

# OPONENTNÍ POSUDEK DOKTORSKÉ DISERTACE

**Název doktorské disertace:** Vliv rychlosti deformace na polohu FLC křivek

**Autor doktorské disertace:** Ing. Vít Novák

**Školitel:** doc. Ing. Jan Šanovec, CSc.

**Školitel specialista:** Ing. František Tatíček, Ph.D.

**Studijní program:** Strojní inženýrství

**Studijní obor:** Strojírenská technologie

**Katedra:** ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie

**Autor oponentního posudku:** prof. Ing. Radek Čada, CSc.

---

## **1 Aktuálnost zvoleného tématu disertace**

Téma doktorské disertace, tj. vyhodnocení vlivu rychlosti deformace na polohu křivky mezních deformací v diagramu mezních deformací, je aktuální. U vybraných jakostí plechů, které jsou běžně používány v automobilovém průmyslu, byla provedena série technologických zkoušek jejich tvářitelnosti postupem dle ČSN EN ISO 12004-2 (metodou Nakajima) při různých rychlostech deformace, které odpovídají rychlostem používaným při výrobě výtažků v automobilovém průmyslu. Vyhodnocení zkoušek bylo provedeno pomocí bezkontaktních měřicích systémů ARAMIS a ARGUS. Výsledky získané reálnými experimenty byly porovnány s výsledky získanými numerickými simulacemi v programech AutoForm a Pam-Stamp. Kladně lze hodnotit, že doktorská disertace byla řešena ve spolupráci s praxí, konkrétně s lisovnou ve firmě ŠKODA AUTO, a. s.

## **2 Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky, definování a plnění cílů disertace**

Cíle doktorské disertace jsou zformulovány na str. 36 v kapitole 10. Cíle disertace vycházejí z provedené literární rešerše současného stavu poznání u zvoleného předmětu disertace, která je obsažena v kapitolách 1–9. Jedná se o oblasti: materiálový koncept karoserie automobilů, zásoba plasticity materiálu, problematika zvýšené tvářitelnosti, tribologie tvářecího procesu, rychlost deformace, materiálové modely plasticity, optické systémy pro analýzu deformace a numerické simulace plošného tváření s přehledem software. Rozbor současného stavu v disertaci řešené problematiky je proveden na odpovídající úrovni, s mnoha odkazy na odbornou literaturu, tuzemskou i zahraniční.

Dle mého názoru by bylo vhodné za literární rešerši zařadit kapitolu obsahující závěry z předchozích kapitol, které vedou ke zformulování vhodných cílů disertace.

Cíle disertace jsou dle mého názoru zformulovány nepřehledně – nejprve je uvedena část cílů v jednom odstavci ve větách, za mezerou následuje text „Návrh metodiky pro vyhodnocení FLC křivek při vyšších rychlostech deformace.“, u kterého není jasné, zda jde o další cíl, či nadpis. Následuje uvozovací věta „Řešení hlavního cíle práce lze rozdělit na řešení jednotlivých dílčích cílů:“, kdy není jasné, co je zmíněným hlavním cílem práce, protože nikde výše nebyl označen. Následuje 7 bodů s heslovitými větami bez sloves, ze kterých není zcela jasné, co je cílem provádět. Např. v bodu 1 se bude jednat o vytvoření metodiky, nebo o ověření existující metodiky, nebo o výběr metodiky z několika variant existujících metodik? V bodu 2 je to podobné. V bodu 3 není

konkretizováno, o které parametry se bude jednat. Bod 4 je nejasný – zda pro více rychlostí deformace a pro kolik variant, zda pro různé materiály apod. V bodu 5 není jasné, co si představit pod pojmem „testování problematiky“. V bodu 6 není jasné, zda se bude jednat o popis metodiky sestavení materiálové karty, nebo se bude jednat o vytvoření metodiky apod. V bodu 7 chybí konkretizace, kterých výsledků se má verifikace týkat. Zpravidla se ověřuje simulace experimentem, aby se zjistilo, zda výsledky simulace dostatečně odpovídají realitě. V tomto cíli je to naopak, tedy že reálně naměřená data mají být verifikována simulací – tento záměr by bylo vhodné blíže v popisu cíle vysvětlit.

