

Technická univerzita v Liberci
Děkan
prof.Dr.Ing.Petr Lenfeld

Posudek disertační práce pana Ing. Tomáše Jíry

Téma : „Vliv materiálů na velikost kritických deformací“

Práce byla vypracována ve studijním programu P2303 Strojírenská technologie, studijním oboru 2303V002 Strojírenská technologie

Vedoucí práce doc. Ing.Pavel Solfronk, Ph.D.

Práce předložená k recenzi je rozvržena do 20 kapitol, má celkově 128 stran včetně 80 obr., 16 Tab. a 7 příloh (3 přílohy P1, 3 přílohy P2, po jedné příloze P3,P4, P5,P6,P7). V textu je citováno 64 literárních zdrojů, publikací autora je uvedeno 14, včetně ISBN nebo ISSN.

Jedná se o stále *aktuální téma*, i když název práce je zdánlivě zcela jiný. *Snižování zmetkovitosti* hraje velice důležitou roli při výrobě karosářských dílů. Zcela vyloučit zmetkovost v seriové výrobě v podstatě nejde. Výsledná kvalita vylisku je komplexní problém. Souvisí v první řadě se zvoleným materiálem, s konstrukcí výtažku, jeho technologičností, navrženým výrobním procesem, jeho kontrolou, výrobním zařízením a ochranou životního prostředí a v neposlední řadě s ekonomikou. V této práci se jedná o výrobu ocelových karoserií. V současné době jsou realizovány snahy tyto materiály nahradit jinými lehčími konstrukcemi na bázi Al, Mg, či sendvičových konstrukcí či jiných materiálových kombinací. I v těchto případech bude ovšem nutné řešit problematiku zmetkovitosti.

V práci řešený problém se týká výroby dílu postranice Rám Combi pravý. Kde docházelo k náhodným trhlinám. Vylisek je označován jako extrémně náročný karosářský díl. Proběhlo podrobné sledování lisovacího cyklu s ohledem na lisovaný materiál. Lisované materiály byl zvoleny vždy z materiálu jakosti označeném DC 06 ZE 50/50 BPO) DIN EN 10 152 o tloušťce 0,75 mm. Byly vybrány od této jakosti dva svitky a to s označením Svitek D – dávající dobré vylisky a Svitek V–dávající vadné vylisky. Vadné vylisky vykazovaly trhliny

v oblasti sloupku C. Tyto dva materiály byly sledovány **statickou zkouškou tahem** a to ve třech směrech ke směru válcování. Největší rozdíly v mechanických vlastnostech materiálu mezi vadným a dobrým výliskem byly v rozmezí 5%. Sledována byla pevnost, mez kluzu, tažnost. Dále byla vyhodnocena KUT (komplexní ukazatel tvařitelnosti) pro oba svitky. Z výsledků analýz je patrné, že predikce následně problematického materiálu je na základě provedené statické zkoušky nemožná. Oba materiály jsou vhodné nemohou být předmětem reklamačního řízení. Dále bylo prováděno pro oba svitky **měření drsnosti povrchu**. Bylo provedeno drsnoměrem MAHR MARSURFPSI. Zjištěno bylo pro oba svitky Ra, Rz a R_{Pc}. Na základě porovnání výsledků pro oba materiály, nevykazují odchylky, které by mohly mít vliv vznik trhlin v oblastech mezního přetvoření. Oba materiály splňují hodnoty drsnosti dané kmenovou kartou a nelze je postoupit reklamačnímu řízení.

Jako třetí způsob hodnocení svitků D a V byly sestaveny diagramy mezních přetvoření DMP (jinak KMP). Jedná se o podrobné zmapování chování zkoušených materiálů, společně s křivkami určujícími oblast mezních deformací. K jejich určení a stanovení byl použit optický systém ARAMIS, podrobně popsány v kap. 6.3. a 6.3.1. Tyto optické systémy umožňují zachycovat tvar a polohu dílčích objektů pomocí snímků na základě exaktního měření. Tato metoda je nazývána fotogrammetrií. Řešení problému spočívá v určení, pro jak definovaný mezní stav a jakým způsobem se bude zjišťovat velikost dosaženého přetvoření, jež bude považováno za mezní. Tento mezní stav lze definovat pro rozmezí meze pevnosti a okamžiku vzniku tvárného lomu. Oba takto zvolené mezní stavy představují krajní hranice. Následuje podrobný popis a rozbor této metodiky, včetně okamžiku vzniku lokálního ztenčení. Toto hodnocení je použito v experimentální části. V kap. 7 je zpracována **teorie lomů**. Jedná se o klasifikaci, štěpné a tvárné porušení kovů. Transkrystalické a interkrystalické porušení kovů a křehký lom.

