

Posudek doktorské disertační práce

„Fázové transformace v technických slitinách na bázi Al“

Autor: Mgr. Michal Hájek

Školitel: Doc.RNDr. Ivana Stulíková, CSc

Odborní konzultant: Doc.RNDr. Miroslav Cieslar, CSc

Předkládaná disertační práce se zabývá fázovými transformacemi vybraných technických slitin hliníku. Je zaměřena na obrobitelné slitiny tří systémů, a to Al-Cu, Al-Mg-Si a Al-Cu-Mg, které jsou legovány nízkotavitelnými kovy pro zvýšení obrobitelnosti. V jednotlivých systémech jsou porovnávány slitiny obsahující toxické olovo s ekologickými slitinami s obsahem Sn a Bi. Experimentální měření zaměřená na systémy Al-Mg-Si a Al-Cu-Mg s různým obsahem Si se opírají hlavně o rezistometrická měření, kterými se sleduje rozpad tuhého roztoku (dále jen TR) v průběhu izochronního a izotermického žhání. Tyto zkoušky jsou ve vybraných stavech doplněny transmisní elektronovou mikroskopií a změny mechanických vlastností jsou hodnoceny měřením tvrdosti. V souladu s touto koncepcí jsou i cíle disertační práce a její členění.

Práce je rozdělena do 7 kapitol, z nichž zásadní kapitoly jsou kap.2, 3 a 5 a 6. Kap.2 je věnována elektrické rezistivitě z hlediska teorie pevných látek a teoretickým základům precipitačních procesů, v Kap.3 jsou popsány sekvence rozpadu TR sledovaných binárních a ternárních systémů hliníku. Kap.5 obsahuje vlastní výsledky experimentů a jejich vyhodnocení. Výsledky jsou diskutovány v Kap.6.

Práce je zpracována pečlivě a přehledně, jednotlivé části jsou vyvážené. Dosažené výsledky svědčí o precizním zvládnutí rezistometrických experimentů a zpracování naměřených hodnot, diskuse potom o zvládnutí teorie fázových transformací a úspěšné interpretaci výsledků rezistometrie pomocí výsledků z TEM. Teoretická část práce i diskuse výsledků je založena na rozsáhlém souboru literárních odkazů.

Uvedené výsledky a z nich vyplývající závěry dokumentují různorodost probíhajících precipitačních dějů u sledovaných slitin Al. Sledované rozpadové sekvence jednotlivých typů slitin byly a jsou předmětem řady prací doma i v zahraničí. Protože se jedná o složité systémy, u kterých při rozpadu hrají důležitou roli nejen obsahy hlavních legujících prvků a dalších minoritních prvků, ale i způsob sledování (izotermický nebo izochronní ohřev), nemůže práce podat vyčerpávající pohled na chování všech sledovaných slitin. Každá ze sledovaných slitin může být z pohledu hodnocení rozpadu TR předmětem samostatného studia. Přínosem práce je celkový pohled na zásadní rozdíly v průběhu rozpadu TR slitin obsahujících Pb a slitin obsahujících jeho náhrady (Sn, Bi).

Vzhledem k aktuálnosti vývojových prací v oblasti ekologických obrobitelných Al slitin jsou uvedené výsledky cennými informacemi pro pochopení dějů probíhajících při precipitačním vytvrzování a při hodnocení jejich dopadu na konečné vlastnosti. Ukazuje se, že na rozdíl od slitin obsahujících Pb je u slitin legovaných Sn rozpad TR významně ovlivněn, a to díky vysoké vazebné energii mezi atomy Sn a vakancemi. Důležitým závěrem je rovněž ta skutečnost, že vliv Sn na rozpad TR se mění v závislosti na sledovaném typu slitiny. Tyto rozdíly v chování jednotlivých typů slitin a použitých nízkotavitelných legūr si při

praktických aplikacích vyžadají do budoucna další zkoušky. Při sledování vlivu rozpadu TR na technologické a užité vlastnosti (lomové chování, únava, korozní odolnost) bude nutné optimalizovat jak chemické složení, tak parametry tepelně – mechanického zpracování.

Práce je zpracována přehledně, pečlivě a bez chyb, grafické zpracování a kvalita převzatých i vlastních snímků z TEM je na vysoké úrovni.

K práci mám následující formální připomínky, poznámky a dotazy do diskuse:

- 1) V názvu Odst.6.1.4 v obsahu na str.(i) i na str.56 je chybně uveden způsob žhání - místo izochronního by mělo být izotermické.
- 2) Na str.72 na 5.řádku shora má být pravděpodobně místo teploty 240°C teplota 120°C.
- 3) Není uvedeno jaké zatížení bylo při měření tvrdosti dle Vickerse použito. V grafech průběhů tvrdosti by neměl být uváděn při popisu osy rozměr tvrdosti ve tvaru [HV], ale popis by měl být ve tvaru: tvrdost, HV5.
- 4) Na str.45 je uvedeno, že teplota rozpouštěcího žhání byla jednotná pro všechny slitiny (510°C). Nebyl pozorován negativní vliv této teploty na strukturu u slitiny typu Al4CuMg?
- 5) Na str.45 v odstavci, který je věnován metodice experimentů je uveden graf na obr.5.7 převzatý od M.Cieslara, na základě kterého bylo ochlazování vzorků z teploty žhání (nad 240°C) před měřením v dusíku zvoleno dvoustupňové (voda, dusík). Zajímalo by mě jednak vysvětlení rozdílu mezi chlazením do vody a do dusíku v oblasti časů 5 až 10 s a vysvětlení výrazných změn (extrémů) elektrického odporu při chlazení do dusíku v oblasti časů nad 15 s. V uvedeném grafu by bylo vhodné uvést o jakou teplotu žhání se jednalo, protože pozorované rozdíly budou zřejmě závislé na teplotě.
- 6) Při diskusi výsledků slitin legovaných Sn a Bi je věnována pozornost jenom cínu. Jakou roli hraje při rozpadu TR nízkotavitelný prvek Bi, případně jaké fáze tvoří?
- 7) Čím lze vysvětlit pro určitou slitinu rozdílné počáteční hodnoty tvrdosti v grafech 6.29, 6.30 a 6.31? Byly pozorovány výrazné rozdíly i v absolutních hodnotách el.odporu?

Hodnocení:

Předkládaná práce svědčí o zvládnutí teoretických základů fázových transformací Al slitin, náročných fyzikálních měření a o erudované interpretaci výsledků. Autor práce prokázal, že má předpoklady pro samostatnou tvořivou vědeckou práci v oblasti experimentální i v práci s literaturou.

Vladivoj Očenášek
Panenské Břežany 10.8.2006

