

Recenzní posudek doktorské disertační práce

Název práce : **Charakteristika materiálu a rozvoj deformace hořčíkových plechů v oblasti mezních stavů**

Autor práce: Ing. Monika BĚLKOVÁ

Vedoucí práce: Doc. Ing. Pavel SOLFRONK, Ph.D.

Recenzent: Doc. Ing. Pavel RUMÍŠEK, CSc.

Předkládaná disertační práce obsahuje na 135 stranách textu kapitoly, týkající se teoretické, experimentální a tabulkové části, doplněné anotací s prohlášením, přehledem použitých symbolů a zkratk, seznamem literatury, příloh a výčtem publikační činnosti doktorandky k tématu uvedené disertační práce.

Jak plyne z názvu práce, doktorandka řešila výzkum důležité problematiky, zabývající se hodnocením a deformací hořčíkových plechů a taktéž stanovením mechanických vlastností hořčíkových slitin.

Po prostudování musím již úvodem konstatovat, že práce je zpracována pečlivě, logicky správně a je patrná rovněž dobrá orientace autorky práce v celé oblasti, týkající se této problematiky. Řešením prokázala, že ovládá nejen odbornou problematiku, týkající se daného oboru, ale jsou jí blízké i vědecké metody a jejich uplatnění, vedoucí cíleně k hodnotným závěrům, přinášejícím nové poznatky v oboru.

Teoretická část práce obsahuje důležité kapitoly, týkající se výroby, vlastností a využití hořčíkových slitin a tváření hořčíkových plechů, obsáhlou část, věnovanou deformačnímu chování, zotavení, rekystalizaci a růstu zrn a důležitou kapitolu, zabývající se hodnocením hořčíkových plechů. Celá teoretická část práce je zpracována pečlivě, literárními odkazy je vhodně dokumentována, a mimo drobných formálních nedostatků a překlepů je obsahově i věcně správná.

Jako drobné připomínky (např. u deformačního chování) bych uvedl alespoň následující:

Str.29 – u souhrnné velikosti odpružení bylo vhodné uvést ještě vliv tloušťky

– není správný termín „přehnutí úhlu“; v závěru odstavce ... tvářením kapalinou.

Str.30 – ... nabízí použití buď koloidního grafitu, či molybdenu disulfidu ...

Str.34 – nesprávný název u obr.7.3

– správně ... platí Hookeův zákon ...

Str.36 – místo „skluzové napětí“, by zde bylo vhodnější „smykové napětí v rovině skluzu“

Str.36,37,38 – sjednotit názvy u roviny „basální“, „bazální“ a „bazické“

Str.42 – Burgesův nebo Burgersův vektor ? (správně Burgersův podle J.M.Burgerse)

Obdobné drobné připomínky mám i v dalších kapitolách teoretické části práce, ale vzhledem k tomu, že tyto formální nedostatky a překlepy neovlivňují celkovou dobrou kvalitu a výběr podstatných podkladů této části práce, dále je již nespecifikuji.

Velmi hodnotnou kapitolou teoretické části práce je zvláště přehledný popis diagramů mezních přetvoření včetně způsobů jejich určování a stanovení mezního stupně přetvoření.

Cíle **experimentální části**, odpovídající názvu disertační práce, jsou ve 3 bodech spolu s následující diskuzí na straně 68 definovány přehledně a detailně a nemám k nim, stejně jako k charakteristice zkoumaného materiálu žádné připomínky.

Velmi správně byly mechanické vlastnosti definované hořčíkové slitiny prověřeny nejdříve statickou tahovou zkouškou – zde byly zjištěny především základní mechanické hodnoty (mez kluzu, mez pevnosti a tažnost), uvedené dále v tab. 12.1 až 12.4. Z naměřených hodnot byly stanoveny regresní koeficienty a ukazatele tváritelnosti UH a KUT, které jsou rovněž přehledně specifikovány v tabulkách.

