

Předseda komise

prof. Ing. Jindřich PETRUŠKA, Ph.D.

Fakulta strojního inženýrství

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

616 69 Brno, Technická 2896/2

datum: 14.1.2026

Posudek disertační práce Ing. et Ing. Bořka Ščerby s názvem

VÝVOJ METODIKY PRO STANOVENÍ DÉLKY ÚNAVOVÉ TRHLINY POMOCÍ KORELACE DIGITÁLNÍCH OBRAZŮ

Autor posudku: prof. Ing. Radim HALAMA, Ph.D.

Aktuálnost tématu

Téma disertační práce, zaměřené na automatizaci měření rychlosti šíření únavových trhlin s využitím metody korelace digitálních obrazů (DIC), je vysoce aktuální. V oblasti experimentální mechaniky a materiálového inženýrství je patrný silný trend směrem k Industry 4.0, digitalizaci a automatizaci testovacích procedur. Tradiční metody, jako je manuální vizuální inspekce (VIM) pomocí mikroskopu, jsou časově náročné a náchylné k lidské chybě.

Doktorand se zaměřil na vývoj robustní metodiky, která nejen automatizuje sběr dat, ale také řeší problémy spojené s šumem a stabilitou měření v reálném čase. Vytvoření spolehlivého nástroje pro kontinuální sledování trhliny bez nutnosti zastavování stroje má zásadní význam pro zefektivnění únavových zkoušek v akademickém i průmyslovém prostředí.

Splnění stanovených cílů disertační práce

Cíle práce byly definovány jasně na str. 19. Stručně lze shrnout do bodů: vyvinout robustní metodiku založenou na DIC pro měření délky trhliny (IPM - Inflection Point Method), validovat ji oproti standardním metodám (VIM, STM) na různých kovových materiálech, porovnat navrženou metodiku s jinou současně používanou na bázi DIC a provést citlivostní analýzu.

Na základě prostudování předloženého textu konstatuji, že všechny stanovené cíle byly splněny, a v mnoha ohledech i překročeny. Doktorand nejenže vyvinul novou metodu IPM, ale dotáhl ji do fáze optimalizované varianty „fIPM“ (fast IPM), která umožňuje zpracování dat v reálném čase s výrazně vyšší frekvencí než konvenční full-field DIC. Validace na různých materiálech a geometriích vzorků potvrzuje univerzalitu a robustnost navrženého řešení.

Postup řešení problému a konkrétní přínosy doktoranda

Postup řešení práce je logický a systematický. Autor začíná důkladnou rešerší a teoretickým rozbořem, pokračuje návrhem algoritmu (vč. optimalizace pro rychlost) a končí rozsáhlou experimentální validací.

Za hlavní přínosy považují:

1. *Vývoj metody Inflection Point Method (IPM)*: Originální přístup využívající „virtuální extenzometry“ a detekci inflexního bodu na profilu otevření trhliny, což eliminuje nutnost manuálního nastavování prahových hodnot (thresholding), které je slabinou jiných metod.
2. *Pokročilé zpracování dat*: Implementace Gaussovské procesní regrese (GPR) pro prostorové vyhlazení a Kalmanova filtru pro časovou stabilizaci dat ukazuje na hluboké porozumění matematickému aparátu.
3. *Optimalizace pro praxi (fIPM)*: Vyvinutí zrychlené varianty algoritmu je klíčovým krokem pro praktické využití při řízení únavových zkoušek v reálném čase.
4. *Praktický průvodce* (Chapter 8): Velmi oceňuji kapitolu věnovanou metodologii a implementaci. Autor zde syntetizuje získané poznatky do formy „kuchařky“ pro nastavení optiky, osvětlení a DIC parametrů. Toto je mimořádně cenné pro budoucí uživatele a výzkumníky, kteří se často potýkají s technickými detaily nastavení experimentu.

Charakteristika metod řešení

Zvolené metody jsou adekvátní řešené problematice a odpovídají současnému stavu poznání. Kombinace experimentálních metod (únavové zkoušky, optická měření) s pokročilými numerickými metodami (nelineární regrese, stochastické filtrování) je na vysoké úrovni. Autor prokázal schopnost efektivně propojit znalosti z oblasti mechaniky lomu, optiky a aplikované matematiky. Použití statistických metrik (RMSE, MAE) pro vyhodnocení přesnosti vůči referenční metodě VIM dodává výsledkům na věrohodnosti.

Význam disertační práce pro praxi či rozvoj vědního oboru

Význam práce je nesporný jak pro vědeckou komunitu, tak pro průmyslovou praxi. Pro vědní obor přináší práce novou, detailně popsanou a validovanou metodiku, která posouvá možnosti využití DIC v lomové mechanice. Pro praxi je zásadní možnost automatizace měření, která šetří lidské zdroje a zvyšuje reprodukovatelnost výsledků. Možnost implementace fIPM do komerčních DIC systémů nebo řídicích softwarů zkušebních strojů otevírá cestu k adaptivnímu řízení experimentů na základě aktuální délky trhliny.

Formální úroveň práce

Předložená disertační práce je sepsána v anglickém jazyce. Jazyková úroveň je vynikající, text je čtivý, srozumitelný a terminologicky přesný. Práce obsahuje minimum překlepů či chyb. Vytknout lze např. chybu v referenci na str. 48, kde ve větě “Both variables are shown in Fig. 23.” patří Fig. 25. Také seznam vlastních publikací autora by byl vhodný (alespoň v přiložené zkrácené verzi disertační práce).

Grafická úprava je na profesionální úrovni. Obrázky, grafy a schémata mají potřebnou vypovídající hodnotu a vhodně doplňují text. Struktura práce je přehledná a logická. Rozsáhlý seznam literatury (přes 160 položek) svědčí o autorově pečlivosti a orientaci v oboru. Zvláště oceňuji kvalitně zpracovaný přehled použitých symbolů a zkratk, což usnadňuje orientaci v matematických pasážích.

Připomínky a dotazy na autora práce

1. Metoda byla validována primárně na kovech. Jaká vidíte omezení či nutné úpravy metodiky při aplikaci na heterogenní materiály, jako jsou kompozity, kde může být povrchová textura a charakter šíření trhliny složitější?
2. V závěru zmiňujete citlivost na nastavení optiky. Jak se metoda vyrovnává s případnými změnami osvětlení během dlouhodobých únavových zkoušek (např. v řádu dnů)?

Prokázání odpovídajících znalostí v oboru

Uchazeč jednoznačně prokázal potřebné znalosti i dovednosti v oboru Aplikovaná mechanika, speciálně v lomové mechanice, a předpoklady pro realizaci úspěšného vlastního výzkumu. Předložená disertační práce má vysokou odbornou úroveň, přináší nový výpočetní postup zbytkové únavové životnosti, včetně jeho algoritmizace, zahrnující jednotlivé mechanismy předčasného zavírání trhliny. Uznání výsledků výzkumu Ing. Bořka Ščerby je zřejmé z jeho publikační činnosti (v renomovaném vědeckém časopise Theoretical and Applied Fracture Mechanics, prezentace na konferencích Experimentální Analýza Napětí a Danubia Adria Symposium).

Závěrečné vyjádření oponenta

Na základě výše uvedeného hodnocení doporučuji předloženou disertační práci k obhajobě před komisí a v případě úspěšného obhájení udělení titulu Ph.D.

V Ostravě dne 14.1.2026.

S pozdravem

prof. Ing. Radim Halama, Ph.D.

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní, Katedra aplikované mechaniky 330