

## Oponentský posudek disertační práce RNDr. Orsolje Molnárové

Název práce: **Advanced aluminium alloys prepared by powder metalurgy and spark plasma sintering**

Oponent: prof. Dr. Ing. Dalibor Vojtěch, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, VŠCHT Praha

Disertační práce studuje hliníkové slitiny s jemnozrnnou mikrostrukturou vyrobené postupem práškové metalurgie. Práce je vypracována v anglickém jazyce.

Práce má standardní členění: Po úvodu do studované problematiky jsou jasně definované cíle práce, z nichž hlavním je ověření možnosti výroby hliníkových slitin nestandardním postupem zahrnujícím atomizaci plynem, mechanické mletí a kompaktizaci slinováním v plazmatu (SPS). Následuje teoretická část. Zde autorka popisuje nejprve zpevňující mechanismy kovových materiálů, následuje popis metod výroby a kompaktizace prášků. Poslední část této kapitoly se zaměřuje na hliníkové slitiny vyrobené práškovou metalurgií s důrazem na slitiny typu Al-Zn-Mg-Cu studované v této práci. Je třeba vyzdvihnout, že autorka teoretický základ práce velmi dobře zvládla. Svědčí o tom více než 250 citovaných prací, což ani u disertací nebývá zcela běžné.

V experimentální části byly studovány dvě slitiny – 1. slitina Al-Zn-Mg-Cu (7075), 2. Al-Zn-Mg-Cu (7075) s přidavkem 1 % Zr. Nejprve byly studovány v práškovém stavu, a to prášek atomizovaný plynem a následně tento prášek vysoko-energeticky mletý. Prášky byly v další části práce kompaktizovány metodou slinování v plazmatu (SPS) při 425°C po dobu 4 minut. Poslední část experimentů byla zaměřena na tepelnou stabilitu kompaktních materiálů, která byla sledována po jejich vyžhání při teplotě 300 a 425°C po dobu 1 hodiny. U slitin ve všech stádiích přípravy i tepelného zpracování byla detailně, a pokud to bylo možné i kvantitativně (velikost zrn, velikost krystalitů, podíl fází, porozita atd.), studována mikrostruktura metodami LM, SEM, EDS, EBSD, TEM, XRD. Z mechanických vlastností byla měřena pouze tvrdost.

V práci bylo získáno velké množství výsledků. Bylo ukázáno, že původní buněčno-dendritická mikrostruktura rychle ztuhlých prášků se mletím transformuje a postupně zaniká. Dochází ke zjemnění fází, zrn a k vzájemnému intenzivnímu promísení prvků. Následné slinování v plazmatu vede k precipitaci fází a k mírnému zhrubnutí zrn. Výhoda metody SPS je však velmi krátká doba ohřevu, což zhrubnutí struktury materiálu omezí. Po SPS se velikosti zrn pohybovaly v řádu mikrometrů nebo dokonce desetin mikrometru. U slitiny se Zr byla pozorována mírně jemnozrnnější struktura. Uvedené změny se odrazily ve změnách tvrdosti materiálů, kdy se tvrdosti slinovaných materiálů, v závislosti na typu výchozího prášku, jeho přípravě a složení, pohybovaly od cca 120 HV až do téměř 200 HV, což převyšuje slitinu 7075 ve standardním tepelně zpracovaném stavu T6. Po žhání došlo ke strukturálním změnám a změnám tvrdosti, které závisely na teplotě žhání. Nedošlo však v významném zhrubnutí zrn. Pozitivně hodnotím kapitolu Diskuze, ve které byly získané výsledky detailně diskutovány a konfrontovány s dostupnou literaturou.

Celkové zhodnocení práce:

Téma práce považuji za vysoce aktuální. Práce naznačila, že aplikací nových nestandardních metod přípravy práškovou metalurgií lze získat materiály se strukturními a mechanickými vlastnostmi převyšujícími konvenčně vyrobené slitiny. Analytické metody použité v práci byly náročné a zcela odpovídaly zaměření a cílům disertační práce. Cíle práce byly splněny. Získané výsledky jsou bezesporu významné jak pro základní tak aplikovaný výzkum. Výsledky a závěry jsou logicky vysvětlené a konfrontované s literaturou. Práce byla vypracována pečlivě na výborné grafické úrovni, vyzdvihují kvalitu obrázků mikrostruktur. Po formální stránce nenacházím, až na několik drobných překlepů a nepřesností, v práci problémy.

Připomínky, otázky:

1. V práci je využita řada poměrně náročných experimentálních technik. Které z nich autorka prováděla sama a které v kooperaci s jinými pracovišti?
2. Za drobný nedostatek práce považuji absenci dalších mechanických testů. U materiálů vyrobených PM a SPS se standardně provádějí minimálně testy v tlaku, které alespoň naznačí plasticitu materiálů. Jaká byla tedy plasticita vyrobených vzorků? Byly např. pozorovány mikrotrhliny v okolí vpichů při měření tvrdosti?
3. Jaká je příčina poměrně nízké tvrdosti atomizovaného prášku ze Zr (str. 61, Tab. 4)?
4. Jak si autorka vysvětluje přítomnost Zn fáze v atomizovaném prášku se Zr (str. 61, Tab. 4)? Zinek jako fáze se běžně ve slitinách 7XXX nevyskytuje.
5. Je podivné, že Zr nebylo v atomizovaném prášku identifikováno, i přes poměrně velký obsah 1 %.
6. Při mletí v jednom typu mlýnu došlo ke kontaminaci Ni a Ti. Je škoda, že poměrně náročné rozborů na TEM byly prováděny právě na tomto mletém prášku, který je však zcela nereprodukovatelný. Chybí rozborů nekontaminovaného mletého prášku.
7. Má autorka nějaké poznatky, např. i z literatury, o korozním chování jemnozrnných materiálů na bázi slitin 7XXX vyrobených obdobnými postupy? Lze očekávat zhoršení či zlepšení korozní odolnosti díky specifickým strukturním stavům PM slitin?
8. Jakými směry se budou ubírat další výzkumné práce v této oblasti?

Závěr posudku:

Celkově lze shrnout, že disertační práce splnila stanovené cíle. Autorka prokázala schopnost samostatné vědecké práce. Dosažené výsledky jsou bezesporu významné pro oblast výzkumu lehkých kovových materiálů pro náročné aplikace.

Z výše uvedených důvodů disertační práci RNDr. Orsolye Molnárové doporučuji k obhajobě a doporučuji, aby po úspěšné obhajobě práce byl RNDr. Orsolye Molnárové udělen titul Ph.D.