

Oponentní posudek disertační práce

Ústav: Středoevropský technologický institut VUT

Akademický rok: 2017/2018

Student (ka): **Ing. Ondřej Krepl**

Doktorský studijní program: **Pokročilé materiály a nanovědy**

Studijní odbor: **Pokročilé materiály**

Vedoucí disertační práce: **doc. Ing. Jan Klusák, Ph.D.**

Oponent disertační práce: **Ing. Aleš Materna, Ph.D.**

Název pojednání práce: **Speciální problémy lomové mechaniky singulárních koncentrátorů napětí v kompozitních materiálech**

Aktuálnost tématu disertační práce:

Se vzrůstajícím zájmem o nahrazení běžných konstrukčních materiálu kompozitními vzniká i problém s výskytem nového typu vad na rozhraní dvou materiálů. To vyžaduje zobecnění stávajících lomově-mechanických kritérií. Zásadní práce na toto téma už byly v minulosti provedeny jinými autory, ale ještě stále zůstává prostor pro zpřesnění stávajících postupů a studium speciálních konfigurací možných kritických míst kompozitní konstrukce. Autor si pro svou práci vybral ostrý vrub v materiálovém rozhraní a inkluzi s ostrým rohem. Doplnil ji o ostrý V-vrub v homogenním izotropním materiálu. To, že jsou studie na toto téma stále potřebné, dokládají i autorovy publikace v mezinárodních časopisech, které prošly recenzním řízením.

Splnění stanovených cílů:

Všechny cíle, které jsou přehledně uvedeny v kapitole 3 disertační práce, byly beze zbytku splněny.

Postup řešení problému a výsledky disertace:

Student se ve své práci mohl opřít o dlouhodobé zkušenosti školitele a jeho pracoviště s více parametrou lomovou mechanikou, s modelováním singulárních i nesignulárních členů pole napětí před trhlinou či jiným koncentrátorem napětí. Využil poměrně složitý matematický aparát pro řešení rovinné úlohy s cílem stanovit pole napětí a posuvů v okolí koncentrátoru a následně z nich stanovil klíčové veličiny pro vznik trhliny, její orientaci a ztrátu její stability. Vlastní vyhodnocení implementoval do skriptovacího jazyka Python (oponent neměl skripty k dispozici a tak jejich hodnocení není předmětem posudku). Část výpočtů byla provedena metodou konečných prvků. Vše je doprovázeno vhodně

zvolenými příklady s výpočty pro konkrétní geometrické konfigurace a kombinace materiálových vlastností. Pro V-vrub z polymethylmethakrylátu bylo provedeno srovnání vypočtené kritické síly s experimentálními daty z cizího zdroje.

Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru:

Těžiště práce leží v rozvoji teorie týkající se obecných koncentrátorů napětí. Na jednom místě jsou uvedeny teoretické základy a postupy pro způsob výpočtu napěťové singularity pro širokou třídu geometrických a materiálových konfigurací, které naleznou uplatnění především při studiu porušování kompozitních materiálů. Po prostudování práce a při využití příložených skriptů si případný zájemce o danou problematiku může provést výpočet i pro vícesložkové kompozity, které nebyly studovány detailně.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:

Práce je z hlediska grafické úpravy i po jazykové stránce na velmi vysoké úrovni. Literatura sice není důsledně číslována podle pořadí jejího výskytu v textu, ale celkovou přehlednost toto nijak významně nesnížilo. Malá výška směřuje k seznamu veličin na konci práce, kdy tam není uveden význam vzdálenosti d , která je použita v poměrně klíčovém vztahu (65) a ani není v textu v blízkosti tohoto vztahu vysvětlena.

Zda dizertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona:

Student prokázal schopnost samostatné vědecké práce. Jeho disertační práce obsahuje původní výsledky, které byly uveřejněny v odborných časopisech a ve sbornících vědeckých konferencí. Podmínky uvedené v § 47 odst. 4 tak byly splněny.

Připomínky a dotazy:

K rešeršní části zásadní připomínky nemám. Snad jenom v kapitole o numerickém výpočtu faktoru intenzity napětí na str. 13 je základní dělení metod příliš zjednodušené a nedostatečné. Do jaké kategorie by měla patřit např. „Virtual Crack Closure Technique“ (VCCT), která je v současné době již běžně implementována do komerčních programů?

K vlastní práci připomínky nemám. Protože jsem si v textu nevšiml explicitního vyjádření o případných předpokladech a omezeních prezentované metodiky výpočtu kritické síly pro nestabilní lom, využiji následující dotazy k dovysvětlení tohoto tématu:

1. Při stanovení lomové houževnatosti K_{Ic} se předpokládá stav rovinné deformace ve zkušebním tělese, což vede k požadavkům na minimální tloušťku tělesa. Existuje analogický požadavek u zobecněné lomové houževnatosti $H_{Ic,m}$?
2. Pokud je stanovena kritická síla z hodnoty zobecněné lomové houževnatosti pro ostrý vrub, jde vždy o konzervativní odhad?
3. Dá se nějak kvantifikovat „míra neostrosti“ (poloměr zaoblení) vrubu nebo inkluze, kdy už prezentovaný výpočet singulárního napětí ztrácí významně na přesnosti?
4. Dají se kvantifikovat přibližné podmínky (maximální úhel V-vrubu, rozdíl v modulech pružnosti jednotlivých složek kompozitu), pro které je v případě stanovení kritické síly možno s přijatelnou chybou použít „jednodušší“ postupy klasické lomové mechaniky pro trhlinu v izotropním materiálu?

Celkové zhodnocení disertační práce:

Předložená disertační práce je jak svým provedením, tak hlavně dosaženými výsledky nadprůměrná. Doktorand vypracoval a dal k dispozici výpočetní postupy, které rozvíjejí znalosti v oblasti pokročilé lomové mechaniky.

Zda student prokázal nebo neprokázal tvůrčí schopnosti v dané oblasti výzkumu a zda práce splňuje nebo nesplňuje požadavky standardně kladené na disertační práce v daném oboru.

Student plně prokázal své tvůrčí schopnosti. Během studia si osvojil velice náročný matematický aparát, prováděl numerické simulace v komerčním programu založeném na metodě konečných prvků, psal vlastní programové skripty. Absolvoval i krátkou stáž na renomovaném zahraničním pracovišti, které se zabývá obdobnou problematikou. Své výsledky průběžně publikoval nejenom v konferenčních sbornících, ale i v odborných časopisech. Část výsledků publikoval jako hlavní autor článku v impaktovaném časopise *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. Vlastní disertační práce splňuje všechny požadavky nezbytné pro její úspěšnou obhajobu

Disertační práci Ing. Ondřeje Krepla **doporučuji** k obhajobě pro udělení akademického titulu “doktor“ (Ph.D.).

V Praze dne 5.3.2018



.....
Ing. Aleš Materna, Ph.D.