Zde je nutno kladně hodnotit nejen stanovení metodiky zkoušek a přípravu vzorků, ale především způsoby provedení poměrně náročných zkoušek, umožňující zvláště eliminování teplotních vlivů. Grafické zobrazení, vyjadřující v příslušných diagramech závislost smluvního napětí a poměrného prodloužení za různých teplot ve 3 směrech, zcela názorně vyjadřuje právě vliv teploty – rozdílnou závislost a chování prověřovaného materiálu v uvedených směrech pak ukazují obr. 12.10 – 12.12. Zajímavým zjištěním je zde, že rozdíl mezi smluvní mezí pevnosti a mezí kluzu je od teploty 230 °C již prakticky zanedbatelný.

Vzhledem k tomu, že mechanické hodnoty, získané z tahové zkoušky nemají vždy zcela přesnou schopnost definovat deformaci materiálu, je často pro stanovení mezních stavů výhodnější použít některou z metod, umožňujících plošnou analýzu deformace, u níž je pak možné přesné určení místa i absolutní hodnoty přetvoření. Z uvedeného důvodu byla v rámci experimentálního ověření pro stanovení mezního stavu deformace zvolena bezkontaktní deformační analýza s využitím systému ARAMIS. Příslušné výsledky jsou zde graficky dokumentovány spolu s následným celkovým hodnocením výsledků statické tahové zkoušky.

Mimo zjištění mechanických hodnot hořčíkových plechů bylo dalším cílem práce stanovení mezních deformací při víceosém namáhání. K provedení experimentů zde byly v diagramu mezních přetvoření vybrány 3 stavy napjatosti pro 3 směry odběru vzorků s použitím shodných teplot, jaké byly aplikovány u statické tahové zkoušky. Ke snímání průběhu zkoušky byl využit opět bezkontaktní optický systém ARAMIS a výstupem byla grafická vizualizace, umožňující další popsané způsoby hodnocení a popis měření.

Hodnotným přínosem výzkumných prací v dané oblasti byla též konstrukce a následná výroba lisovacího nástroje, použitelného pro realizaci zkoušek za vyšších teplot. Jeho popis a snímky jednotlivých částí (včetně vytápění) jsou spolu se stanovením metodiky, přípravou zkoušky a sledováním deformace pomocí optického systému uvedeny v samostatném oddíle. V logicky navazující a obsáhlé části je pak velmi podrobně provedeno i vyhodnocení hodnot DMP a diskuze výsledků.

Z pohledu posuzovatele je nutno velmi kladně hodnotit rovněž komplexnost zpracování, kterou dotváří především analýza materiálu s přehledným popisem, hodnocením struktur s navazující fraktografickou analýzou a diskuzí výsledků tohoto oddílu.

S velkým zájmem jsem prostudoval i závěrečnou kapitulu, týkající se diskuze výsledků celé dizertační práce, spolu s vyslovením obecných závěrů. Mohu konstatovat, že celá kapitola dává nejen přehledný popis výsledků a přínosů práce, ale zcela logicky uvádí i potenciálně navazující směry dalšího výzkumu, což svědčí nejen o dobrých odborných kvalitách a přehledu doktorandky, ale samozřejmě též o dobrém vedení ze strany vedoucího práce.

Závěrem mého hodnocení bych chtěl opakovaně poukázat na to, že předložená práce je zpracována logicky, věcně i obsahově správně, navržená metodika zkoušek využívá moderních metod, dosažené výsledky jsou vyhodnoceny se statistickou průkazností a k práci nemám mimo uvedených formálních připomínek žádné další a zásadní výhrady.

Jako drobnou připomínku zde pouze uvádím, že podle platné směrnice, závazné pro zpracování dizertačních prací a jejich obsahové členění, by měla být krátce a samostatně rozvedena i část, pojednávající o současném stavu řešené problematiky.

Téma celé práce je aktuální a po prostudování mohu konstatovat, že práce splnila ve všech směrech předem stanovené cíle.

