

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Vliv mikrostruktury polotovaru na mechanické vlastnosti slitin Al-Mg-Si pro automobilový průmysl
Jméno autora:	Jan Kružík
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav materiálového inženýrství
Oponent práce:	Ing. Petr Starka, Dr.
Pracoviště oponenta práce:	Strojmetal Aluminium Forgings s.r.o.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
V současném automobilovém průmyslu je patrný neustálý tlak na snižování hmotnosti dílů. S tím jsou spojeny požadavky na zvyšování pevnostních parametrů a optimalizaci struktury dílů. Poznání jednotlivých faktorů ovlivňujících tyto parametry je proto zásadní. Vzhledem k jejich množství a vzájemné interakci, je studium tohoto jevu náročné (rozsáhlá experimentální příprava + vyhodnocování všech výsledků). O to více jsou však zjištěné výsledky cenné.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Předkládaná práce splňuje ve svých jednotlivých částech požadavky zadání.	
Vzhledem k vysoké komplexnosti sledovaných jevů a z toho plynoucí experimentální náročnosti, je třeba práci hodnotit jako "vstupní" analýzu, na kterou by mohli případně navázat další rozsáhlejší rozbor.	
Ve své teoretické části, práce vhodně popisuje základní informace nutné pro pochopení studovaných dějů (snad se zbytečně rozsáhlou částí věnovanou tématice výroby surového hliníku).	
V praktické části byly jako hlavní sledované parametry správně vybrány velikost zrna, typ sekundárních fází a mikrotvrdost.	
I přes problémy se zviditelněním hranic zrn u lisovaných polotovarů a z toho plynoucí nejistotě při interpretaci těchto výsledků lze i zde považovat cíle práce za splněné.	
Rozsah experimentálních výsledků je vzhledem k typu práce nadstandardní a např. výsledky průběhů mikrotvrdostí jsou zpracovány velmi pěkně. Rovněž značně rozsáhlý je rozbor typů jednotlivých sekundárních fází.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení odpovídá typu sledované problematiky a svědčí o jejím pochopení.	
V rámci teoretické části práce, jsou rozebrány základní parametry/jevy uplatňující se ve studované problematice. Zásadní jsou zde přitom z tohoto pohledu deformační a odpevňovací pochody v kovech a proces tepelného zpracování hliníkových slitin. Mírně naddimenzované se zde z pohledu zaměření práce jeví část věnovaná výrobě primárního hliníku. V experimentální části práce lze rovněž konstatovat, že zvolený postup řešení byl vzhledem k cílům práce vybrán vhodně. K vyhodnocování pak byly použity „současné“ experimentální techniky vysoké úrovně. Při experimentech bylo získáno velké množství výsledků. Posouzení jejich vzájemné korelace je však jednoznačně již nad rámec této práce a nabízí prostor pro případnou navazující práci doktorandskou.	

Odborná úroveň

B - velmi dobře

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Celková odborná úroveň práce je na velmi dobré úrovni.

Jak již bylo konstatováno, teorie shrnutá v úvodu práce tvoří vhodnou základnu pro studium sledovaných dějů. U případných následných prací dále rozvíjejících sledovanou tematiku, by mohla být případně posílena tematika deformačních a opevňovacích dějů, či problematika tepelného zpracování Al slitin.

Vysokou odbornou úroveň vykazuje také část experimentální.

Výsledky zde byly získány za použití standardních současných laboratorních postupů. Získané výsledky jsou pak vhodně strukturovány. Vzhledem k tomu, je možné na závěry práce kdykoliv v případě potřeby navázat.

K odborné úrovni textu bych měl několik následujících poznámek:

Teoretická část:

s.1, anotace: použit termín protlačování, správněji lisování, u termínu HCM (horizontal continuous casting) použitý termín přetlakové lití=?

s. 27, odstavec 2.3.1: Zkouška tahem není základní mechanická vlastnost, je to metoda

s. 27, odstavec 2.3.1: mez pevnosti – správně pevnost

s. 34, odstavec 2.3.3: formulace: Z kvalitativního hlediska lomová houževnatost klesá s rostoucí pevností – pozor jde o přímou úměru!

s. 35, odstavec 2.4.1: formulace – stav napjatosti se nesmí překročit – správně: faktor intenzity napětí pro daný stav napjatosti nesmí překročit

s. 36, odstavec 2.4.4: vysvětlení rozdílu obrobiteľnosti čistého Al a slitin Al nedává smysl

s. 51: Růst zrna:..._ hlavním faktorem růstu zrna je povrchové napětí... - správněji hnací silou růstu zrna je snížení povrchového napětí

