

Hodnocení disertační práce pana Ing. Romana Husáka

Název disertační práce: POKROČILÉ KOMPOZITNÍ KONSTRUKČNÍ OCELI PRO POUŽITÍ V TAVENINÁCH TĚŽKÝCH KOVŮ

Aktuálnost

Téma disertační práce je velice aktuální. Pokročilé konstrukční materiály jsou celosvětově jedním z hlavních témat materiálově orientované výzkumu. Vývoj těchto materiálů úzce souvisí s vývojem pokročilých technologií pro výrobu elektrické energie, konkrétně štěpných jaderných reaktorů IV. generace a fúzních jaderných reaktorů.

Formální úpravy a postup řešení

Disertační práce je velice dobře napsaná. Obsahuje krátký úvod do tématu, velice podrobně a srozumitelně popisuje současný stav problematiky a poskytuje tak čtenáři dobrý základ k pochopení strategie vývoje nových typů ODS ocelí a motivací k provedení vybraných experimentů. Experimentální část je stručná, ale naprosto dostačující. Zde nebo v části příloh by působila užitečně tabulka shrnující všechny typy ocelí, oxidických částic a způsobu jejich vnesení, která by sloužila k pozdější orientaci v struktuře experimentálních prací. V části věnované vývoji ocelí s komplexními oxidy se analýza logicky soustředila na mikrostrukturu ocelí, velikost a prvkové složení komplexních oxidů. Postrádám zde RTG analýzu, která by diskutovala fázi vzniklých oxidů, avšak její nepřítomnost nijak nesnižuje kvalitu práce. Vzhledem k plánované aplikaci vyvíjených ocelí, byly experimenty zaměřeny na mechanické vlastnosti a pak i na korozní chování oceli PM2000 v prostředí tekutého Pb-Bi. Následuje kapitola shrnující výsledky, která je dobře členěná a obsahuje přehledné grafy, které jsou v textu dobře komentovány. Diskuze přináší širší pohled na výsledky, spolu s vysvětlením vztahů a závislostí, které vyplynuly s výsledků. Závěr shrnuje nejpodstatnější výstupy práce.

Cíle a jejich splnění

Disertační práce si stanovila za cíl: 1. Prozkoumání možností přípravy ODS ocelí přímým přidáním oxidů a vnitřní oxidací prvků, 2. Příprava nových typů ODS ocelí zpevněných komplexními oxidy, 3. Korozní odolnost ODS ocelí v prostředí tavenin Pb a Pb-Bi a návrh ochrany povrchu ODS ocelí.

Cíl 1 byl splněn. Y a Al byly zvoleny jako oxidotvorné prvky, pomocí kterých byla provedena podrobná analýza možnosti použití vnitřní oxidace jako metody vnesení oxidické disperze do vyvíjených ocelí. Tato možnost byla potvrzena a doplněna diskuzí týkající se výhod a nevýhod jednotlivých způsobů vnesení oxidické disperze. Naznačena byla také obecná strategie výběru způsobu vnesení oxidů.

Cíl 2 byl splněn. Byla připravena řada různých ocelí s komplexními oxidy. Studie ukázala výrazný pozitivní vliv některých komplexních oxidů, zejména oxidů obsahujících Sc a Hf oproti běžně používanému oxidu yttria.

Cíl 3 byl splněn. Korozní odolnost byla studována na komerční ODS oceli PM2000 v eutektické slitině olova a bismutu. Na oceli byla vytvořena vysokoteplotním žíháním oxidická vrstva. Ochranná vrstva Al_2O_3 se ukázala být „self-healing“, nicméně nezabránila průniku olova a bismutu do podpovrchové vrstvy oceli a následnému ovlivnění mechanických vlastností.

Význam pro praxi a vědní obor

Výsledky této práce považuji za mezinárodně významné, vyčnívající je zejména vliv komplexních oxidů na chování studovaných ocelí. Efekt oxidů obsahujících Sc a Hf je tak výrazný, že by měl být dále studován

a podroben testům, které nebyly předmětem disertační práce, nicméně jsou důležité pro budoucí použití oceli.

Vyjádření

Pan Ing. Roman Husák svou prací prokázal, že je chopen dobré organizace experimentálních činností zacílené na předmět výzkumu. Získané výsledky jeho výzkumu jsou přínosné a přispívají k vývoji daného tématu z hlediska vědního i aplikovaného. **Doporučuji proto udělit Ing. Romanovi Husákovi titul Ph.D.**

K práci mám následující otázky:

V kapitole 2.1. diskutujete nízko-aktivační oceli a souvislosti s Vámi vyvíjenými oceli. V případě vývoje ocelí s komplexními oxidy byly přidávány prvky jako Sc, Hf, Ce... Tušíte, jak by Vámi přidané množství Hf a Sc (nejlepší z hlediska výsledných mechanických vlastností) ovlivnilo dobu, než se Váš materiál dostane na „Shielded hands-on level“ a „Hands-on level“ z hlediska radiační dávky/intenzity?

Z práce mi nebyl zcela jasný postup při vnášení oxidů pomocí vnitřní oxidace. Zahrnovala vnitřní oxidace vždy přidání kyslíku do mlecí atmosféry? Nebo šlo o využití kyslíkových „nečistot“ z mřížky oceli? Můžete postup vysvětlit? Dále by mne zajímalo, zda veškeré atomy přidaného prvku (Hf, Sc nebo Ce a ostatních) byly využity k tvorbě oxidů nebo nějaká část zůstala v mřížce oceli či na hranicích zrn?

V komentáři k obrázku 29 v kapitole 7.1.1. píšete, že oxidické částice byly rovnoměrně rozmístěné v mikrostruktuře oceli. Avšak v mikrostrukturách jdou vidět oblasti s většími oxidickými částicemi a oblasti, kde se vyskytovaly jen menší oxidické částice. Můžete tento jev komentovat? Může to souviset s „prior particle boundaries“?

Proč byla korozní odolnost testována jen na PM2000 oceli a ne i na Vámi vyvinutých typech ocelí? Hraje oxidická disperze nějakou roli v míře korozní odolnosti oceli vůči LBE? Z výsledků korozních zkoušek vyplynulo, že vrstva Al_2O_3 nezabrání difuzi Pb a Bi do oceli. Máte nějaké návrhy, jak by se difuzi prvků z LBE dalo zabránit?

Komentáře k textu

Obr. 20 - Váhové přírůstky ne úbytky

V 7.2.4. se komentuje nejlepší výsledek pro ocel s Ce oxidy, ale v 7.2.5 byla udělána mikrostrukturní analýza pro oceli s Sc oxidy. Tato ocel údajně dosáhla nejlepších mechanických vlastností, ale podle obr. 39 je to ocel s Ce oxidy.

Obr. 49 - Šipka ukazuje opačný směr než je znázorněný v grafu s vývojem koncentrace prvků. V grafu by bylo užitečné naznačit i hranici mezi OV1 a OV2.

V Praze dne 22. března 2019

.....

Ing. Monika Vilémová, Ph.D.