Celkovou kompozicí, obsahovou náplní, volbou cílů a metodiky, jakož i pečlivým provedením a dokumentováním výsledků experimentů, byl dostatečně prokázán též vlastní vědecký přínos autorky práce a její orientace v dané problematice, na základě dostačujících teoretických znalostí, svědčící o její schopnosti samostatně vědecky pracovat.

Byl prokázán též velký podíl práce na rozšíření poznatků, důležitých nejen pro rozvoj vědního oboru, ale vzhledem ke konkrétním a věcným závěrům s detailním vyhodnocením výsledků lze předpokládat i jejich následné využití v praxi.

V průběhu obhajoby by bylo vhodné položit autorce práce ještě následující dva dotazy:

- 1) Popište možné důvody vzniku lokálních krčků, které se při statické tahové zkoušce projeví na zkušebním tělese za teploty 230 °C
- 2) Vysvětlete tak velkou rozdílnost mezi hodnotami, získanými při SZT a vypínání tvarových přístřihů v tabulce 12.10

Na základě uvedených závěrů doporučuji předloženou práci jednoznačně k obhajobě, a po jejím úspěšném ukončení doporučuji, aby doktorandce byla udělena vědecko – akademická hodnost a titul Ph.D.



Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

V Brně dne 29.11.2016

Oponentní posudek disertační práce.

Uchazeč:	Ing. Monika Bělková
Název disertační práce:	Charakteristika materiálu a rozvoj hořčíkových plechů v oblasti mezních stavů
Školící pracoviště:	TUL v Liberci, Fakulta strojní, Strojírenská technologie.
Školitel:	doc. Ing. Pavel Solfronk, PhD
Oponent:	doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc, FEng

1. Základní parametry disertační práce.

Disertační práce je logicky členěna do 16 ti kapitol. Na úvodní kapitolu navazuje 2 kapitola, kde jsou přehledně shrnuty cíle disertační práce. V kapitole 3 je popsán význam koncentrace na výzkum a vývoj zpracování hořčíku. Kapitola 4 se zabývá klasifikací slitin hořčíku. Součástí kapitoly 5 je popis technologie výroby hořčíkových plechů a v kapitole 6 jsou shrnuty metody tváření hořčíkových plechů. Kapitola 7 popisuje soubor charakteristik deformačního chování, nejdříve obecně a pak se zaměřením na hořčíkové slitiny. Kapitola 8 stručně popisuje průběh procesu zotavení, rekrystalizace a růstu zrn a kapitola 9 se zabývá hodnocením hořčíkových plechů.

Kapitolou 10 začíná vlastní jádro disertační práce – experimentální část. Jsou zde znovu stanoveny cíle experimentální části disertační práce. V navazujících kapitolách jsou popsány charakteristiky zkoumaného materiálu a metody stanovení mechanických vlastností hořčíkových slitin. Kapitola 13 se zabývá vlivem teplot při zpracování hořčíkových slitin, včetně diskuse výsledků. Kapitola 14 se zabývá doporučením dalšího výzkumu a v kapitole 15 jsou shrnuty přínosy disertační práce. Závěr práce je stručný, přehledný a dokumentuje splnění výchozích cílů předkládané práce.

Práce má 135 stran včetně 78 ti obrázků, 40 ti grafů a 16 ti tabulek.

