

# Oponentský posudek doktorské dizertační práce

## Precipitační procesy v lehkých konstrukčních materiálech

předložené v rámci RDSO F12 panem RNDr. Martinem Vlachem.

Dizertační práce vznikla v letech 2004-2009 v kabinetu výuky obecné fyziky (KVOP) Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy (UK MFF) v rámci fyzikálního výzkumu lehkých konstrukčních materiálů pro pokročilé aplikace. Její motivací byla zejména dlouholetá spolupráce UK MFF s Výzkumným ústavem kovů Panenské Břežany, a.s. a Zentrum für Funktionswerkstoffe, GmbH, Clausthal-Zellerfeld, Německo, zaměřená mj. na výzkum a vývoj nových vytvrditelných slitin na bázi hliníku vhodných pro aplikace za zvýšených teplot. Předložená dizertace spadá do této spolupráce a zabývá se zejména studiem fázových transformací (precipitačních procesů či rozpadu přesyceného tuhého roztoku) v několika nových hliníkových slitinách se současnou přísadou skandía (Sc) a zirkonia (Zr). Tyto slitiny jsou pro nízkou hustotu, vynikající pevnostní charakteristiky a mikrostrukturní stabilitu v širokém intervalu teplot mimořádně perspektivní pro pokročilé strukturní aplikace v dopravním průmyslu a energetice, a pochopení procesů precipitace nových fází je velmi důležité pro jejich design a hodnocení. Nedílnou součástí práce je zevrubný fyzikální výklad problematiky fázových transformací, který je zpracován pedagogickým způsobem, a multimediální výukové DVD „Teorie a experimenty pro výuku fázových transformací“, které uchazeč vytvořil společně s kolegyní RNDr. N. Žaludovou.

Ke splnění úkolu dizertační práce rozpracovává uchazeč adekvátní metodiku, založenou na cílené aplikaci řady experimentálních postupů. Práce je založena především na systematickém měření a hodnocení změn rezistivity při rozpadu přesyceného tuhého roztoku. Výsledky jsou doplněny měřením žhacích křivek tvrdosti a metalografií. Byla rovněž provedena srovnávací studia metodou diferenciální scanning kalorimetrie (DSC, ve spolupráci s Dr. J. Černou) a transmisní elektronové mikroskopie (TEM, ve spolupráci s Doc. B. Smolou). Experimentální výsledky jsou kvalifikovaně vyhodnoceny a pečlivě diskutovány. Výsledkem je celá řada originálních a významných poznatků o mikrostrukturní stabilitě a mikrostrukturních změnách či změnách fázového složení ve slitinách na bázi Al-Sc-Zr a o vztahu těchto procesů k jejich fyzikálním a mechanickým vlastnostem.

Zadání dizertace odpovídá rozsah předložené práce, která má 97 stran textu a je klasicky členěna do 6 kapitol a seznamu literatury, který obnáší 154 položek a dokládá, že uchazeč provedl velmi pečlivou a podrobnou rešerši dostupných poznatků. Práce je graficky bezchybně upravena a psána velmi kultivovaným způsobem, v podstatě bez chyb, překlepů a dalších formálních závad. Rozsahy rešeršní (teoretické) části (2 kapitoly, 37 stran) a vlastní práce včetně experimentální části (3 kapitoly, 49 stran) jsou vyvážené.

V kapitole 1 Úvod uchazeč stručně a jasně vymezuje motivaci a zadání práce a specifikuje metodiku, s jakou bude postupovat.

Kapitola 2 je věnována přehledu relevantních poznatků o fázových transformacích. Uchazeč zde systematickým a průzračným způsobem podává přehled teorie fázových transformací a jejich mechanismů. Velký důraz přitom klade na problematiku rozpadu přesyceného tuhého roztoku, kinetiku fázových transformací a procesy tvrzení. Text má charakter učebnicového výkladu a svědčí o tom, že uchazeč tuto tematiku ovládá s hlubokým pochopením.

Organickou součástí této kapitoly je přiložené výukové DVD „Teorie a experimenty pro výuku fázových transformací“. Toto multimediální DVD podává vyčerpávajícím a velmi přehledným způsobem problematiku fázových transformací. čtivý a srozumitelně podaný text je doplněn řadou vyobrazení a vynikajícími videoukázkami. Oceňuji rovněž zařazení kapitoly věnované experimentálními metodám studia fázových transformací v pevných látkách. DVD mohu vřele doporučit pro výuku na středních školách i pro úvodní kurs fyziky na vysokých školách přírodovědného či technického zaměření.

Kapitola 3 je věnována přehledu dosavadních poznatků o slitinách na bázi hliníku s přísadou Sc a Zr. Poznatky získané excerpcí několika desítek publikací zde uchazeč podává přehledně utříděné a okomentované s hlubokou znalostí problematiky.