V kap. 8 jsou definovány **cíle experimentální části**. Hlavním přínosem práce je objasnění a v nalezení příčiny vzniku plastické nestability při technologii výroby karosářských výlisků. Je prováděna materiálová a technologická analýza pro komplexní objasnění této problematiky. Zejména potom je sledován vlivu použitého materiálu na rozvoj plastické deformace v oblastech mezního přetvoření. Vhodný materiál pro experiment byl zvolen v kap. 9. V kap. 10 je provedeno ověření mechanických hodnot zvolených materiálů, včetně

drsnosti povrchu. V kap. 11 je **provedeno sestavení diagramů mezních přetvoření**. To odpovídá ISO/DIS 12004-2. Diskuze výsledků je provedena v kap. 11.2. Procentuální rozdíl mezi materiálem D a V dosahuje max. 9%. Materiál D vykazuje schopnost lepšího přetvoření a to ve všech oblastech grafu. To potvrzuje jeho lepší vhodnost pro tváření nepravidelných výlisků. Materiál V také na základě těchto křivek vykazuje vhodnost pro tváření karosářských dílů. Následně bylo přikročeno v kap. 12 ke sledování rozvoje plastické deformace. Byly sledovány deformace na vzorcích stejných jako pro zjišťování DMP. Dělo se také ve stejném nástroji na hydraulickém lisu CBA 300. Kriteriem ukončení zkoušky byl vznik trhliny na testovaném vzorku. Deformace byly sledovány pomocí systému ARAMIS. Vynesené diagramy závislosti hlavní deformace na hloubce tahu potvrdily větší hloubku přetvoření pro materiál D, což se dalo očekávat.

V experimentální části se tak nepodařilo zdůvodnit vznik nestabilit - namoženin a trhlin. Bylo proto přikročeno k materiálovému výzkumu na Univerzitě v Pardubicích. Sledovány byly především problémy stabilizace, podíl Nb a stabilizace založené na Ti a Al. Hodnocení zrn bylo provedeno obrazovou analýzou systémem AnalySis DOCU Olympus. Zaměřeno bylo na vliv geometrických parametrů v různém stavu plastického přetvoření. Tyto zkušební vzorky byly odebrány v oblasti mezních přetvoření, kolmo na směr namoženiny popř. trhliny. Byl ke sledování použit elektronový mikroskop řady Tescan VEGA 5130 SB. Sledovány byly hrubé primární precipitáty typu TiCN a TiN. Dále jemné precipitáty typu $Ti_4C_2S_2$, které vznikají při opakovaném ohřevu a tepelném zpracování oceli při teplotách 1250°C až 950°C. Vedle presence precipitátů primárních produktů byly zjištěny skupiny velice jemných precipitátů. Dělo se tak pomocí EDX analýzy. Dále byly prokázány inkluze Al_2O_3 , které v případě výskytu ve shluku, mohou způsobit iniciaci plastické nestability-krčku. Zde vedou k iniciaci mikrotrhlin a ke změně morfologie a průběhu lomu. U svitku jakosti V byl zjištěn v povrchové vrstvě výskyt specifických fází. Jedná se o oboustranně metalograficky pozorované pásmo a odlišným sortimentem i charakterem precipitátů. Tato povrchová vrstva je oboustranná o tloušťce 80 μm . Identifikovaná jako interkrystalické fáze se zastoupením Zn, důsledkem je vznik intermetalických fází na bázi Fe a Zn. Impulzem k této práci byla nemožnost prokázání nároku na reklamaci. Jednalo se o materiály, které vykazovaly možnost vzniku trhlin při tváření. Výzkumná část práce se