2. Hodnocení disertační práce.

Disertační práce Ing. Moniky Bělkové potvrzuje schopnost vědecké práce disertantky na odpovídající úrovni. Kandidátka předložila práci vysoké odborné úrovně. Práce je zaměřena na charakteristiky a komplexní posouzení tvářitelnosti hořčíkových plechů. Jedná se tak o téma velmi aktuální zejména pro automobilový průmysl. Současná legislativa silně ovlivňuje výrobce automobilů a vyžaduje kontinuální snižování spotřeby pohonných hmot i vlastních emisí, což se projevuje mimo jiné i tlakem na vývoj tzv. lehké konstrukce automobilové karoserie. Uplatňují se tak specifické konstrukční systémy i hybridní materiálové koncepce. Hořčík je pak s ohledem na svoji měrnou hmotnost velmi perspektivním materiálem. Předkládaná disertační práce metodicky přináší informace a postupy k jeho posuzování. Teoretická část obsahuje hlubší poznatky o základních specifikacích daného materiálu, tedy především jeho vlastní krystalografické stavbě – hexagonální těsně uspořádané mřížce (HCP). Poznání této specifikace, silně ovlivňující plastické chování materiálu, je pak určující pro vlastní experiment a návrh metodiky testování. Teoretická řešerše i vlastní praktická část jsou vypracovány na dobré technické a odborné úrovni a odpovídají vědeckému pojetí dané problematiky. Vlastní experiment je značně rozsáhlý a zahrnuje statickou zkoušku tahem, zkoušky za víceosého namáhání i strukturní materiálový rozbor. Ústřední problematikou celé práce je teplotní závislost prováděných experimentů, která vedla ke konstrukci speciálního temperovaného zkušebního zařízení. Metodicky byly zvoleny pro hodnocení plastického chování materiálu postupy aplikovatelné pro tváření za studena a to i přesto, že experimenty probíhaly i nad teplotou rekrystalizace. To vedlo na mnoha místech k potvrzení obecně platných skutečností v oblasti tváření za tepla, tj. charakteristických

odpevňovacích procesů. V úvahu přichází, zda by se pro hodnocení tvářitelnosti hořčíku nad rekrystalizační teplotou neměly spíše využívat metody pro plastické hodnocení při tváření za tepla. Autorka dostatečně prokazuje své odborné znalosti nejen touto prací, ale i počtem a kvalitou prací, které v tomto oboru prezentovala na mezinárodních konferencích a publikovala v odborných recenzovaných časopisech.

2.1. Původnost práce.

Problematice zpracování hořčíkových plechů se autorka věnuje systematicky celou dobu své odborné činnosti. Takto cíleně a v detailu se uváděnou problematikou zatím nikdo, dle dostupných zdrojů, nezabýval. Předkládanou práci lze považovat za původní.

2.2. Vědecká úroveň práce.

Práce je zaměřena zejména experimentálně s dostatečným teoretickým úvodem. Své teoretické znalosti využila autorka ke stanovení strategie postupu prováděných experimentů s jasnou orientací na vytčené cíle. V průběhu řešení úkolu prokázala autorka schopnost vědecky pracovat s odpovídající odbornou erudicí. Kandidátka prokázala znalosti a zkušenosti, jak analytické, tak i syntetické vědecké práce. Vědecká úroveň předkládané práce je těmito skutečnostmi jednoznačně prokázána.

2.3. Aktuálnost práce z hlediska současného stavu vědního oboru.

Zaměření práce úzce souvisí s konkrétními potřebami reagovat na měnící se legislativní předpisy v oblasti ekologičnosti a bezpečnosti dopravních prostředků. Zaměření na snižování hmotnosti vozidel vede k výzkumu a vývoji stále nových materiálů a technologií jejich zpracování. Hořčíkové slitiny mají stále větší perspektivu užití díky výbornému poměru hmotnosti a pevnosti. Nevýhodou použití hořčíkových slitin je jejich cena. Předkládaná práce se detailně zabývá optimalizací využití vlastností hořčíkových slitin vhodným zpracováním za různých teplot. Proto předloženou práci hodnotím jako velice aktuální.

2.4. Splnění vytčených cílů a přínosy disertační práce.

Hlavním cílem předkládané disertační práce bylo přinést ucelené teoretické informace o mechanismech plastického přetvoření kovů s hexagonální mřížkou a provést experimentální výzkum deformačního chování slitiny hořčíku AZ31B-O ($MgAl_3Zn_1$) ve formě plechu o tloušťce 1,4 mm při různých teplotách tváření. Ke splnění hlavního cíle práce byly vytčeny následující dílčí cíle:

- Rešerše způsobu výroby a možnosti využití tenkých hořčíkových plechů v průmyslu
- Rešerše specifického deformačního chování slitin s hexagonální mřížkou a charakteristika základních materiálových vlastností
- Stanovení metodiky pro experimentální výzkum deformačního chování materiálu při různých stavech napjatosti a teplotě.
- Dle stanovené metodiky provedení experimentálního výzkumu mezních stavů deformace tenkých hořčíkových plechů
- Výzkum vlivu skluzových rovin krystalografické mřížky v závislosti na teplotě a na tvářitelnosti hořčíkových tenkých plechů.

Výstupem disertační práce je vlastní návrh metodiky zkoušení a její využití k hodnocení tvářitelnosti slitin s HCP mřížkou. Hlavním výstupem práce je pak konstatování a doporučení pro zpracování této slitiny za procesních teplot 100–230 °C. Cíle práce byly splněny, technologické i ekonomické přínosy předkládané práce jsou významné.

2.5. Formální stránka práce.

Po formální stránce je práce vypracována na výborné grafické i stylistické úrovni. V textu nejsou téměř žádné překlepy ani nepřesnosti (snad jedině na str. 37, je popis tabulky nad tabulkou, jinak všechny popisy obrázků i tabulek jsou pod tabulkami nebo obrázky). V úvahu stojí také užitý font písma, kdy nadpis psaný velkými písmeny začíná písmenem ještě větším, než velkým, což není pro technické práce zcela běžné.

2.6. Dotazy a připomínky k disertační práci.

- Proč byly v rámci experimentu zvoleny právě teploty: pokojová 22°C a potom 100 °C, 230 °C a 280 °C.? Proč zrovna tyto teploty a ne jiné?
- Jak, podle Vašeho názoru, ovlivní užití hořčíku technologie 3D tisku?
- Co považujete za hlavní přínos Vaší práce?

3. Závěry posudku disertační práce.

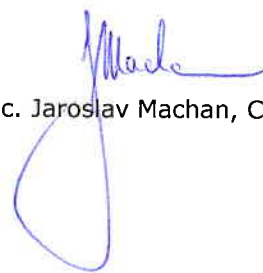
Ing. Monika Bělková prokazuje schopnost v dané oblasti pracovat tvůrčím způsobem. Práce přináší řadu nových poznatků a výstupů a svědčí o vysokých odborných schopnostech disertantky. Odbornost autorky dokládá i její publikační činnost.

Na základě předložené disertační práce, uvedených závěrů a přiložených dokladů doporučuji předloženou práci k obhajobě, a po jejím úspěšném ukončení doporučuji, aby byla doktorandce udělena vědecko-akademická hodnost a udělen titul PhD.

V Mladé Boleslavi, dne 11.1.2017

Op_posudek_dis_prace_Belkova_20170120v1

Ing. Doc. Jaroslav Machan, CSc, FEng



Děkan TU v Liberci

Pan prof.Dr.Ing.Petr Lenfeld

Oponentní posudek disertační práce Ing. Moniky Bělkové

Téma : *Charakteristika materiálu a rozvoj deformace hořčíkových plechů v oblasti mezních stavů*

Technická univerzita v Liberci, fakulta strojní

Studijní program – P 2303 Strojírenská technologie

Studijní obor 2303V002 – Strojírenská technologie

Školitel : doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.

Liberec 2016

Předložená práce obsahuje 135 str. textu, 131 obr., 14 tab. Součástí práce je příloha na CD uspořádaná do čtyřech skupin: Příloha A - Produktový list firmy MgF Magnesiumflachprodukte, Příloha B- protokoly ze statické zkoušky tahem materiálu AZ31B-O, Příloha C- snímky referenčních vzorků rozložení maximální deformace při jednoosém zatěžování materiálu AZ31B-O, Příloha D- Snímky referenčních vzorků rozložení maximální deformace z naměřených DMP materiálu AZ31B-O.

