

OPONENTSKÝ POSUDEK

doktorské disertační práce ing. Jaromíra Fumfery

PHENOMENOLOGICAL MODELING OF STRAIN-RANGE DEPENDENT CYCLIC HARDENING

Disertační práce ing. Fumfery o rozsahu 106 stran včetně obrázků a tabulek je předložena v anglickém jazyce a zabývá se problémem výpočtového modelování cyklické plasticity kovových materiálů. V centru pozornosti je zejména modelování odezvy materiálu na elasto-plastické zatěžování při vyšších hodnotách amplitudy plastického přetvoření, jaké se vyskytují v případě nízkocyklické nebo extrémně nízkocyklické únavy. Jedná se o vysoce aktuální problematiku, důležitou například pro spolehlivou predikci chování a bezpečný návrh komponent jaderných elektráren v přechodových stavech spouštění a odstávek, případně v podmínkách mezních zatěžovacích stavů, jako jsou seismické události.

Na základě důkladného rozboru stávajícího poznání a dostupné literatury byly formulovány následující výzkumné cíle. Za prvé navrhnout rozšíření stávajících konstitutivních modelů, vyvinutých a testovaných v podmínkách jednoosého zatěžování, i pro případ smykové napjatosti při torzním zatěžování. Za druhé určit materiálové parametry navrženého modelu s využitím vlastního identifikačního algoritmu a rozsáhlého experimentálního programu na vzorcích austenitické oceli 08Ch18N10T. Posledním cílem pak byla implementace navrženého modelu materiálu do programu MKP Abaqus a jeho validace pomocí výpočtové simulace všech provedených experimentů. Můžeme konstatovat, že **takto formulované cíle disertace byly v plném rozsahu úspěšně splněny.**

V první části práce podává autor stručný, ale výstižný úvod do problematiky. Upozorňuje na úskalí některých stávajících modelů, vedoucích k enormnímu množství desítek materiálových parametrů. Úvodní kapitola je přehledná, shrnuje hlavní poznatky bez zbytečného zabíhání do detailů, a odkazuje na 44 relevantních položek literatury. Je možno konstatovat, že **autor prokázal dobré obeznámení s aktuálním stavem řešené problematiky, s jeho současným rozvojem, a prokázal rovněž schopnost tvůrčím způsobem k tomuto rozvoji přispět.** Vyskytují se zde jen drobná opomenutí, která nekomplikují celkovou srozumitelnost výkladu. Je to např. v pravé části podmínky plasticity (2.12), kde chybí „Y“ jako aktuální mez kluzu. Rovněž ve výrazech pro kinematické zpevnění (2.25), (2.34) a dalších se objevují speciální symboly pro deviátor back-stresu. Ty jsou však nadbytečné, protože back-stress jako veličina řízená plastickým přetvořením je tenzorem s nulovou stopou a v prostoru hlavních napětí leží v oktaedrické rovině.

Na základě předchozího rozboru byla navržena vhodná modifikace konstitutivních vztahů pro oblast elasto-plastického zatěžování. Byl rovněž navržen a realizován rozsáhlý experimentální program na šesti různých typech experimentálních vzorků, které byly cyklicky deformačně zatěžovány jednoosým i torzním způsobem na různých hladinách rozkmitu plastického přetvoření. Pro identifikaci materiálových parametrů pak byl navržen a využit původní program, vycházející ze záznamu jednotlivých hysterezních smyček, jejich změn v průběhu saturace a evolučních konstitutivních vztahů cyklické plasticity. Hlavní myšlenka identifikace neznámých parametrů je postavena na minimalizaci rozdílů mezi provedenými experimenty a jejich výpočtovou simulací. Při daném množství a rozsahu realizovaných

experimentů vede tento přístup na rozsáhlou a náročnou úlohu multikriteriální optimalizace. Výsledkem této etapy (kap.5-7) je kalibrovaný model materiálu s 24 určenými materiálovými parametry.

Dalším krokem řešení byla implementace tohoto modelu formou vlastní procedury do MKP programu Abaqus a výpočtová simulace všech uskutečněných experimentů. Výpočtové výsledky byly srovnány s uskutečněnými experimenty, a to jak pro nově navržený konstitutivní model, tak pro původní model, nezahrnující smykové zatěžování. Výsledky jednoznačně prokazují schopnost nově navrženého modelu úspěšně simulovat chování testovaných vzorků nejen při jednoosém, ale i při smykovém torzním zatěžování. Tyto výsledky představují významný teoretický přínos k poznání a fenomenologickému popisu chování materiálu v oblasti nízkocyklové únavy. Vytvořené programové nástroje zároveň představují i významný praktický přínos, bezprostředně využitelný pro kalibraci a výpočtovou simulaci dalších materiálů.

Mohu konstatovat, že autor **použil tvůrčím způsobem metody, které jsou pro řešení stanoveného úkolu vhodné** a prokázal zejména široký přehled teoretických základů vědního oboru, jejich počítačového zpracování i experimentálního řešení.

Po formální stránce práce splňuje všechny obvyklé požadavky. Textová podoba je stručná, je však doprovázena množstvím názorných a přehledných obrázků a tabulek. Podstatné části práce byly průběžně publikovány v mezinárodních časopisech (2 položky), konferencích (3 položky) a výzkumných zprávách (6 položek). Vznikl rovněž jeden aplikovaný výstup typu software. V textové části jsem nenarazil na výraznější chyby, snad jen na 1. straně se vícekrát opakuje vazba typu „it can depends“, „it can occurs“. Přiložené teze seznamují ve zkrácené verzi se všemi podstatnými částmi práce a nemám k jejich podobě námitky.

Na základě výše uvedeného mohu konstatovat, že předložená práce prokazuje výbornou orientaci autora v dané problematice a jeho schopnosti k samostatné tvůrčí vědecké práci. Mohu ji proto **doporučit k obhajobě** před zkušební komisí oboru Mechanika tuhých a poddajných těles a prostředí.

V Brně dne 13.5.2021

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky
FSI VUT v Brně