soustředila na takto problematické materiály. Došlo tak k využití poznatků z teorie tváření a z vědního oboru materiálového inženýrství. Byl stanoven materiálový ukazatel intermetalické fáze Fe-Zn. Ten byl zjištěn u všech vzorků ze svitku V. Na základě toho byla upravena metodika vyhodnocení kvality jakosti dodávaných ocelových plechů, což dodavatel odsouhlasil. Souhlasil také s tím, že svitek V byl z důvodů špatné povrchové kvality podruhé zinkován. Dodavatel svitků upozornil, že i tento materiál dosahuje předepsaných materiálových hodnot dle požadavků zákazníka, které odpovídají EN 10 152. Pro extrémně namáhané dílce není možné dodávat výrobcí sériových dílů modifikované oceli. Vzniklé závěry z provedených analýz a experimentů jsou jasným vodítkem řešení situace, kdy není možné identifikovat příčiny vzniku plastické nestability pomocí běžných testů. Opakovaně elektrolyticky zinkované ocelové plechy není možné používat k výrobě extrémně složitých karosářských výlisků.

Dotaz: Součástí dodávky plechů pro hluboké tažení jsou i atesty. Chemického složení, pevnostní hodnoty, křivky DMP, KUT. Jak budou inovované atesty rozšířeny a zda vůbec, či je to pouze součástí dodacích předpisů. Jak to zvýší cenu plechu. Nebylo by jednodušší a levnější používat pouze svitek jakosti D ?

Disertant splnil všechny cíle uvedené na str. 57. Tato práce je aktuální. Podrobně se věnoval rozboru literatury, i když v některých případech to v práci nepoužil. Např. problematika lomu. Práce má význam pro dva obory. První je teorie tváření a s ní související technologie tváření, druhou oblastí je vliv jakosti materiálů na velikost kritických deformací při tváření. Disertant dokázal, že ovládá vědecké metody práce, podložené hlubokými teoretickými znalostmi. Po odborné stránce se jedná o velice širokou oblast, ve které se úspěšně orientoval. Práce svým rozsahem a způsobem vypracování odpovídá požadavkům, kladeným na PhD. práce dle vysokoškolského zákona. Doporučuji k obhajobě před komisí jmenovanou děkanem TU fakulty strojní v Liberci.

9.12.12 2016


Doc. Ing. Jan Šanovec, CSc.

ČVUT, fakulta strojní, Technická 4, Praha 6
Ústav strojírenské technologie

Oponentní posudek disertační práce.

Uchazeč:	Ing. Tomáš Jíra
Název disertační práce:	Vliv materiálů na velikost kritických deformací.
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.

Předkládaná disertační práce se skládá ze 14 ti kapitol. Na úvodní kapitolu navazuje 2 kapitola, kde jsou popsány technologie tváření karosářského dílce. V kapitole 3 je popsána stavby karoserie z hlediska materiálů použitých pro polotovary. Kapitola 4 se zabývá mechanizmy zpevnění hlubokotažných ocelí. Součástí kapitoly 5 je popis diagramů mezních přetvoření a v kapitole 6 je shrnut úvod do teorie lomů.

Kapitolou 7 začíná vlastní jádro disertační práce – experimentální část. Jsou zde navrženy vhodné materiály pro experiment a popis metod pro ověření mechanických hodnot vybraných materiálů. Součástí kapitoly 10 je sestavení diagramů mezních přetvoření a kapitola 11 navazuje popisem sledování rozvoje plastické deformace. Kapitola 12 se zabývá materiálovým rozbořem včetně diskuse výsledků. Kapitola 13 se zabývá doporučením dalšího výzkumu a v kapitole 14 jsou shrnuty výsledky práce. Závěr práce je poněkud rozsáhlejší, velice popisný na úkor přehlednosti shrnutí dosažených výsledků.

Práce má 124 stran včetně 80 ti obrázků.

2. Hodnocení disertační práce.

Disertační práce Ing. Tomáše Jíry potvrzuje schopnost vědecké práce disertanta na odpovídající úrovni. Kandidát předložil práci vysoké odborné úrovně, zabývající se metodami ověřování technologických a materiálových parametrů polotovarů. Pro analýzu byly vybrány materiály používané pro výrobu karosářských výlisků nepravidelného tvaru (Rám Combi pravý). Autor dostatečně prokazuje své odborné znalosti nejen touto prací, ale i počtem a kvalitou prací, které v tomto oboru prezentoval na mezinárodních konferencích a publikoval v odborných recenzovaných časopisech.

2.1. Původnost práce.

Problematice tváření tenkých plechů se autor věnuje systematicky celou dobu své technické 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.