Experimentální část:

s.60: zkoušené tyče byly průměru 40 a 30 mm, ne 400 a 300 mm

s. 60, bod 8.1: Vzhledem k rozsahu a zaměření práce zde chybí lepší zdokumentování zkoumaných vzorků (dodané tyče, způsob odběru vzorků) a přesnější popis orientace vzorků/vyhodnocovaných ploch

s.60, odstavec 8.5: chybí specifikace finálně použitého leptadla a způsobu leptání

s. 64, odstavec 9.1: chybí vyhodnocení struktury v podélném směru

s. 66, odstavec 9.3(struktura lisovaných polotovarů): Zde se bohužel nepodařilo (i přes řadu odzkoušených postupů) zcela jasně zviditelnit hranice zrn. To ve svém důsledku vedlo k několika ne zcela přesným závěrům:

s.67, odstavec 9.3.1: příčný řez – ... v příčném směru je patrný směr válcování ...v tomto směru nemůže být směr lisování patrný

na vícero místech uváděna jemnozrnná struktura povrchové vrstvy – u lisovaných tyčí je typická hrubozrnná povrchová vrstva o síle cca 0,5 mm (v některých případech může být špatně měřitelná). Velikost zrna se pak většinou ve směru do osy tyče zásadně nemění

Kapitola 10: Velikost zrna:

I zde je bohužel patrný vliv ne zcela zřejmého zviditelnění hranic zrn u lisovaných polotovarů.

Druhým faktorem ovlivňujícím získané výsledky je pak ne zcela jasné určení orientace vyhodnocovaných ploch (L/T).

Tato skutečnost nemusí vadit u homogenního materiálu HCM. U lisovaného polotovaru jde však o věc poměrně zásadní (při zanedbání podélného směru výsledky nemohou být reálné)

Z těchto důvodů musí být (jak ostatně autor rovněž v textu zmiňuje) chápány závěry tohoto odstavce jako informativní.

Kapitola 11: Elektronová mikroskopie - jde o velmi rozsáhlý a fundovaný rozbor. Svým rozsahem snad i překračujícím rámec diplomové práce. Popis sekundárních fází pro oba sledované materiály je podrobný.

Jakékoliv požadavky na kvantitativní analýzu jsou však již jednoznačně určeny případným následným pracím

(drobná nepřesnost je v závěrech, odstavec 11.3 v uvedení počtu sekundárních fází identifikovaných u HCM vzorků – určeny 3)

Velmi podrobně je zpracována část 11.4. a 11.5., věnovaná lisovaným slitinám, kde je stanoven obsah sekundárních fází i v závislosti na vzdálenosti od povrchu.

Z hlediska vyznění práce je pak rovněž velmi pěkně zpracována část 12, věnována měření mikrotvrdosti. Zde je v souladu s realitou zachycen nárůst tvrdosti v povrchové obohacené vrstvě u HCM materiálu a naopak pokles tvrdosti u slitin lisovaných (vliv povrchové hrubozrnné vrstvy ?)
Drobnou připomínku je zde možné mít k metodice stanovení síly jemnozrnné vrstvy u HCM polotovaru (není popsána, výsledky ve vztahu s průběhem HV ?)
U lisovaných polotovarů lze pak o průběhu HV směrem do středu tyče hovořit spíše jako o konstantním (výkyvy v rámci chyby měření)

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Po formální stránce je práce strukturována správně.

Struktura a řazení kapitol jsou v logickém sledu.

Bohužel v digitální verzi práce došlo k posunutí číslování obrázků. Od obr. Č.13 (v práci č. 134) je číslování posunuto.

Všechny zmiňované obrázky jsou sice přítomny, ale práce s nimi je tímto posunem ztěžena.

Následně uvádím několik připomínek k textu:

Teoretická část:

Anotace v Aj: v některých případech nevhodná formulace (formation of structure –lépe visualization), contain phases –lépe secondary p.

s. 19: mn – lépe Mn

s.22: elektrony do vzbuzeného stavu – lépe vybuzeného stavu

s. 29: Mechanické zkoušky za zvýšených teplot – struktura této kapitoly je nepřehledná

s. 34, odstavec 2.3.3: odstavec šíření únavové trhliny patří do odstavce 2.3.2

s.37, odstavec 3: text na konci odstavce (výchozím materiálem...) sem nepatří

s. 40: 1,5 Mn – lépe 1,5 % Mn

s.41: přehled chemického složení hodnocených vzorků nepatří do teorie

s. 46, odstavec 5.2:formulace prvních 2 řádků nedává smysl!

