

# Vliv parametrů tváření rotačním kováním a podmínek umělého stárnutí na mechanické vlastnosti a strukturu vytvrditelné hliníkové slitiny řady 2024

Ing. Jan Nacházel

## Hodnocení školitele

Doktorand Jan Nacházel zahájil doktorandské studium v září 2013, teze disertační práce obhájil na konci roku 2017. Během let 2015 až 2019 vypracovával disertační práci „Vliv parametrů tváření rotačním kováním a podmínek umělého stárnutí na mechanické vlastnosti a strukturu vytvrditelné hliníkové slitiny řady 2024“, kterou odevzdal 8. 11. 2019.

Během studia absolvoval stáž v Číně v období září 2015 – leden 2016.

Student byl po celou dobu doktorandského studia zaměstnancem společnosti COMTES FHT, kde na plný úvazek plnil zadané pracovní úkoly. Studium předmětů, zpracování tezí disertační práce a zpracování samotné disertační práce prováděl mimo rámec své práce. Vzhledem k jeho značnému pracovnímu vytížení a k rodinné situaci lze provedení všech experimentů a sepsání doktorandské práce považovat za velký úspěch.

Student zpracoval práci zcela samostatně, efektivně při tom využíval domácí laboratoře a konzultace s experty ze společnosti COMTES a Západočeské univerzity. Jen minimální část experimentů byla prováděna na pracovišti transmisní mikroskopie UFM Brno. Během celého studia plnil svědomitě a samostatně pokyny školitele.

Samotná práce přináší z materiálového hlediska velmi cenné výsledky. Mez kluzu nad 630 MPa a mez kluzu nad 660 MPa představují pro tuto slitinu unikátní hodnoty publikované zatím jen v několika málo publikacích, kde ovšem pro jejich dosažení byly použity velmi speciální techniky jako ECAP nebo ARB. Tyto techniky jsou průmyslově využitelné jen velmi omezeně, naproti tomu zpracování navržené doktorandem Nacházelem, tedy kombinace rozpouštěcího žíhání, rotačního kování a umělého stárnutí představuje originální a přitom průmyslově dobře využitelný proces.

Klíčovou částí práce je hodnocení vlivu velkého množství technologických parametrů. Doktorand hodnotil vliv způsobu ochlazování z rozpouštěcího žíhání, vliv velikosti deformace vložené rotačním kováním, vliv teploty stárnutí, času stárnutí atd. Tato klíčová část práce je doplněná pěknou metalografickou dokumentací včetně snímků a lokálních analýz z řádkovacího a transmisního elektronového mikroskopu. Většinu metalografických prací včetně analýz EBSD prováděl ing. Jan Nacházel sám, pouze transmisní mikroskopie byla prováděna externě. Rovněž na přípravě a vyhodnocení termo-fyzikálních měření se doktorand intenzivně podílel.

Po syntéze všech výsledků jsou získány o materiálu skutečně cenné komplexní informace. Velice zajímavý je například poznatek o dvojí morfologii intermetalické S fáze, která se zřejmě rozhodujícím způsobem podílí na příspěvku zpevnění vlivem stárnutí. Rovněž souvislost mezi několikastupňovou sekvencí procesu stárnutí a tvarem křivek tepelného toku při měření DSC patří mezi nejzajímavější pasáže práce.

Další pokračování projektu by logicky mohlo spočívat v důkladnějším provedení termo-fyzikální simulace procesu stárnutí, nabízí se vedle DSC použít i metodu dilatometrickou a rezistometrickou, které rovněž velmi citlivě zaznamenávají fázové přeměny při stárnutí a na základě výsledků jejich měření lze určit aktivační energii vzniku jednotlivých druhů precipitátů. Dále bude užitečné doplnit lokální fázovou analýzu precipitátů metodou elektronové difrakce o další měření, aby bylo identifikováno větší množství částic a spolehlivě se odlišily různé druhy precipitátů.

Doktorandovi lze vytknout nízkou publikační aktivitu, předpokládá se, že shromážděné výsledky v nejkratší možné době bude publikovat v impaktovaném časopisu.

Práci hodnotím velmi kladně, jedná se jednoznačně o práci se značným vědeckým i aplikačním přínosem. Z tohoto důvodu tuto práci doporučuji k obhajobě a doporučuji udělit doktorandovi ing. Janu Nacházalovi titul Ph.D.

V Dobřanech 8. 11. 2019

Dr. Ing. Zbyšek Nový

školitel

