

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Autor práce: RNDr. Michaela POKOVÁ

Název práce: **Microstructure and properties of enhanced twin-roll cast aluminium alloys**

Oponent: prof. Dr. RNDr. Miroslav KARLÍK
ČVUT - FJFI, katedra materiálů

Pro výrobu plechů, pásů, fólií a různých trubek se často používají slitiny hliníku s manganem, které mají velmi dobrou odolnost vůči korozi i dobrou schopnost tváření tlakem, tahem a válcováním. Slitiny zkoumané v předložené práci byly vyrobeny v průmyslových podmínkách plynulým litím mezi válce, které umožňuje vyšší přesycení tuhého roztoku než při lití do ingotů. Z hlediska popisu fyzikálních procesů při následném termomechanickém zpracování jsou proto velmi zajímavé. Na druhou stranu mohou být získané výsledky důležité i pro případné aplikace v průmyslu, a proto je téma disertační práce velmi aktuální.

Předložená práce se zabývá studiem vlivu přísad Zr a Zr + Cr do základní slitiny Al-11hm.% Mn a jejich vlivem na strukturu, precipitaci částic, mechanické vlastnosti a tepelnou stabilitu těchto materiálů. Kromě výchozího litého stavu byly studovány rovněž vzorky po konvenčním válcování za studena i po extrémní plastické deformaci při protlačování pravoúhlým kanálem (Equal Channel Angular Pressing – ECAP).

Disertační práce má 137 stran textu a je rozčleněna do 5 kapitol a celkem 20 odstavců. Úvodní kapitola (52 stran) zahrnuje literární rešerši, popis studovaných materiálů a experimentálních metod, kterými byly: protlačování pravoúhlým kanálem, různé způsoby tepelného zpracování, měření elektrické rezistivity, diferenční termická analýza (DTA), měření mikrotvrlosti, tahová zkouška, světelná metalografie a rastrovací i transmisní elektronová mikroskopie.

V kapitole II (29 stran) jsou uvedeny výsledky charakterizace materiálů ve výchozím stavu a ve stavech po tepelném zpracování. Rovněž jsou uvedeny výsledky izochronního žíhání *in situ* v transmisním elektronovém mikroskopu (TEM). Další

kapitola je věnována přísadě zirkonia a precipitaci částic Al_3Zr při jedno- i dvojstupňovém žíhání. V kapitole IV jsou uvedeny výsledky měření a pozorování vzorků materiálů po extrémní deformaci protlačováním pravoúhlým kanálem (ECAP) a následném izochronním a izotermickým žíhání v peci i *in situ* v TEM. Dále jsou uvedeny výsledky deformace za zvýšených teplot s cílem ověřit případné superplastické chování slitiny s velmi jemným zrnem. V posledním odstavci v každé kapitole je uvedena dílejší diskuse výsledků. Závěrečná kapitola pak zahrnuje obecnou diskusi precipitace částic, jejich vlivu na rekrytalizaci a vlivu přísad zirkonia a chromu a závěr celé práce. Bibliografie zahrnuje celkem 128 odkazů. K práci je dále připojen disk CD-ROM, obsahující 5 videosekvencí z průběhu žíhání *in situ* v TEM a PDF soubor (75 stran) se všemi obrázky a grafy obsaženými v kapitolách II až V a navíc i s dalšími cennými mikrofotografiemi, které v práci nebylo možné prezentovat.

Hlavním přínosem této disertační práce je získání velmi rozsáhlého souboru experimentálních dat charakterizujících chování třech slitin: Al-Mn, Al-Mn-Zr a Al-Mn-Cr-Zr v nejrůznějších podmínkách termomechanického zpracování. Kromě charakterizace mikrostruktury a proměření mechanických vlastností byly identifikovány podmínky precipitace hlavních intermetalických fází $\alpha-Al(Mn,Fe)Si$ a Al_3Zr v závislosti na stupni deformace za studena i odolnost slitin vůči zotavení a rekrytalizaci. Velmi instruktivní jsou i videosekvence z průběhu izochronního žíhání studovaných materiálů *in situ* v transmisním elektronovém mikroskopu, které přehledně shrnují výsledky mnoha dalších pozorování mikrostruktury masivních vzorků žíhaných v peci.

Práce napsaná v angličtině, je přehledná a graficky dobře zpracovaná. Celkový dobrý dojem však kazí velké množství překlepů, ojediněle se vyskytují i nesprávné výrazy nebo nesprávná označení v legendách u obrázků (např. na str. 72 a 73). Jinak jsem nenalezl žádné závažnější nedostatky či chyby.

K diskusi při obhajobě bych měl následující náměty:

- 1) Proč nejsou uvedeny křivky DTA kromě dvou při porovnání výsledků DTA a rezistivity na obr. 5.3?
- 2) Na straně 85 uvádíte, že hustota částic Al_3Zr u válcovaných materiálů je nižší než u litého materiálu. Je toto tvrzení založeno na větším počtu snímků z více fólií?

- 3) Po žhání válcovaného materiálu tloušťky 1 mm na 450°C nebyly pozorovány žádné částice Al_3Zr . Jak to bylo u materiálu tloušťky 5 mm? Objevily se po delší výdrž na této teplotě?
- 4) V diskusi na straně 117 nevyklučujete přítomnost velmi malých částic Al_3Zr o velikosti 1 až 2 nm. Ty by však na snímcích z TEM měly být vidět díky napětovému poli, které vyvolávají v matici. Nicméně slitina je v důsledku přísady Zr odolnější vůči rekrystalizaci, má i vyšší mikrotvrdot. Čím to je způsobeno?
- 5) Co způsobuje, že jsou některé videosekvence z pozorování *in situ* roztřesené?

Závěr

Doktorská disertační práce RNDr. Michaely Pokové je zpracována na velmi aktuální téma vlivu přísad Zr a Cr+Zr do základní slitiny Al-1hm.% Mn. Bylo získáno velké množství zajímavých výsledků o mikrostruktuře, precipitaci částic a mechanických vlastnostech studovaných materiálů po různém termomechanickém zpracování. Doktorandka prokázala schopnost samostatně pracovat tvůrčím způsobem a dosažené výsledky kvalitně prezentovat.

Práce splňuje všechny obsahové i formální požadavky, stanovené na doktorské disertační práce v §47 Zákona o vysokých školách č.111/98 Sb. Proto je možné bez jakýchkoliv pochybností doporučit, aby byla přijata k obhajobě.

V Praze, dne 5. srpna 2014

A rectangular area of the document is redacted with a solid pink color. Two thin blue lines extend from the left and right sides of the redacted area, suggesting it was part of a signature or stamp.