Disertační práce je zaměřena zejména experimentálně s dostatečným teoretickým úvodem. Svě teoretické znalosti využil autor ke stanovení strategie postupu prováděných experimentů s jasnou orientací na vytčené cíle. V průběhu řešení úkolu prokázal autor schopnost vědecky pracovat s odpovídající odbornou erudicí. Kandidát prokázal 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 měnících se podmínek v dostupnosti konstrukčních materiálů a stále se rozvíjejícími technologiemi jejich zpracování a výroby produktů. Proto předloženou práci hodnotím jako velice aktuální.

2.4. Přínosy disertační práce.

Technologické i ekonomické přínosy předkládané práce jsou významné. Konkrétní zaměření práce bylo iniciováno potřebou řešení nestability technologického procesu lisování extrémně náročného dílce, která je dána nepravidelností tvaru (Rám Combi Pravý). Náročným experimentálním postupem bylo specifikováno, že stejně označené svitky, vyhovující přejímacím podmínkám, norma EN 10 152 (tedy nereklamovatelné) se lišily počtem pozinkování. Výsledkem disertační práce je tedy jednoznačná odpověď na příčinu nestability technologického procesu lisování. Dalším, neméně důležitým, přínosem disertační práce je vytvoření systematického postupu (procesu) užití testů pro zjišťování charakteristických parametrů dodávaných polotovarů.

2.5. Formální stránka práce.

Po formální stránce je práce vypracována na odpovídající úrovni. V textu se však vyskytují drobné nedostatky, které by se v disertační práci neměly vyskytovat. Např. Obsah, str. 5, 3. kapitola, místo podkapitoly 3.1 je uvedena podkapitola 4.1., nebo: str.19, obr.7. WORD upozorňuje na nenalezení odkazu a toto hlášení je ve vázaném originálu práce ponecháno, atp.

2.6. Dotazy a připomínky k disertační práci.

- V jaké oblasti výroby karoserie vidíte potenciál v uplatnění technologie 3D tisku?
- Uvažuje se na základě této práce o zpřísnění přejímacích podmínek?
- Jaké vidíte další využití vysokopevnostních ocelí především pro za tepla tvářené ocelové plechy?

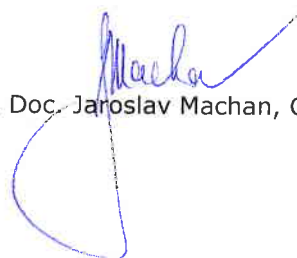
3. Závěry posudku disertační práce.

Ing. Tomáš Jíra prokazuje schopnost v dané oblasti pracovat tvůrčím způsobem. Práce přináší řadu nových poznatků a výstupů a svědčí o vysokých odborných schopnostech disertanta. Odbornost autora dokládá i jeho 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 doktorandovi udělena vědecko-akademická hodnota a udělen titul PhD.

V Mladé Boleslavi, dne 11.1.2017

Ing. Doc. Jaroslav Machan, CSc, FEng



Recenzní posudek doktorské disertační práce

Název práce : **Vliv materiálů na velikost kritických deformací**

Autor práce : Ing. Tomáš JÍRA

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

Recenzent: Doc. Ing. Pavel RUMÍŠEK, CSc.

Předkládaná disertační práce obsahuje na 107 stranách textu a 10 listech dokumentačních příloh kapitoly, týkající se teoretické, experimentální a tabulkové části, doplněné anotací s prohlášením, přehledem použitých symbolů a zkratk, seznamem literatury a přehledem publikační činnosti autora k tématu disertační práce.

Jak plyne z názvu práce, doktorand řešil poměrně složitou část výzkumu, zabývajícího se vlivem různých typů materiálu na velikost kritických deformací. Konkrétně se zde jednalo o výzkum mezních deformací u hlubokotažných materiálů s predikcí možného výskytu strukturálních příčin jejich nestabilního chování což bylo následně u vzorků, odebraných ze dvou různých svitků materiálu s označením DC 06 ZE 50/50 BPO experimentálně ověřeno.

Po prostudování práce musím již úvodem hodnocení konstatovat, že práce je zpracována logicky správně a je patrná rovněž dostatečná orientace doktoranda v celé oblasti, týkající se této problematiky.

