

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Ověření mikromechanických vlastností feriticko-martenzitických ocelí pomocí vysokoteplotní nanoindentace
Jméno autora:	Jan Růžička
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Prof. Dr. Ing. Antonín Kříž
Pracoviště oponenta práce:	Západočeská univerzita v Plzni

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Cíle diplomové práce byly zvoleny ve vazbě na Ústav energetiky a týkaly se vývoje metod pro charakterizaci feriticko-martenzitických ocelí (EUROFER 97). Zadání bylo orientováno do oblasti nanoindentačního testování a to při teplotách od 20 °C do 700 °C a při různé přípravě povrchu testovaného vzorku. Z mého pohledu je osnova práce poměrně náročně koncipována, protože posledním bodem zadání je vytvořit výchozí metodiku pro testování neutronově nebo iontově ozářených konstrukčních ocelí jaderných zařízení. Ze zadání vyplývá, co je cílem diplomové práce a to nejen z hlediska hodnocených materiálů a také metodiky hodnocení, ale rovněž k čemu má tato práce směřovat. Takto nastavený cíl považuji, s přihlédnutím k tomu, že se jedná o diplomovou práci, za poměrně ambiciózní. Těžiště práce je v nanoindentačním testování, které dovoluje velmi citlivě zachytit materiálové změny, avšak do výsledku měření se promítají i další faktory, které nelze jednoduchým způsobem, nebo možnostmi diplomanta, jednoznačně určit. Mezi tyto faktory patří topografické změny povrchu, zbytková napětí, tvorba různých povrchových kontaminačních vrstev apod. Rovněž není jednoznačné, jak budou tyto výsledky použity k vývoji nových konstrukčních materiálů pro reaktory IV generace a to ve vazbě na výše uvedenou teplotní i radioaktivní exploataci. Práce se má rovněž zabývat rešerší materiálů jaderných energetických zařízení s důrazem na feriticko-perlitické oceli. Z uvedených rešeršních poznatků, jejich skladby i základu, se domnívám, že předměty materiálového inženýrství nebyly příliš zastoupeny v průběhu diplomantova studia. I z tohoto důvodu shledávám, že zadání závěrečné práce je z tohoto hlediska mimořádně náročné. Jak bude uvedeno v dalších kapitolách hodnocení, diplomant i přesto dosáhl mimořádných výsledků, což jen prokazuje jeho schopnosti zpracovat diplomovou práci i přes poměrně náročné zadání.</p>	

Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Zadání diplomové práce obsahuje 6 činností, které jsou její osnovou. Všechny tyto činnosti jsou v práci obsaženy. Některé kapitoly jsou podrobně rozepsány a směřují do širších oblastí, než vyplývá ze zadání. Jako příklad lze uvést kapitolu 1.4. (Degradace materiálu). S ohledem na specifické zaměření diplomové práce bych očekával, že všechny informace budou sledovat zvolený cíl, tj. budou mít vazbu na procesy odehrávající se v materiálu, které lze následně odhalit nanoindentačním měřením. Toto provázání by pak dovolilo odhalit větší souvislosti a mohlo by vést k širší diskusi dosažených výsledků a vyplývajících poznatků. Diplomová práce by měla tyto vazby obsahovat, aby bylo možné z dosažených výsledků udělat konkrétní závěr, ale také zobecnit provázanost poznatků pro další výzkum. Jak vyplývá z dalších komentářů, chybí hlubší studie možností nanoindentačního měření tvrdosti. Autor se měl zaměřit i na elasticko-plastické chování, které lze touto metodou vyšetřit, rovněž na možnost provedených korekcí ve vazbě na geometrii hrotu (přestože v případě indentoru Berkovich má podstatně menší význam než při použití Vickersova indentoru). Obdobná situace nastala i v praktické části, kde jsou uvedeny, poměrně podrobně, způsoby přípravy povrchu broušením a leštěním, avšak jedná se o obecně platné podmínky. Avšak chybí dostatečně široký popis specifických příprav ve vazbě na vlastní experiment (elektrolytické leštění/leptání). Zadání diplomové práce bylo splněno, avšak z uvedeného vyplývá, že autor měl více pozornosti věnovat vyváženosti jednotlivých informací a to i ve vazbě na zvolené cíle. I přes uvedený (kritický) komentář, nemá tento nedostatek vliv na výslednou klasifikaci. Tato, do jisté míry, nevyváženost informací je důležitá, ale nesnižuje význam i rozsah diplomové práce.</p>	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Ve vazbě na zadání, tj. tvorba metodiky hodnocení v reaktivním prostředí exploatovaných materiálů, byl zvolen správný postup. Jedná se pouze o výseč měření, protože na výsledné vlastnosti má vliv celá řada faktorů, které nejsou v diplomové práci ani zmíněny (viz můj komentář v dalších kapitolách hodnotícího posudku). Jestliže se od těchto souvislostí, které v diplomové práci chybí, oprostím a hodnotím-li pouze v rovině definovaných hranic, tj. vliv povrchu na výsledné nanoindentační charakteristiky (s absencí elasticko-plastických složek) pak je zvolený postup správný. V práci jsou dány do souvislostí informace týkající se přípravy povrchu, jeho povrchový stav vyjádřený topografií, strukturním stavem (výsledek je podpořen podrobnějším výsledkem vyplývajícím z analýzy difrakce zpětně odražených elektronů – EBSD) a teplotou exploatace. Diplomant si všímá i potřebné nutnosti kalibrace a dopadu na přesnost dosažených výsledků. Pro dosažení požadované přesnosti je provedeno dostatečné množství měření. Ta jsou statisticky zpracována a jsou uvedena v diskusi výsledků a poskytují poznatky, které reflektují zvolené cíle.</p>	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>V některých oblastech se v diplomové práci promítá absence hlubších materiálových poznatků. Týká se to především proporcionality jednotlivých kapitol a důrazu na informace, které jsou obecné povahy a chybějící fokusace na důležité informace, které by poskytly širší souvislosti a hlubší využití dosažených výsledků. S ohledem na skladbu předmětů během studia je toto pochopitelné a nevnímám to jako nedostatek autora diplomové práce. S ohledem na tuto skutečnost hodnotím toto subkritérium výborně, protože autor pracoval s informacemi, které bohatě překračují rámec jeho studia. A to, že se dopouštěl drobných nepřesností, je s ohledem na skladbu absolvovaných předmětů i velký odborný rozsah diplomové práce pochopitelné.</p>	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
<p>Diplomová práce je napsána přehledně, obsahuje všechny informace poměrně přehledně, rovněž uvedené snímky mají dobré grafické znázornění. Z hlediska jazyka, je celá diplomová práce psaná anglicky. V textu jsou pouze drobné překlepy, angličtina má jednodušší charakter, avšak je velmi srozumitelná. V textu jsou ponechány drobné odkazy, pravděpodobně jako dotazy pro vedoucího práce, např. hned na str. 4, kde se diplomant dotazuje, jak citovat přednášky. Použité vztahy jsou správně začleněny do textu. V diplomové práci je 38 stran věnováno popisu teorie a dalších 49 stran experimentů a diskuse výsledků. V diplomové práci jsou zařazeny všechny formální náležitosti, které má obsahovat. Z hlediska rozsahu, je v některých oblastech věnováno zbytečně moc prostoru obecným informacím, které sice souvisí s diplomovou prací, avšak není s nimi dále pracováno a postačoval by pouze odkaz na příslušné zdroje, popř. jejich zobecnění. Jako příklad lze uvést kapitolu 1.5. (Metody hodnocení vlastností materiálů). Naopak podstatně větší prostor by si zasloužila kapitola pojednávající o nanoindentační analýze, protože autor se věnuje pouze problematice tvrdosti (nanotvrdosti), ale nejsou uvedeny širší souvislosti na elastickou a plastickou složku, rovněž prováděné korekce stavu hrotu, jeho geometrie apod. Této problematiky se dotýká pouze při citaci publikací autorů Nix, W. D. and Gao, H. a dalších, ale chybí hlubší zpracování informací i ve vazbě na praktickou část diplomové práce.</p>	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	
<p>Diplomová práce obsahuje 38 citací, z nichž jsou všechny zahraniční a týkají se zvoleného tématu. Jedná se o aktuální citace, které poskytují nejnovější poznatky v daném oboru. Z tohoto hlediska je vše výborně splněno. Bohužel diplomant se dostával k citacím, které jednostranně pracují s informacemi a to ve vazbě na materiály v oblasti jaderného průmyslu popř. na články, které se jednostranně zaměřují na nanoindentační měření. Chybí rešeršní zdroje, které by ve větším nadhledu pojednávaly o metodice nanoindentačního měření. Tím by autor práce získal větší nadhled a mohl by se lépe orientovat v daném oboru.</p>	