Jedná se o velice aktuální téma. Použití hořčíku je jednou z možností snižování hmotnosti karoserií osobních automobilů. S tím souvisí stálé tlaky na snižování spotřeby pohonných hmot, snižování znečištění vzduchu exhalacemi CO₂ a NO_x. Je to stálé téma. Problem souvisí i ekologií a likvidací starých karoserií. Na úvod je v práci uvedeno posouzení materiálových vlastností Mg a jeho slitin. Následuje v kap. 5 pojednání o výrobě Mg plechů. V kap.6 je pojednání o tváření Mg a jeho slitin. Kap. 7 je pojednáno o napětí a následně o deformaci skluzem a dvojčatěním. Následuje zotavení a rekrytalizace včetně dynamické. V kap. 9 je hodnocení statickou zkouškou tahem – C a n, jejich získávání regresí a význam DMP-diagram mezních přetvoření, včetně popisu jejich experimentálního získávání. Je nutné podotknout, tyto zkoušky se provádějí za tepla. Z literatury vyplývají teploty kolem 225°C. Cíle práce jsou uvedeny na str.19 v úvodu a dále Cíle experimentální práce jsou na str.68. Hodnocení tvařitelnosti Mg se

provádělo pomocí jednoosé statické zkoušky tahem a z naměřených křivek mezních deformací DMP. Zkoumaný materiál byl, Mg plech $s = 1,4$ mm jakosti AZ31B-O. K měření deformací a jejich vyhodnocování byl použit měřicí systém ARAMIS a od firmy GOM. Jedná se o nejmodernější způsoby tváření slitin Mg.

Jednosé statické zkoušky se prováděly podobně jako zkoušky pro zjišťování DMP v laboratořích Strojírenské technologie TU v Liberci. Z trhacích zkoušek byly zjištěny základní mechanické hodnoty $R_{p0,2}$, R_m , tažnost A_{80} . Z naměřených hodnot byly regresí zjištěny hodnoty koeficientů C a exponent deformačního zpevnění n . Dále byly určeny hodnoty KUT, UH a byly zjištěny hodnoty normálové anizotropie. Zkoušky byly provedeny při teplotách 22°C , 100°C , 230°C , 280°C . Vzorky byly odebírány ve směru 0° , 45° a 90° ke směru válcování. Vyhodnocení bylo provedeno pomocí SW LabNet v.4. Hodnoty C a n byly zjišťovány pro interval dolní mezní deformace $\varphi = 0,4$ a horní deformaci odpovídající pevnosti materiálu. Celkem bylo sledováno 42 vzorků. Podrobný popis zkoušky je v kap. 12. Diskuze výsledků je v kap. 12.1.4. Obecný závěr je ten, že s rostoucí teplotou klesají přetvárné odpory a zlepšuje se tvařitelnost materiálu. Největší nárůst tažnosti byl pro vzorky odebírané ve směru válcování, mezi teplotou 22°C a 100°C a to pro tažnost A_{80} 39,97%. Pomocí systému Aramis byl zjištěn pokles r s rostoucí teplotou tváření. Při 280°C r klesla na hodnotu 1,25, kdy dochází k velikému úbytku tloušťky, tudíž podmínek nevhodných již pro tváření.