Kapitola 4 vymezuje precizně experimentální metodiku práce. Uchazeč zde pojednává o teoretických základech rezistometrie a zevrubně popisuje použité experimentální zařízení i postup měření. Je zde podána i stručná informace o doplňkových měřeních mikrotvrdosti a DSC a o pozorováních TEM.

Kapitola 5 Výsledky měření a jejich diskuse je páteří celé práce. Dizertant zde na 36 stranách systematicky podává a diskutuje výsledky své práce a dokládá je velmi kvalitními grafy a vyobrazeními. Byly studovány následující materiály: slitina Al-0,2%Sc-0,1%Zr v litém a válcovaném stavu, slitina Al-0,3%Sc-0,2%Zr připravená práškovou metalurgií, dále komerční slitiny AA6082 bez přídavku Sc a Zr a s přídavkem, AA5754 s přídavkem Sc a Zr. Hlavní měření byla provedena tak, že tyto slitiny byly podrobeny žíhání v intervalu od pokojové teploty do cca 500°C v definovaném žíhacím režimu. Na základě výsledků měření (včetně výsledků doplňkových metod) bylo možno určit, do jaké teploty jsou použité materiály mikrostrukturně stabilní a k jakému mikrostrukturnímu vývoji (zotavení, rekystalizace, změny fázového složení apod.) v nich dochází při dalším růstu žíhací teploty. Interpretace výsledků je dle mého názoru přesvědčivá a bezchybná (pouze v případě měření na AA5754-Sc-Zr nebylo možno dojít k jednoznačným závěrům pro velkou komplikovanost materiálu, ale tato měření mají pro dizertaci jen marginální význam). Uvedené poznatky jsou originální, rozšiřují naše znalosti o slitinách Al-Sc-Zr a lze doporučit jejich publikaci i případné aplikační využití. Neméně významným výsledkem dizertace je zdařilý pokus uchazeče demonstrovat vynikající možnosti využití rezistometrie v moderním materiálovém výzkumu.

Kapitola 6 Závěr se omezuje na poněkud suchý výčet dosažených výsledků bez pokusu o jednotící komentář a nástin doporučení pro další výzkum.

K dizertaci mám následující připomínky:

1. Multimediální výukové DVD bylo připraveno se spoluautorkou RNDr. N. Žaludovou. Prosím uchazeče o specifikaci vlastního podílu na jeho přípravě. V obsahu DVD jsem nenašel žádné chyby, jen nemohu souhlasit s autorovým tvrzením, že objev vysokoteplotních supravodičů zasadil velkou ránu teorii BCS „klasické“ supravodivosti (kap.7, str.4, díl Teorie fázových transformací). Mechanismus vysokoteplotní supravodivosti (např. navrhované interakce elektronů se spinovými antiferomagnetickými strukturami) je zřejmě odlišný a s BCS teorií platnou pro nízkoteplotní supravodivost kovových materiálů nespojuje.

2. Kapitola 3, odstavec 3.1. str. 23 uchazeč uvádí, že hliník je po hořčíku druhý nejlehčí konstrukční materiál. Bez vysvětlujícího komentáře je toto tvrzení zavádějící (srovnej kovové pěny, nekovové a hybridní konstrukční materiály).

3. Kapitola 5, odstavec 5.1.2 a 5.2.2. Byla zkoumána přítomnost porozity ve slitině Al-0.3%Sc-0.2%Zr připravené práškovou metalurgií? Má případná porozita vliv na přesnost rezistometrických měření?

4. Kapitola 6, Závěr. Vzhledem ke kvalitě získaných výsledků je škoda, že uchazeč se v této kapitole omezil na jejich suchý výčet a nepokusil se o zobecňující komentář a nástin svých doporučení pro další výzkumné, případně aplikační aktivity. Uvítal bych, kdyby se uchazeč pokusil o toto doplnění v průběhu obhajoby.

Tyto připomínky mají okrajový, resp. doplňující charakter a nijak nesnižují vysokou kvalitu předložené práce.

Lze shrnout, že pan RNDr. Martin Vlach vytvořil dílo, které svým rozsahem, výsledky a kvalitou zpracování jednoznačně naplňuje požadavky kladené na úroveň doktorské dizertační práce, přitom jednoznačně prokázal schopnost samostatné a tvůrčí vědecké a pedagogické (Kapitola 2 a DVD) práce.

**Doporučuji proto, aby mu na základě úspěšné obhajoby a ve smyslu platných nřednisů byl udělen titul Ph.D.**

V Praze dne 13. srpna 2009

Doc. RNDr. František Chmelík, CSc.