s. 48, odstavec 5.3: formulace ...se používá vylisek, u kterého se operace lití, volné kování ...nedává smysl

s.48, odstavec 5.3: formulace posledního odstavce na stránce nedává smysl

s. 54, odstavec 6.3: text pod tabulkou 12 – první 2 řádky nedávají smysl

s. 56, odstavec 7.1: ... uvolněné teplo může vést ke změně struktury – lépe k ovlivnění struktury

Experimentální část:

Bod 10: Velikost zrn: bylo by vodně formálně uvést algoritmus použitý k výpočtu velikosti zrna

Bod 10.1: velikost zrna u HCM slitin – chybí přesnější popis (schéma) jednotlivých vyhodnocovaných vrstev (pojmenování jednotlivých vrstev může být zavádějící)

s. 90, Bod 12: Vickersův indentor – správně Indentor

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Výběr zdrojů informací je vzhledem k zaměření práce adekvátní.

(Obecně lze konstatovat, že vhodných a dostupných zdrojů není k řešené tématice mnoho)

V některých pasážích by se mohlo případně s citovanými zdroji pracovat častěji.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Lze konstatovat, že rozsah experimentální části práce je poměrně značný a svým rozsahem (především v oblasti elektronové mikroskopie) zasahuje až do rozsahu práce doktorandské.

Použité experimentální techniky odpovídají současným standardům.

Volba vyhodnocovaných parametrů (struktura, velikost zrna, typy sekundárních fází a mikrotvrdość) je vzhledem k zaměření práce správná.

Získané výsledky o velikostech zrna u materiálu HCM, identifikace sekundárních fází a průběhy mikrotvrdości u obou typů zkušných vzorků dávají dobrý základ pro případná další šetření.

Výsledky strukturního rozboru a stanovení velikosti zrna pro lisovaný materiál, je vzhledem k problémům s leptáním struktury (i přes řadu odzkoušených leptacích postupů), nutno brát jako orientační. Je zde tedy prostor pro případnou navazující práci (odzkoušení dalších postupů leptání – např. NaOH). Zároveň by bylo vhodné posoudit důsledněji podélné a příčné řezy a s tím svázanou velikost zrna.

Z hlediska možné navazující rozsáhlejší práce by jistě bylo zajímavé další zkoumání korelace velikosti zrna, typu a počtu sekundárních fází a mikrotvrdości po průřezu dílu.

Předkládaná práce představuje dobrou vstupní přípravu pro toto šetření.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Předkládaná diplomová práce p. J. Kružíka splňuje dle názoru oponenta požadavky na diplomovou práci.

Teoretická část práce vytváří vhodný základ pro pochopení procesů zkoumaných v části experimentální.

Experimentální část práce je značně rozsáhlá a ve všech oblastech využívá současných experimentálních postupů.

I přes problémy se zviditelněním struktury lisovaných vzorků je řada experimentálních výsledků dobře použitelných jako vstupní analýza pro případné další šetření. To by ostatně vzhledem k důležitosti sledované problematiky v praxi bylo velmi vhodné.

K tématu diplomové práce bych si dovolil položit několik následujících dotazů:

1. V rámci experimentální části práce byly u obou materiálů (HCM, lisovaný) ověřeny průběhy mikrotvrdości po průřezu dílu. U HCM materiálu byl zaznamenán v oblasti povrchové vrstvy vyšší hodnoty tvrdosti oproti jádru. U lisovaných tyčí naopak nižší hodnoty. Čím by mohl tento rozdíl být způsoben?
2. Při stanovování velikosti zrna se u lisovaných polotovarů opomenul podélný směr. Jak by výsledky získané pro tento směr ovlivnili celkovou stanovenou velikost zrna ?
3. Předkládaná práce se zabývá vyhodnocováním vlivu strukturních parametrů na finální vlastnosti u slitin hliníku. Tyto jsou vždy ovlivněny také deformační historií vzorku (lisované tyče). V kapitole 6.1. jsou popisovány odpeňovací pochody. Hliník patří ke kovům s vysokou energií vrstevné chyby. Jakým způsobem u hliníku a jeho slitin probíhají odpeňovací pochody (stádia, substrukturní procesy). Srovnání s průběhy deformačních a odpeňovacích pochodů např. v nerezových austenitických ocelích (nízká energie vrstevné chyby).

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 8.9.2017

Podpis:

