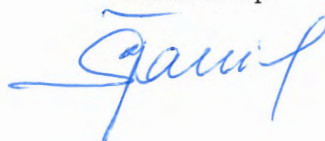
Autor spolu s dizertační prací předložil teze. Teze představují zkrácenou verzi dizertační práce. Struktura i obsah tezí jsou v plném souladu s předloženou dizertační prací.

Závěrečné hodnocení

Ing. František Šebek předložil práci, která je přínosem v oboru fenomenologického modelování materiálů. Cíle práce byly beze zbytku splněny, práce má vysokou úroveň jak po stránce odborné, tak i po stránce formální. 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. Františku Šebkovi titul „doktor“ (Ph.D.)

5. 9. 2016

Miroslav Španiel



Dotazy pro disertanta

1. Máte nějaké hypotézy, proč u „stepwise experimentu“ vychází při kalibraci tak odlišné hodnoty parametru m v závislosti na volbě $\bar{\epsilon}^{p,0}$?
2. Máte nějakou zkušenost s aplikací vašeho modelu na součásti s ostrými vruby? Mám na mysli zejména vliv toho, že je model svázaný a zahrnuje změkčení popsané plochou plasticity.