

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Strukturální změny teplotně exponované žárovevné oceli HR3C
Jméno autora:	Bc. Josef Otcovský
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav materiálového inženýrství
Oponent práce:	Ing. Jindřich Douša, CSc.
Pracoviště oponenta práce:	UJP PRAHA a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Žáropevné vysokolegované austenitické oceli jsou strukturně složité slitiny. Jejich strukturní stabilita v oboru vysokých teplot patří k nejdůležitějším otázkám materiálového výzkumu.	

Splnění zadání	splněno
<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>	
Úkol provést kvalitativní a kvantitativní strukturní rozbor především z pohledu výskytu fáze sigma po teplotní expozici v pásmu zkušebních teplot (650 – 700) °C u oceli HR3C byl splněn.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Jednotlivé kroky řešení a jejich sled od teoretické části až po dokumentaci výsledků a jejich hodnocení byly logické.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň diplomové práce byla dostatečně zajištěna studiem odborné literatury a využitím praktických laboratorních technik získaných v průběhu řešení.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Drobné nedostatky formálního charakteru dobrý výsledný dojem z předložené práce nesnižují. Z pohledu jazykové úrovně je práce kvalitní.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
<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>	
Ze souboru dostupných informací k řešení otázek strukturní stability žárovevných ocelí byly zdroje vybrány a využity správně.	

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.

Můj další komentář k předložené práci se týká její experimentální části. Mimo uvedené chemické složení bych u zkušebního materiálu očekával bližší charakterizování zkoušené oceli HR3C, např. popis strukturních rozdílů žíhaného a nežíhaného stavu, včetně důvodů a parametrů žíhání. Správně jsou popsány metody identifikace vyloučených strukturních fází, včetně názorů na spolehlivost těchto metod. Pro vlastní identifikaci strukturních fází provedenou v diplomové práci bylo použito selektivní chemické a elektrolytické barevné leptání, především s cílem odlišit fázi sigma od ostatních strukturních fází. Využita byla možnost napařování pro stanovení obsahu sigma fáze pomocí programu NIS-Elements, jímž je vybaven použitý metalografický mikroskop. Výsledky jsou přehledně zpracovány do tabulek a grafů. Ukazují na předpokládaný pokles mezičásticové vzdálenosti a na růst průměru ekvivalentních kulových částic, tj. na hrubnutí hodnoceného precipitátu vlivem zvyšující se teploty degradace. Tomu odpovídá i zjištění poklesu počtu částic v jednotce objemu vlivem koagulace. I když z tabelovaných a graficky zpracovaných výsledků vyplývá nárůst obsahu fáze sigma vlivem vysokoteplotní degradace v teplotním oboru (650 – 700) °C, měla být tato skutečnost v diskuzi výsledků a v závěru práce více zdůrazněna. Na druhé straně oceňuji konstatování autora, že zjištěný skokový nárůst počtu částic pro teplotu 700 °C u žíhaných vzorků je anomální. Domnívám se však, že tato skutečnost souvisí s výraznou změnou struktury zkoumané oceli vlivem rozpouštěcího žíhání při teplotě 1 230 °C, kdy se všechny jemné minoritní fáze rozpustily a pro precipitaci fáze sigma při teplotě 700 °C nastaly strukturně o poznání příznivější podmínky než u stavu nežíhaného. Správně konstatovaná anomálie je tak pouze zdánlivá. V případě delší expozice by byl tento rozdíl ještě výraznější.

Měření tvrdosti ukázalo, že exponované vzorky měly před experimentálním stárnutím u obou stavů (nežíhaný – žíhaný) prakticky stejnou tvrdost 227 ± 3 HV10. V porovnání s průměrnou tvrdostí neexponovaných vzorků 187 HV10 se jedná o rozdíl 40 HV10, které lze přičíst na vrub precipitaci tvrdé fáze sigma v rozsahu použitých teplot (650 – 700) °C. Vliv předchozího tepelného zpracování se neprojevil. Lze tedy konstatovat, že se přes relativně krátkou dobu expozice v daném teplotním rozmezí ukázal vliv precipitace indikované tvrdé fáze na mechanické vlastnosti oceli. Je možno předpokládat, že při časově delších zkouškách, a tedy i v reálném provozu, by se rozdíl v tvrdosti projevil při teplotách nad 650 °C výrazněji. Nemohu proto souhlasit s názorem autora uvedeným v závěru, že změny v tvrdosti v exponované oceli nesignalizují změnu v precipitaci strukturních fází. Přes toto konstatování se domnívám, že je třeba snahu autora o shrnutí dosažených výsledků v identifikaci a kvantifikaci vyloučených částic v kapitolech Diskuze a Závěr ocenit kladně.

V kapitole věnující se identifikaci fází (3.2.2) je osmnácti metalografickými snímky doložena dostatečná účinnost použitých metod chemického a elektrochemického leptání. Kapitola popisující kvantifikaci fází (3.3) je doložena dalšími osmi obrázky struktur. Obsáhlá příloha ve formě metalografických snímků začíná obrázkem typické struktury neexponovaného základního materiálu, tj. oceli HR3C, a obsahuje dále obrázky dokumentující průběh experimentu. V příloze je na závěr také tabulka se souhrnem výsledků. Je škoda, že vypovídající hodnota velmi kvalitních a názorných metalografických obrázků je snížena velmi strohým popisem a převážně také chybějícím údajem zvětšení.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Poměrně obtížné téma, náročné zejména na laboratorní dovednost a interpretační schopnost řešitele, bylo zpracováno odpovědně. Některé výhrady, obsažené v oponentském posudku mají spíše doplňující charakter a nesnižují úroveň práce.

Vzhledem k některým v práci méně probíraným problémům žárovevných materiálů v energetice navrhuji předložit autorovi tyto otázky:

1. V úvodu předložené práce se zmiňujete o možnosti výstavby uhelných elektráren s nadkritickým pracovním režimem. Jaké pracovní podmínky si pod tímto pojmem představujete?
2. Proč byly do experimentu dlouhodobého vysokoteplotního stárnutí zařazeny vzorky oceli HR3C v nežíhaném a žíhaném stavu? Co bylo cílem žíhání a jaké byly parametry tohoto tepelného zpracování?
3. Čím si lze vysvětlit skutečnost, že austenitická ocel zkušebních vzorků měla v dodaném nežíhaném a naproti tomu v žíhaném stavu prakticky stejnou tvrdost?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 25.1.2017

Podpis:

Ing. Jindřich Douša, CSc.