

Oponentský posudek doktorské disertační práce

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

Autorka RNDr. Michaela Poková

Předložená doktorská disertační práce se zabývá studiem vlivu přísad do slitiny Al-1hm.% Mn na strukturu a vybrané vlastnosti tohoto materiálu. Byly studovány 3 slitiny: AA3003, AA3003 + 0,16 hm.% Zr, AA3003 + 0,16 hm.% Zr + 0,075 hm.% Cr.

Aktuálnost řešeného tématu

Vedle ocelí jsou hliníkové slitiny druhou nejpoužívanější skupinou kovových materiálů. Precipitačně vytvrzené Al slitiny umožnily mj. rozvoj letectví. Snaha o vylepšování mechanických i jiných vlastností hliníkových slitin pomocí kombinace příměsových prvků a termomechanického zpracování je stále živým tématem základního i aplikovaného výzkumu. Autorka studovala možnosti vylepšení vlastností a ovlivnění struktury slitiny typu AA3003 přidáním Zr a Cr. Intermetalické precipitáty Al_3Zr zpevňují materiál a stabilizují strukturu při zvýšených teplotách; průzkum tohoto materiálu je tedy zajímavým tématem.

Velmi zajímavá část práce se věnuje přípravě materiálu pomocí procedury ECAP. Ultrajemnozrné materiály připravené metodami SPD (severe plastic deformation) se staly v minulých letech velkým hitem v základním výzkumu materiálů, avšak očekávané aplikace se dosud příliš neobjevují. Klíčovým problémem je právě nestabilita získané mikrostruktury. Prozkoumání možnosti stabilizace zrn a subzrn pomocí jemné disperze Al_3Zr precipitátů je proto velmi zajímavá myšlenka s publikačním i aplikačním potenciálem.

Použité metody a prostředky

Autorka použila řadu experimentálních technik. Příprava materiálu včetně válcování za studena se odehrála ve firmě Al Invest Břidličná. Tepelné zpracování a procedura ECAP byla provedena na pracovišti autorkou. Pro charakterizaci materiálů použila autorka několik mikroskopických technik: světelnou mikroskopii, řádkovací elektronovou mikroskopii včetně

EBSD a EDS a transmisní elektronovou mikroskopii včetně in-situ ohřevu, což je obtížný a ne příliš běžný experiment. Dále bylo použito měření elektrického odporu, diferenční termální analýza, zkouška mikrotvrdomosti a v omezeném rozsahu tahová zkouška. Tyto metody jsou vhodně zvoleny pro naplnění cílů práce.

Výsledky práce

Bylo dosaženo poměrně značného množství výsledků, zejména charakterizace mikrostruktury a jejich změn při isochronálním a izotermálním žíhání. Byla vyvolána precipitace Al_3Zr precipitátů a ukázán jejich účinek při zpevnění materiálu a stabilizaci mikrostruktury, zejména při oddálení rekrystalizace. Tento výsledek může mít praktické uplatnění při průmyslové výrobě materiálu, kdy přísada Zr může zabránit hrubnutí mikrostruktury. Může být také inspirací při stabilizaci ultrajemnozrnných materiálů, protože posouvá teplotu rekrystalizace asi o 100°C k vyšším teplotám.

Formální zpracování disertace

Práce je napsaná v anglickém jazyce, gramatika i slovní zásoba jsou na velmi dobré úrovni. Počet překlepů není malý, ale je ještě akceptovatelný. Autorka se snažila připravit čtivý navazující text, takže členění disertace do kapitol není úplně standardní: výsledky a příslušná diskuse jsou rozděleny do 3 částí. Přivítal bych jasnou definici cílů práce. Grafické zpracování práce včetně kvality obrázků je na velmi dobré úrovni. K práci je připojen DVD nosič s dodatečnými obrázky a několika videosekvencemi z experimentů TEM in-situ heating. K obsahu jednotlivých kapitol:

I. Přehled literatury

Tato kapitola zasluhuje pochvalu. Autorka čerpala ze 123 zdrojů a připravila srozumitelný a informacemi velmi hutný text. Rozsah kapitoly nepřesáhl 35 stran jen proto, že autorka velmi šetřila obrázky. Tato kapitola ukazuje, že se autorka dobře orientuje v tématu. Dvě poznámky: rovnice 1.5-1.8 by zasloužily uvedení odkazu, 2. strana 41: není pravda, že procedura ECAP vede ke zvýšení energie hranice zrna.

Materiál a popis experimentu

Zde je stručně popsán materiál a použité experimentální techniky.

II. Charakterizace materiálu

Pomocí výše uvedených technik je sledován vývoj mikrostruktury materiálů při ohřevu od pokojové teploty až po 620°C . Byly určeny teploty počátku precipitace a poté rozpouštěcí

teplota. Poznámka s. 81: skutečně byl typ mřížky a mřížkový parametr α fáze určen z EBSD analýzy?

III. Přísada Zr

Byly nalezeny teploty formování Al_3Zr precipitátů a také pozorováno výrazné zpomalení rekrystalizace díky těmto precipitátům.

IV. ECAP

Bylo ukázáno, že kromě vzniku precipitátů ovlivňuje výrazně pevnost i obsah Mn v matici. Je proto rozdíl, jestli se precipitační žíhání provede před procedurou ECAP nebo po ní.

Diskuse

Diskuse částí výsledků je vždy připojena za příslušnou kapitolu. Jedná ovšem spíše o shrnutí výsledků než o jejich interpretaci a srovnání s literaturou. Literární prameny jsou zmiňovány velmi řídko a zhodnocení výsledků z hlediska probíhajících fyzikálních dějů by také mohlo být více rozpracováno; této části mohla být věnována větší pozornost. To ale autorka jistě provede při publikaci získaných výsledků.

V. Závěr

Obsahuje shrnutí hlavních výsledků

Význam práce pro rozvoj vědního oboru a případné aplikace

Práce přináší nové poznatky a má úroveň odpovídající standardům kladeným na práce publikované v odborné literatuře. I když se tento výzkum dá označit jako základní, je těsně navázán na výrobu Al materiálů. Možnost stabilizace mikrostruktury pomocí precipitátů Al_3Zr může být použita při výrobě svitků Al a jejich následnému žíhání, kdy tyto precipitáty mohou zabránit nežádoucímu zhrubnutí zrn.

Otázky

Prosím o zodpovězení/ komentář k těmto otázkám:

1. K měření tvrdosti: je podle Vašeho názoru zvolená příprava vzorku pro měření mikrotvrdosti bezpečná nebo může mechanické leštění zpevnit povrchovou vrstvu a způsobit tak chybu v měření?
2. Lze určit ideální velikost precipitátů Al_3Zr , např. vzhledem k pevnosti materiálu?
3. Množství příměsí v hmotnostních procentech je poměrně malé. Jak bylo zvoleno a lze doufat, že zvýšení koncentrace Zr může pozitivně ovlivnit vlastnosti studovaných slitin? Bylo by tak např. možné připravit materiál bez precipitates-free zón?

4. Počátek rekrystalizace zjištěný pomocí měření mikrotvrdosti a in-situ TEM se mírně liší, což je v práci vysvětleno rozdílným náběhem teploty. Nemůže mít ale vliv i malý rozměr materiálu v TEM fólii?

Závěr

Disertační práce je na velmi dobré úrovni a bezpochyby prokazuje předpoklady autorky k samostatné tvořivé vědecké práci. Splňuje obsahové i formální požadavky, které jsou u disertační práce požadovány a proto doporučuji, aby byla přijata k obhajobě.

V Brně, 19. 8. 2014

Tomáš Kruml