

Oponentní posudek disertační práce Martina Stodoly s názvem „Stanovení mechanických vlastností materiálů svarového spoje na základě měření tvrdosti“.

Tématem disertační práce je stanovení mechanických vlastností ocelí na základě indentační zkoušky. Téma je aktuální, objevuje se v relevantních vědeckých člancích a má význam i pro praktické aplikace zejména tam, kde je třeba posoudit aktuální stav materiálu konstrukce s provozní historií (například heterogenního svarového spoje v JE). Práce disertanta je z tohoto hlediska příspěvkem k hledání dostatečně přesné a efektivní metodiky identifikace a současně přináší i nové experimentální poznatky o distribuci mechanických vlastností ve svarovém spoji.

Cílem předložené disertační práce je vyvinout metodiku pro stanovení základních mechanických vlastností pomocí provozního instrumentovaného měření tvrdosti. Autor na základě literární rešerše navrhnul několik postupů, ze kterých vybral dva nejvhodnější, provedl jejich naladění, verifikoval je srovnáním se standardní metodou stanovení mechanických vlastností materiálů–tahovou zkouškou a nakonec použil pro stanovení mechanických vlastností heterogenního svarového spoje typického pro jaderné strojírenství. Na základě předložené práce konstatuji, že vytčené cíle byly splněny.

Metody a přístupy, které disertant při řešení aplikoval, jsou vhodné a odpovídají současným možnostem v oblasti experimentu i simulací.

- Autor si uvědomuje zásadní význam kritérií, podle kterých se posuzuje shoda provedené indentační zkoušky a její simulace i význam vhodné parametrizace hledané tahové křivky. Relevantní kritéria nachází na základě citlivostní studie, která kvantifikuje míru závislosti mezi určenými parametry a veličinami, které lze indentační zkouškou získat. Pro vlastní identifikaci tahové křivky dle Voceho parametrizace (výjma modulu pružnosti, který je identifikován samostatně z odlehčovací větve indentační křivky) používá genetickou optimalizaci implementovanou v systému OptiSlang. S ohledem na případy, kdy je potřebný rychlý odhad tahové křivky, navrhl autor přístup založený na množině simulačních výsledků a program, který k naměřeným parametrům indentační zkoušky vyhledá blízké výsledky simulace a tím i odhad tahové křivky. V průběhu práce vzniklo i několik dílčích programů pro automatizaci vyhodnocení experimentů i výsledků simulace. Metodiku autor ověřuje experimentálně na třech ocelích pro různé maximální síly indentace s indentorem dle Vickerse a porovnává tahové křivky, resp. mechanické vlastnosti ($R_{p0,2}$, R_m , E) stanovené tahovou zkouškou a identifikované ze zkoušky indentační. Mezi explicitně stanovovanými mechanickými vlastnostmi postrádám tažnost materiálu. Výsledkem je verifikovaná a použitelná metodika. Poznatky a zkušenosti prezentované v práci jsou relevantním příspěvkem ke hledání technicky použitelné nedestructivní metody pro stanovení tahových křivek.
- Využití navržené metodiky při stanovení mechanických vlastností heterogenního svarového spoje typického pro jadernou energetiku je velmi vhodnou aplikací. V případě konkrétního svaru, který disertant experimentálně analyzoval, včetně posouzení simulovaného stárnutí, navržená metodika přináší nové experimentální poznatky.

V práci jsem našel formální nedostatky. Ty obecně nesnižují význam dosažených výsledků, ale některé z nich mají negativní vliv na srozumitelnost. Tyto nedostatky se vztahují zejména

- Ke struktuře zprávy:

- Kapitola 4 - *Heterogenní svarový spoj* by vzhledem k obsahu měla být spíše podkapitolou kapitoly 3-*Rešeršní studie*
- V kapitolách 5 a 6 se autor snaží popsat jak o problému uvažoval a jak postupoval při vlastním řešení. Myslím, že srozumitelnější by bylo se soustředit na inverzní analýzu, definovat její klíčové části - parametrizaci hledaného výsledku, identifikační experimenty a kritéria shody experimentu s MKP simulací - a systematicky popsat úskalí těchto částí a jak se s nimi autor vyrovnal (samozřejmě s akcentem na vlastní nápady a přínosy).
- Kapitola 7-*Prezentace a analýza výsledků řešení problému* obsahuje pouze výsledky experimentů. Samotná metodika dovedená do implementace je dle mého názoru podstatným výsledkem práce a proto by její verifikace měla raději být prezentována ve společné kapitole s verifikací a v samostatné kapitole by měly být prezentovány mechanické vlastnosti heterogenního svarového spoje a výběr vhodného tvrdoměru.
- Ke stylistice: Jako příklad uvádím větu ze str. 30, “K získávání indentačních křivek, uvedených závislostí působící síly indentorem na hloubce jeho vtlačení do vzorku, je čím dál více používáno konečno-prvkové analýzy, což dokazuje závislost vedoucí od deformačně-napěťové křivky k indentační křivce.”, kterou autor nepochybně nechtěl vyjádřit, “že se dnes již indentace neprovádí experimentálně, ale pomocí numerické simulace, protože existuje nějaká nespecifikovaná závislost mezi D-N křivkou a indentační křivkou.”
- K sazbě: Některé obrázky jsou špatně čitelné kvůli příliš malým fontům, např. 5.1.2 na straně 65. V obrázcích v hlavním textu práce by měly být symboly sjednoceny se symboly v textu, nebo alespoň přiřazeny v popisku k obrázku (viz R_8 na obr. 6.2.23, R_{inf} v obr. 6.2.29 a R_∞ v textu).

Teze předložené s disertační prací obsahují všechny požadované náležitosti.

Závěrem konstatuji, že předložená disertační práce má i přes výše zmíněné formální nedostatky vysokou odbornou úroveň. Doktorand, Ing. Martin Stodola, prokázal schopnost osvojit si současně hluboké teoretické znalosti a dovednosti výpočtáře i experimentátora a využít je při systematickém řešení náročné technické úlohy. Z těchto důvodů **doporučuji práci k obhajobě** a po jejím úspěšném obhájení doporučuji jejímu autorovi, Ing. Martinu Stodolovi, udělit titul doktor, Ph.D.



28. 2. 2016
Miroslav Španiel

Otázky k diskus při obhajobě:

- Vyvinutá metoda využívá pro minimalizaci rozdílů mezi měřením a simulací programový aparát OptiSlang. Konkrétní metodu v práci specifikujete velmi stručně. Mohl byste podrobněji popsat jaká je podstata této metody?
- Podle jakého kritéria vyhledáváte odpovídající simulaci indentační zkoušky z databáze v případě zrychlené “online” metody? Jak “hustá” je tato databáze a jak hodnotíte možnost získání neadekvátního výsledku? Dalo by se toto posoudit i bez experimentálního ověření?
- Termínem “spouštěcí program” je míněn skript?