I přes tento nedostatek hodnotím jeho činnost velmi pozitivně, protože v dnešním publikačním prostředí je velmi obtížné získat dostatečné množství fundamentálních poznatků doplněných o nejnovější trendy.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Student Bc. Jan Růžička byl postaven před poměrně obtížný úkol, jehož rozsah překrýval jeho doposud získané poznatky vyplývající z jeho studia. Dosažené výsledky mají význam, a to i přestože nejsou některé okrajové podmínky popsány a mohou tak výsledek posunout do oblasti teorie tj. pro praxi neuplatnitelného měření. Jako další příklad (v předchozích komentářích již byla celá řada příkladů uvedena) lze uvést měření drsnosti povrchu využitím AFM mikroskopu (není respektována norma ČSN EN ISO 4287 - 2010). Na druhou stranu se jedná o prvotní studii, jejímž cílem je vytvořit metodiku, která bude dále vyvíjena. Silnou stránkou diplomové práce je i to, že diplomant vykonal celou řadu měření samostatně, popř. byl osobně účasten, což má pozitivní dopad i po edukační stránce. Získal tak poznatky z experimentálního studia materiálu, které bude moci dále využít.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Zvolené téma diplomové práce je velmi aktuální, avšak v některých směrech převyšuje možnosti studenta, který neměl dostatečný základ v předmětech týkající se experimentálního studia materiálů. Toto je na jednu stranu určitým limitujícím faktorem, který lze v posuzované práci vnímat. Na druhou stranu diplomant k tomuto handicapu přistoupil velmi zodpovědně a odvážně. Využil vhodně zvolených a jemu dostupných rešeršních zdrojů a vytvořil teoretický rámec pro danou sledovanou oblast. To, že se v některých oblastech zabýval nedůležitými informacemi, nebo mu naopak chybělo zaostření na podstatu, není v tomto okamžiku důležité, protože diplomová práce z výchovného i odborného hlediska splnila svoje hlavní poslání. Student dosáhl dalšího hlubšího poznání, naučil se pracovat s rešeršními informacemi a postavil experiment tak, aby bylo dosaženo poznatků směřujících ke zvolenému cíli. Tento cíl byl natolik nadčasový a obtížný, že jej nebylo možné zcela naplnit, nicméně dosažené výsledky jej velmi přibližují. Již teď je vytvořena velmi silná studie umožňující pokračování a dosažení velmi zajímavých poznatků vyplývajících z vyvinuté metody studia exploatovaného materiálu radioaktivním zářením.

I přes svoje doplňující a na první pohled kritické komentáře hodnotím diplomovou práci klasifikačním stupněm „výborně“. Student prokázal, že umí zpracovat rešerši na dané téma, postavit experiment a vyhodnotit dosažené výsledky a dát je do hlubší korelace s dalšími poznatky. Toto je zásadní a to zvládl výborně.

K obhajobě diplomové práce mám následující dotazy:

Jaké další (v diplomové práci neuvedené) informace lze získat nanoindentačním měřením tvrdosti (nanotvrdosti)? Jak lze tyto informace využít v popisu degradace radioaktivním zářením zatíženého materiálu?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 3.2.2018

Podpis: