

**Oponentský posudek doktorské disertační práce RNDr. Martina Vlacha  
„Precipitační procesy v lehkých konstrukčních materiálech“.**

Školitelka: doc. RNDr. Ivana Stulíková, CSc.

Školící pracoviště: Universita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta

Oponent: doc. RNDr. František Hnilica, CSc.

Doktorská disertační práce se zabývá studiem precipitačních procesů v lehkých konstrukčních materiálech s bližším zaměřením na slitiny hliníku s Sc a Zr. Toto studium je součástí rozsáhlějších prací prováděných při řešení projektů ve spolupráci s VÚK Panenské Břežany a.s. a Zentrum für Funktionswerkstoffe, Clausthal-Zellerfeld, jejichž cílem je vývoj a zlepšení užitných vlastností vytvrzitelných hliníkových slitin se zvýšenou odolností za relativně vysokých teplot. Úkolem v předložené disertační práci bylo prostudovat metodou měření změn rezistivity rozpad přesycených tuhých roztoků několika hliníkových slitin obsahujících Sc a Zr. Výzkum byl doplněn o výsledky paralelního zkoumání pomocí diferenční skenovací kalorimetrie a mikrostruktury získané transmisní elektronovou mikroskopii. Volba tématiky a cíle řešení vytčené v posuzované práci jsou tedy velmi aktuální a zvolený přístup umožnil komplexní posouzení a objasnění precipitačních pochodů ve sledovaných slitinách a použitých experimentálních podmínkách.

Práce je členěna do sedmi kapitol, přitom podle jejich obsahu je možné ji rozdělit do tří částí. V první teoretické části jsou podrobně shrnutы poznatky o fázových přeměnách a rozpadu přesycených tuhých roztoků. V souladu se zaměřením práce je zde zařazena rovněž kapitola zabývající se vytvrzovacími procesy vyvolanými příměsí, resp. precipitačními pochody. Do této teoretické části práce lze zařadit i kapitolu věnující se současnemu stavu problematiky vybraných hliníkových slitin, které pak byly dále experimentálně zkoumány. Autor se postupně věnuje binárním slitinám hliníku s Sc, resp. s Zr a ternární slitině s oběma prvky. Zařazuje zde i kvaternární diagramy výše uvedených prvků s Mn, Mg, Si a Ti, kdy i malé obsahy některých těchto prvků mohou mít významný vliv na vlastnosti slitin. Správné zaměření, rozsah prostudované literatury a její přehledné zpracování svědčí o pečlivé teoretické přípravě doktoranda před samotnou experimentální prací a je dobrým základem pro kritický rozbor dosažených výsledků. Může proto sloužit jako vhodný podklad při získání nových informací v této problematice a v tom lze také vidět její didaktický přínos. Součástí teoretické části práce je i přiložené multimediální DVD „Teorie a experiment pro výuku fázových transformací“. Jeho úkolem bylo rozšíření poznatkové base vzdělanosti studentů středoškolské fyziky v oblasti fázových přechodů. Vybrané experimenty z této oblasti a jejich audiovizuální dokumentace je zpracována velmi názorně a přehledně a je dobrým námětem pro středoškolské učitele fyziky, resp. může být přímo použita jako učební pomůcka při výuce fyziky. Jak uvádí autor je již k tomu účelu DVD v současné době na některých školách využíváno.

V druhé části práce, věnující se experimentální problematice, je podrobně a výstižně rozebraná metoda elektrické rezistometrie, která byla hlavní náplní doktorandské disertační práce (kap. 4). Stručně, avšak dostatečně podrobně, jsou uvedeny informace o metodách

měření tvrdosti, metalografie a transmisní elektronové mikroskopie, které byly využity při diskusi a interpretaci výsledků dosažených rezistometrií.

Těžiště práce leží ve výsledcích vlastních experimentů, jejich zevrubné diskusi a závěrech, které jsou obsahem třetí části práce (kapitoly 5 a 6). Předmětem vlastní experimentální práce byla studie slitiny Al0,2Sc0,1Zr v litém a válcovaném stavu, slitiny Al0,3Sc0,2Zr připravené práškovou metalurgií a komerční slitina AA6082 bez a s přídavkem Sc a Zr. Výsledky rezistometrických měření všech slitin a jejich studovaných stavů jsou přehledně a podrobně doloženy grafickými závislostmi relativních změn rezistivity na teplotě (izochronní křivky), záporně vzatými numerickými derivacemi těchto křivek (tzv. žihací spektra) a jejich podrobným popisem. Ve význačných bodech žihacích křivek rezistivity byl určován také parametr RRR. Podrobná diskuse výsledků (kap. 6) dosažených rezistometrií je provedena srovnáním s někdy převzatými výsledky měření tvrdosti, TEM, EBSD a diferenční skenovací kalorimetrie, včetně kvalifikovaného kritického porovnání s nejnovějšími literárními poznatkami.

S provedenou diskusí i předloženými závěry práce plně souhlasím. Diskuse a hodnocení výsledků je vedeno na velmi dobré úrovni a plně prokazuje schopnost doktoranda kriticky analyzovat experimentální poznatky. Práce je i po formální stránce velmi pečlivě zpracovaná.

K práci mám pouze několik připomínek či dotazů:

- 1) V teoretické části na str. 22 je uveden vztah (2.50) vyjadřující příspěvek koherentních precipitátů ke skluzovému napětí potřebnému k překonání překážek. V některé literatuře je tento výraz uváděn jako jednodušší vyjádření Orowanova mechanismu překonání pevných překážek při pohybu dislokací. Je tento výraz pro případ koherentní precipitace použit výstižně a lze nalézt jiné vztahy, s jinými parametry lépe charakterizujícími vliv koherentní precipitace?
- 2) Není možné, aby se na velikosti relativních změn resistivity v intervalu teplot žihání 210 °C – 300 °C projevila změna žihacího zařízení (žihání v lázni silikonového oleje vs. vertikální odpорová pec, resp. vzduchová mufová pec)?
- 3) Autor se v textu práce nezmíňuje o případné deformaci elektrického pole v okolí kontaktů rezistometrických vzorků a s tím spojené nejistotě měření absolutních hodnot resistivity. Jak významná může tato odchylka měření být v uspořádání, které autor použil?
- 4) U ternární slitiny Al-Sc-Zr připisuje autor vytvrzení v intervalu žihacích teplot 240 °C – 330 °C dějům spojeným s precipitací častic Al<sub>3</sub>Sc. Nicméně u komerční slitiny AA6082-ScZr tento efekt není patrný. Jak si autor tuto skutečnost vysvětluje?

#### Celkové zhodnocení:

**Předložená doktorandská disertační práce RNDr. Martina Vlacha má celkově velmi dobrou úroveň, splňuje vytčené cíle a přináší nové původní výsledky při řešení problematiky vývoje a zlepšení užitných vlastností vytvrditelných hliníkových slitin se zvýšenou odolností**

za relativně vysokých teplot. Pečlivé a přehledné zpracování teoretické části, včetně jejího doplnění o multimediální DVD, umožňuje její využití i v pedagogické činnosti. Práce prokazuje, že doktorand má odpovídající znalosti v oboru a je schopen samostatně tvůrčí vědecké a pedagogické práce. Doporučuji proto práci k obhajobě.

V Praze 19. srpna 2009

doc. RNDr. František Hnilica, CSc.