Cíle disertační práce, odpovídající jejímu názvu, jsou zde v 5 bodech definovány přehledně a nemám k nim žádné připomínky.

Teoretická část práce je přehledná, literárními odkazy dokumentována, a mimo drobných formálních nedostatků a překlepů je obsahově i věcně správná.

Vzhledem k použití zkoumaných materiálů je vstupní kapitola zaměřena na oblast technologie tváření karosářského dílce s detailním popisem faktorů, které proces tažení ovlivňují (nástroj, materiál, technologické parametry a konstrukce výtažku).

S ohledem na zaměření výzkumu je další kapitola věnována rozboru různých typů materiálů, používaných ve stavbě automobilové karoserie. Zde hodnotím zvláště část, specifikující nízkouhlíkové hlubokotažné plechy (IF oceli a oceli s BH efektem atd.).

Další důležitá kapitola uvádí dobře zpracovanou a obsáhlou specifikaci mechanismů zpevnění ocelí, diagramy mezních přetvoření včetně definice, různé typy zkoušek a experimentálního určení mezních přetvoření, včetně využití optických systémů, kde je detailně uveden taktéž způsob měření deformací pomocí optického systému ARAMIS.

Poslední kapitolou teoretické části je poměrně dobře zpracovaný popis a klasifikace lomů v kovech z hlediska makro- i mikro- pohledů a taktéž přiblížení křehkého lomu ocelí.

Přestože je práce zpracována poměrně pečlivě, musím konstatovat, že zvláště v teoretické části se vyskytuje množství drobných formálních nedostatků, kde bych jako příklad mých připomínek uvedl alespoň některé drobné výhrady k úvodní části, zabývající se metodikou technologie tváření karosářského dílce:

- Str.13 - ... operaci plechu, která probíhá... (vypustit slovo „plechu“)
- ... se tažení liší na mělké a hluboké... (nahradit slovo „liší“ např. slovem „dělí“)
- Str.16 - ... uskutečňuje pomocí mechanických (nahradit „pomocí“ např. „na základě“)
- Str.19 - ... nedokážou vyvážit snížení hmotnosti s ní spojené... ?
- ... v neposlední řadě i k poměrně dobře zvládnuté ... ?
- Str.20 - ... Na efektivní využití materiálových vlastností daného materiálu umožňují... ?

Uvedené, ale dále již nespecifikované drobné nepřesnosti textu sice svědčí o nedostatečné korektuře autora před tiskem, nesnižují však podstatně obsahovou a odbornou úroveň celé literární rešerše.

Úvodní oddíl **experimentální části práce** specifikuje přehledně ve 4 bodech jednotlivé cíle práce. Jedná se především o určení vhodných materiálů pro experiment, provedení mechanických zkoušek s následnou konfrontací výsledků s materiálovými listy, stanovení deformačního chování v závislosti na stavu napjatosti, a využití materiálových analýz s cílem objasnění možného vlivu struktury na rozvoj plastické deformace.

Další kapitola uvádí způsob výběru vhodného testovacího materiálu, jeho označení pro další ověření a popis statické tahové zkoušky s následnou diskuzí výsledných hodnot, zpracovaných ve formě grafických a tabulkových výstupů v textu i přílohách práce. Lze konstatovat, že přestože toto měření prokázalo zajímavé výsledky (vyšší mez kluzu i pevnosti a nižší hodnoty tažnosti pro vzorky V), následným porovnáním s hodnotami, danými výrobcem materiálu se nepotvrdilo, že by materiál měl být výrobně problematický. Obdobnou shodu s hodnotami, danými výrobcem vykazovalo i následné měření drsnosti povrchu.

Jelikož pro následné rozbory bylo nutno co nejlépe poznat a zmapovat chování vybraných zkoušených materiálů, byly pro tyto účely následně sestaveny diagramy mezních přetvoření společně se stanovením křivek, určujících mezní oblasti. Zde velmi kladně hodnotím především část analýzy mezních přetvoření, provedenou s využitím systému ARAMIS, jejíž popis včetně přípravy zkušebních vzorků a dokumentování výsledných hodnot, jakož i diskuze výsledných hodnot svědčí nejen o dobrém přístupu a znalostech autora, ale též o jeho kvalitním vedení ze strany vedoucího práce.

