



KATEDRA MATERIÁLŮ

Trojanova 13, 120 00 PRAHA 2

Prof. Dr. Ing. Petr Hausild

Tel.: (+420) 224 358 514

Fax : (+420) 224 358 523

E-mail : petr.hausild @ fjfi.cvut.cz

Oponentský posudek disertační práce

„Advanced aluminium alloys prepared by powder metallurgy and spark plasma sintering“ (Moderní hliníkové slitiny připravené práškovou metalurgií a plasmovým sintrováním)

Autor: RNDr. Orsolya MOLNÁROVÁ

Ve své práci **Advanced aluminium alloys prepared by powder metallurgy and spark plasma sintering**, se autorka **Orsolya Molnárová** zabývá přípravou hliníkových slitin na bázi Al-Zn-Mg-Cu pomocí práškové metalurgie a plasmového sintrování (SPS). Cílem práce je ověřit možnosti této technologie docílit vysokou pevnost slitin nejen za pokojové, ale i za zvýšené teploty (~ 400 °C). Dosáhnout tento cíl chtěla autorka hlavně pomocí zjemnění zrna (až na ultrajemnou resp. nanometrickou úroveň) a zčásti dalšími mechanismy, které jsou spojeny se zvolenou technologií přípravy (zpevněním tuhým roztokem a precipitačním zpevněním, kdy oba tyto mechanismy jsou ovlivněny přesycením tuhého roztoku při mletí). Klíčovou úlohou udržení pevnosti slitin za zvýšených teplot, které se autorka také věnuje, je teplotní stabilita mikrostruktury tj. zamezení růstu velikosti zrna a hrubnutí precipitátů.

V rešeršní části práce je podán přehled problematiky od mechanismů zpevnování kovů a slitin, přes technologii přípravy prášků a slinování, až ke studovanému systému Al-Zn-Mg-Cu. Zvláštní podkapitoly jsou věnovány práškové metalurgii hliníkových slitin a vysokoteplotním hliníkovým slitinám.

Experimentální část práce je rozdělena na část věnovanou přípravě materiálu a experimentálními technikám a na část věnovanou výsledkům.

V práci byly studovány dvě základní slitiny - Al7075 a Al7075 + 1 hm. % Zr. Tyto slitiny byly připraveny jednak z výchozích atomizovaných prášků, jednak z prášků, které byly mlety za různých podmínek (v různých typech mlýnů, při různých otáčkách, rozdílné teplotě a různou dobu). Pochopení vlastností výsledných slinovaných slitin vyžadovalo studium vlastností prášku po předchozích technologických krocích (atomizaci a mletí). Toto nevyhnutelně vedlo k experimentální studii značného rozsahu a množství získaných výsledků je třeba ocenit (a odpovídá tomu i rozsah disertační práce).

Mechanické vlastnosti byly charakterizovány měřením tvrdosti HV. Mikrostruktura byla studována pomocí světelné mikroskopie, řádkovací elektronové mikroskopie, EBSD, transmisní elektronové mikroskopie a rtg. difrakce. Výsledky získané pomocí těchto technik se vhodně doplňují.

Mletím (zejména v planetovém kulovém mlýnu) se podařilo docílit velmi vysoké tvrdosti prášku ze slitin Al7075 a Al7075 + 1 hm.% Zr (více než 300 HV). Tato tvrdost po sintrování sice poněkud poklesla (v případě prášků mletých v planetovém kulovém mlýnu na cca 200 HV), ale i tak byla výrazně vyšší, než je u těchto slitin běžné, a to i po vytvrzování nebo po intenzivní plastické deformaci. Tato tvrdost výrazně nepoklesla (spíše naopak) ani po žihání na 425 °C.

Po experimentální části práce následuje diskuse, kde jsou výsledky porovnávány jednak mezi sebou, jednak s výsledky dostupnými z literatury. Dosažené mechanické vlastnosti jsou diskutovány ve vazbě na změny mikrostruktury – velikost zrna, přesycení tuhého roztoku přísadovými prvky, precipitaci intermetalických fází atd.

Na závěr jsou shrnuty hlavní výsledky práce a předloženy návrhy na další výzkum.

K vlastnímu textu disertační práce mám několik připomínek, poznámek resp. námětů k diskusi:

- *Při měření tvrdosti prášků (např. str. 61) je uvedeno, že měření tvrdosti mohlo být provedeno pouze na prášcích dostatečné velikosti (a že naměřené hodnoty nereprezentují tvrdost menších částic s jemnější vnitřní strukturou). Velikost měřených částic byla volena alespoň 35 μm (str. 51). Ovlivnění naměřených hodnot je však také silně závislé na vlastnostech použité zalévací pryskyřice (resp. jejich rozdílu vůči měřeným vzorkům). Má autorka představu, jaké jsou vlastnosti použité pryskyřice a je-li podmínka na velikost částic (~ 3x úhlopříčka vtisku) dostatečná?*

- *V práci jsou výsledky občas srovnávány s literaturou (např. str. 115 - A complete dissolution of second phases of Al-Zn-Mg-Cu-Zr alloys was reported to occur after mechanical alloying for 40 h [231] resp. 80 h of milling [232]. In our case, such complete dissolution occurred in the Al7075Zr_MC_RT_8_400P compacts after 8 h of milling, in a much shorter term than reported for similar alloys in literature), aniž by byly uvedeny podmínky, za kterých byly výsledky z literatury dosaženy (např. ve výše uvedeném příkladu tento výsledný čas odpovídal menším otáčkám a menšímu hmotnostnímu poměru koulí a prášku). To pak srovnání poněkud komplikuje.*
- *V práci mi poněkud chybělo podrobnější vysvětlení, proč (jakým mechanismem) byly dosaženy výrazně lepší mechanické vlastnosti vzorků sintrovaných z prášků mletých v planetovém kulovém mlýnu než v attritoru, resp. proč bylo v prášcích mletých v planetovém kulovém mlýnu dosaženo lepších strukturních parametrů než v attritoru. Vzhledem k tomu, že se podle mého názoru jedná o jeden z nejvýznamnějších dosažených výsledků celé práce, mohla tomu být věnována větší pozornost.*

Při obhajobě (v rámci rozpravy) by bylo vhodné, aby se kandidátka k uvedeným připomínkám vyjádřila.

Závěrem konstatuji, že cíle disertační práce byly splněny. V disertační práci je zahrnuto mnoho výsledků, které mohou sloužit jako základ dalšího výzkumu. Kladně hodnotím, že disertační práce má dobrou jazykovou úroveň.

Předloženou disertační prací autorka prokázala předpoklady k samostatné výzkumné činnosti, došla k řadě cenných poznatků a ukázala, že se dokáže správně orientovat v dané problematice. Téma práce je vysoce aktuální, získané výsledky jsou originální, o čem svědčí autorčiny publikace v impaktovaných časopisech.

Předložená disertační práce splňuje zákonem předepsaná kritéria. Doporučuji proto, aby byla přijata k obhajobě a po jejím úspěšném průběhu byl RNDr. Orsolyi Molnárové udělen akademický titul philosophiae doctor – Ph.D.

Prof. Dr. Ing. Petr Haušild

v Praze

3.8. 2018