Zkoušky při víceosém namáhání –zkoušky DMP

Pro tento účel bylo nutné zkonstruovat, vyrobit lisovací nástroj s topným zařízením. Vše pro lis CBA 300/63. Návrh nástroje provedla Konstrukce a výroba lisovacího nářadí ve Škoda Auto, k tomu firma ELKO Technik s.r.o, navrhla kompletní ohřev. Návrh a dodání pece s elektronickou regulací provedla firma ELSKLO s.r.o. Vzorky vyrobila firma PTV Jets. Postup je v kap. 12.2. Zkoumány byly tři směry pro $m_\varphi = -0,5$; 0, 1. Teploty byly stejné jako při provádění trhacích zkoušek 22°C , 100°C , 230°C , 280°C . Zkoušky DMP při teplotě 22°C prokázaly, že při této teplotě nelze plech tvářet, stejně jako to činí výrobce. Deformace byly sledovány pomocí optického systému ARAMIS. Dohromady se zkoušelo 126 vzorků, pro každý muselo být rovnoměrné prohřátí, spočívající ve výdrži na teplotě tváření. Bylo to časově velice náročné. Odběr vzorků byl proveden ve třech hlavních směrech oproti směru válcování 0° , 45° a 90° . Systém ARAMIS zaznamenává rozložení maximálních deformací v okamžiku mezního stavu, tj. před vznikem trhliny. Pro levou část regresní křivky je provedeno srovnání

výsledků zkoušek trhacích a zkoušek pro získávání DMP, zde značených KMP. Rozdíl je značný, který disertantka zdůvodňuje vlivem tření při získávání DMP. V závěru uvádí vliv směru odebíraného vzorku. Nejvyšší hodnoty deformací vykazuje pro všechny testované teploty materiál odebraný ve směru válcování. Všechny hodnoty deformací zjištěné SZT byly vyšší než u DMP. Tření se nepodařilo vyloučit ani při použití teflonové folie a grafitové pasty. Jednalo se pouze o snížení rozdílu.

Na závěr byly provedeny zkoušky hodnocení jejich struktury na metalografickém mikroskopu OLYMPUS GX71. Bylo provedeno hodnocení jejich struktury získaných při teplotách zkoušení. Vzorky byly sledovány rovněž z hlediska dvojčatění a stejně také dle velikosti zrna dle ASTM E112. Rovněž bylo provedeno mikroskopické sledování tvaru a charakteru lomu na vzorcích získaných při všech teplotách tváření. Analýza pro sledování vlivu teploty tváření a charakteru lomu byla prováděna na rastrovacím elektronovém zařízení Carl Zeiss ULTRA Plus. Při teplotách 22° a 100°C lom lze označit jako kvazi-křehký. Pro teploty 280°C lom lze označit jako tvárný s důlkovou morfologií.

V závěru disertantka hodnotí jako doporučené rozmezí tvářecích teplot 100°C až 230°C, kdy materiál vykazuje dostatečné plastické vlastnosti. Zajímavou kapitolou je hodnocení možných návazností na tuto disertační práci. Možností je celá řada včetně sledování dvojčatění pomocí akustické emise. Otázkou je kam směřovat tuto širokou problematiku. Zde provedené hodnocení ukazuje možnosti hodnocení Mg plechů jako takové, z hlediska materiálu.

Výsledky práce jsou přínosem pro rozvoj vědního oboru plošného tváření.

Disertantka splnila cíle práce stanovené na str.19, 68,69. To by mělo být v jednom a to před experimentální částí. Hlavním přínosem je vytvoření metodiky k základnímu hodnocení tvařitelnosti Mg plechů při zvýšených teplotách, jak zkouškou trhací tak zkouškou DMP. Pro měření deformací bylo úspěšně použito optické zařízení ARAMIS od firmy GOM. Vypracováním prokázala, že ovládá vědecké metody práce a má hluboké znalosti v oboru .

Dotaz: Okrajové podmínky ovlivňující tvařitelnost hořčíkového plechu, které to jsou a jak by šel jejich vliv hodnotit?

Práce splňuje podmínky kladené na disertační práci dle vysokoškolského zákona. Doporučuji ji k obhajobě před jmenovanou komisí na TU v Liberci a potom k udělení titulu PhD.

2.12.2016


doc. Ing. Jan Šanovec, CSc.

ČVUT Fakulta strojní, ústav strojírenské technologie

Technická 4, 166 07 Praha 6