

# Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě  
Univerzity Karlovy

- posudek vedoucího       posudek oponenta  
 bakalářské práce       diplomové práce

Autor/ka: Adéla Kolembusová

Název práce: Microstructure stability and resulting mechanical properties of a low-alloyed Mg-Zn-Gd alloy prepared by rapid solidification

Studijní program a obor: Fyzika

Rok odevzdání: 2024

Jméno a tituly oponenta: Doc. RNDr. František Chmelík, CSc.

Pracoviště: MFF UK, katedra fyziky materiálů

Kontaktní e-mail: Frantisek.Chmelik@matfyz.cuni.cz

## Odborná úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Věcné chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu přiměřený počet    méně podstatné četné    závažné

## Výsledky:

- originální    původní i převzaté    netriviální kompilace    citované z literatury    opsané

## Rozsah práce:

- veliký    standardní    dostatečný    nedostatečný

## Grafická, jazyková a formální úroveň:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## Tiskové chyby:

- téměř žádné    vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet    četné

## Celková úroveň práce:

- vynikající    velmi dobrá    průměrná    podprůměrná    nevyhovující

## **Slovní vyjádření, komentáře a připomínky vedoucího/oponenta:**

Bakalářská práce vznikla na katedře fyziky kovů (KFK) Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v rámci výzkumu pokročilých slitin na bázi hořčíku. Tento výzkum má na katedře dlouholetou tradici a přinesl celou řadu významných výsledků na mezinárodní úrovni. Předložená práce je zaměřena na studium pokročilé nízkolegované slitiny Mg-Zn-Gd s obsahem několika fází typů solute-rich stacking faults (SFs, vrstevné chyby), cluster-arranged layers (CALs, klastrově uspořádané vrstvy) a cluster arranged nanoplates (CANaPs, klastrově uspořádané nanoplátky).

Bakalářská práce byla inspirována experimenty provedenými v nedávné době pracovníky a studenty KFM ve spolupráci s japonskými a španělskými vědci. Tyto experimenty byly zaměřeny na studium hořčíkových slitin, kde vyšší obsah legujících složek vede ke vzniku tzv. long period stacking order (LPSO, periodicky uspořádané na dlouhou vzdálenost) fází, které mají výrazný a asymetrický zpevňující účinek (více v tlaku než v tahu) a přispívají k teplotní stabilitě mikrostruktury. U hořčíkových slitin připravených tvářením (např. extruzí) tak vede přítomnost LPSO fází ke kompenzaci typické asymetrie mechanických vlastností v tahu a tlaku, která je opačná. Moderní metody přípravy, zejména rychlé tuhnutí, posléze umožnily redukovat obsah příměsí a připravit nízkolegovaný materiál s obsahem fází SFs, CANaPs a CALs. Výhodnost této volby spočívá v úspoře nákladů a zlepšené biokompatibilitě (Gd je materiál drahý a z hlediska biokompatibility méně vhodný). Zpevňující účinek fází je přitom obdobný jako u LPSO fází.

Ve své bakalářské práci se kol. Kolembusová ujala úkolu prozkoumat vliv výše uvedených fází na mikrostrukturu, její teplotní stabilitu a související mechanické vlastnosti reprezentované mikrotvrdostí a tahovými i tlakovými zkouškami. K práci s originálním materiálem tak přibyl úkol pracovat s moderními metodami experimentálního studia, zejména s elektronovou mikroskopií a mechanickými zkouškami. Tohoto náročného úkolu se kandidátka zhostila velmi dobře a získala rozsáhlý soubor experimentálních dat, který byl následně pečlivě zpracován a adekvátně diskutován.

Rozsah předložené práce odpovídá zadání a obnáší 35 stran textu a je klasicky členěn do úvodu, 5 kapitol a závěru a další perspektivy. Seznam literatury obnáší 59 položek. Práce je graficky dobře upravena a psána anglickým jazykem na velmi dobré úrovni, v podstatě bez chyb, překlepů a dalších formálních závad. Rozsah rešeršní (teoretické) části a rozsah vlastní práce včetně experimentální části jsou vyvážené.

V Úvodu kandidátka stručně a jasně vymezuje motivaci a zadání práce.

Kapitola 1 je věnována přehledu relevantních poznatků o materiálech na bázi hořčíku, jejich mikrostruktuře a mechanických vlastnostech (užitečný je zejména úsek o moderních slitinách s obsahem LPSO a dalších fází). Autorka dále podává přehled metod elektronové mikroskopie, které jsou v práci využity.

Kapitola 2 stručně a jasně vymezuje cíle práce.

Kapitola 3 podává stručný popis přípravy materiálu a provedených experimentů.

Kapitola 4 je páteří celé práce. Kandidátka zde na 10 stranách systematicky podává výsledky své práce a dokládá je velmi kvalitními vyobrazeními.

Kapitola 5 představuje diskusi výsledků. Experimenty jsou detailně diskutovány a autorka představuje čtenáři jejich interpretaci.

Závěr shrnuje hlavní výsledky práce a poukazuje zejména na vynikající teplotní stabilitu materiálu. Do 350°C žíhací teploty nedochází prakticky k růstu zrna, do 450°C je růst zrna pozvolný a doprovázený změnou morfologie fází a teprve při žíhací teplotě kolem 500°C dochází k masivnímu růstu zrna a výraznému odpevnění materiálu. Dalším zajímavým výsledkem je inverze anizotropie mechanických vlastností v tahu a tlaku, kdy přítomnost zpevňujících fází vede k vyšším hodnotám pevnostních veličin v tlaku než v tahu. Tato inverze je pozorována po všech žíhacích teplotách, tedy zpevňující fáze zachovávají svůj vliv v celém studovaném intervalu teplot. Ve stručné perspektivě pak autorka ještě doporučuje věnovat pozornost též neméně důležitým korozním vlastnostem materiálu.

Lze shrnout, že paní Adéla Kolembusová vytvořila dílo, které svým rozsahem, výsledky a kvalitou zpracování odpovídá bakalářské práci na vynikající úrovni a lze uvažovat o jeho publikaci v dobrém časopise. Doporučuji proto, aby jí na základě úspěšné obhajoby a ve smyslu platných předpisů byl udělen titul Bc.

### **Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:**

Poznámky k textu na straně 3: pozor na jednotku hustoty (správně  $\text{kg/m}^3$ ), dále hořčík není nejlehčím strukturním materiálem, pokud bereme v úvahu např. uhlíkové kompozity.

1. Příprava studovaného materiálu je technologicky náročná. Na kterém pracovišti probíhala? Kandidátka se zúčastnila nebo byl dodán hotový materiál?
2. Zajímavým aspektem zpevňujícího účinku LPSO fází či fází v nízkolegovaném materiálu je opačná asymetrie mechanických vlastností v tahu a tlaku, než je tomu u tvářených hořčíkových slitin bez těchto fází, kde hlavní roli hraje dvojčatění. Bylo by možno stručně popsat mechanismus vzniku této anizotropie?

### **Práci**

- doporučuji  
 nedoporučuji  
uznat jako bakalářskou.

### **Navrhuji hodnocení stupněm:**

- výborně  velmi dobře  dobře  neprospěl/a

Místo, datum a podpis vedoucího/oponenta: V Praze dne 23.8. 2024  
František Chmelík v.r.