Velmi dobře je zpracována rovněž navazující část, dokumentující sledování rozvoje plastické deformace, s cílem nalezení mezních stavů přetvoření obou typů zkoušených materiálových vzorků. Připravené vzorky byly vypínané pomocí obdobného zařízení jako v případě sestavení DMP a po zatěžování v nástroji na lisu CBA300 byl kritériem ukončení zkoušky vznik trhliny na testovaném vzorku. Pak byly vzorky proměřeny a stanovena hloubka tahu při vzniku trhliny, určující kritickou mez, využitou následně ke stanovení technologicky přípustné hloubky tahu a hodnoty, která definovala oblast mezních přetvoření.

Protože jedním z cílů práce bylo i stanovení vlivu materiálu na rozvoj plastické deformace v oblastech mezních přetvoření, bylo pro určení deformace následně využito opět systému ARAMIS, s jehož pomocí byly sestaveny křivky, popisující závislost hloubky tahu na velikosti deformace. (grafické závislosti jsou vyjádřeny v obr. 57 – 62 a měření je dokumentováno též v tab.11-12, deformační mapy jsou zobrazeny v obr. 63 – 68). Následná diskuze, vycházející z výsledků zkoušek již pouze potvrdila předpoklad, že vzorky z materiálu „V“ (vadný) dosáhly podstatně nižších hodnot L_k (kritická hloubka tahu) než vzorky označené jako „D“ (dobrý). Obdobně zde byla hodnocena i hodnota L_{km} , což vzhledem ke stavu napjatosti ukazuje na nižší tváritelnost tohoto materiálu.

Pro objasnění příčin rozdílných hodnot mechanických vlastností u zkoumaných materiálů byl ještě v poslední kapitole proveden materiálový rozbor s cílem analyzovat vliv struktury materiálu na rozvoj plastické deformace v oblastech mezních přetvoření. Jednotlivé části tohoto rozboru (chemické složení, stavba zrn, rozbor strukturních fází) jsou zpracovány velmi pečlivě a jsou doplněny obrázky, tabulkami a snímky geometrie zrn. S diskuzí výsledných hodnot bez výhrad souhlasím.

Po prostudování celé experimentální části ji z mého pohledu hodnotím kladně a rovněž poslední kapitola potvrzuje odpovědné zpracování a komplexnost celého projektu.

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 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.

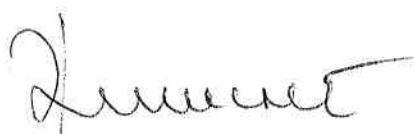
Řešením doktorand prokázal, že ovládá nejen odbornou problematiku, týkající se daného oboru, ale jsou mu blízké i vědecké metody a jejich uplatnění, vedoucí cíleně k hodnotným závěrům, přinášejícím nové poznatky v oboru. Výsledky práce poskytují informace nejen pro další pokračování výzkumných prací v dané problematice, ale mohou být velmi cenné rovněž pro konstruktéry a technology, řešící aplikaci různých materiálů v praxi a to zvláště s ohledem na kvalitu finálních výrobků.

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

V průběhu obhajoby by bylo vhodné položit doktorandovi ještě následující tři dotazy:

- 1) V diskuzi výsledků uvádíte, že u vzorků s označením „V“ (vadné) byla na rozdíl od vzorků, označených „D“ (dobré), detekována souvislá podpovrchová vrstva jemných deskovitých částic, později identifikovaných jako interkrystalická fáze zinku. Vzhledem k tomu, že podle kap. 9 se u obou vzorků jedná o zcela identický materiál, (pouze z jiného svitku) uveďte, jak si vysvětlujete přítomnost této fáze, která nakonec mohla výsledky měření a zkoušek zcela zásadně ovlivnit.
- 2) V kap.15 (Přínos dizertační práce) je v návaznosti na předchozí dotaz uvedeno, že na základě výskytu intermetalické fáze typu Fe-Zn byla upravena metodika určení výstupní kvality jakosti materiálu přímo u výrobce oceli. Jak a v čem se to promítlo následně v metodice a TDP mezi výrobcem a odběratelem?
- 3) Vzhledem k obtížné srozumitelnosti posledního odstavce v kap.14 (Návaznost na dizertační práci) vysvětlete váš záměr „modelování co nejširšího sortimentu stavů napjatosti vzhledem k výskytu jemných precipitátů v daných oblastech“.

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


Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

V Brně dne 29.11.2016