Cíle disertace považuji za velmi důležitou kapitolu, ve které je třeba si dát práci s co nejdůležitějším zformulováním cílů do bodů a u každého cíle do dílčích cílů, což mi v předložené disertaci chybí.

Po důkladném a detailním rozboru získaných výsledků konstatuji, že vytyčené cíle, uvedené v disertaci, byly splněny.

### ***3 Vhodnost použitých metod řešení a způsob, jak byly použité metody aplikovány***

Za cíle disertace by bylo vhodné zařadit kapitolu obsahující přehled zvolených metod pro dosažení jednotlivých cílů a dílčích cílů disertace. Tato kapitola v předložené disertaci bohužel není, což zhoršuje přehlednost, co a proč bylo vykonáváno a za jakým účelem. Zvolené metody zpracování musí čtenář postupně dedukovat čtením celého následujícího textu disertace, obsahu a závěru.

Použité postupy a metody řešení jednotlivých cílů disertace byly vybrány vhodně. Autor ve své práci prezentuje rozsáhlý soubor experimentů a z nich získaných výsledků a nových poznatků vztahujícím se k hranicím tvářitelnosti plechů.

### ***4 Dosažené výsledky disertace a hodnocení práce z hlediska přínosu nových poznatků***

Bylo provedeno propojení optického systému ARAMIS s trhacím strojem LabTest Model S.100SP1, který je umístěn v laboratoři Ústavu strojírenské technologie Fakulty strojní ČVUT v Praze, a to za účelem analýzy rychlosti deformace zkušební tělesa při zkoušce tahem. Bylo docíleno automatického vygenerování měřicího protokolu s hodnotami mechanických vlastností.

Byla vyvinuta a ověřena metodika přípravy měrné sítě na povrchu plechu (nevytvrzený nátěrový systém) pro sledování jeho deformací.

Experimentálně byly vyhodnoceny křivky mezních deformací pro jednotlivé šarže materiálu DX57 (CR5). Bylo provedeno celkem 680 zkoušek tahem (uvedeno v kapitole 13.3 na str. 65) nebo 536 zkoušek tahem (uvedeno v závěru) při různých rychlostech deformace, různých orientacích vzorku vůči směru válcování plechu a různé poloze na svitku.

Experimentálně bylo zjištěno, že u vyšších rychlostí deformace leží křivky mezních deformací v diagramu mezních deformací níže, než u nižších rychlostí deformace. Uvedené zjištění bylo ověřeno experimentálním tažením křížovým nástrojem a vyhodnocením ztenčení plechu.

Experimentálně byla srovnávána poloha křivek mezních deformací v levé části diagramu mezních deformací ze zkoušek tahem zkušebních tyčí s půlkruhovými vruby různého poloměru a zkouškami Nakajima. Bylo zjištěno, že hodnoty rychlosti deformace u zkoušky tahem jsou až 4x větší než u zkoušky Nakajima. Křivky mezních deformací zjištěné zkouškou tahem leží v diagramu mezních deformací níže, než křivky mezních deformací zjištěné zkouškami Nakajima.

Byla vytvořena metodika sestavení materiálové karty pro různé alternativy rychlosti deformace.

## **5 Význam pro praxi nebo pro rozvoj vědního oboru**

Experimentálně byl stanoven vliv rychlosti deformace na polohu křivek mezních deformací v diagramu mezních deformací. Bylo zjištěno, že u vyšších rychlostí deformace leží křivky mezních deformací níže, než u nižších rychlostí deformace. Simulační programy, které obsahují materiálové karty bez uvedení rychlosti deformace, dávají výsledky simulací odlišné od skutečnosti, protože se zvyšující se rychlostí deformace vychází vyšší zásoba plasticity materiálu, i když skutečnost je opačná. Z výsledků disertace vyplynulo, že do simulačních programů je třeba implantovat větší množství materiálových karet pro různé alternativy rychlosti deformace a dle rychlosti deformace v řešeném případě tažení použít v simulaci správně zvolenou materiálovou kartu pro danou rychlost deformace, aby výsledky simulací se co nejvíce blížily skutečnosti.

Řešení tématu disertace zvýšilo úroveň znalostí chování materiálů používaných pro výrobu velkoplošných výtahů, především v automobilovém průmyslu, kde je žádoucí vysoká produktivita práce, tedy vysoký výrobní takt.

Získané nové poznatky přispívají k rozvoji oboru zpracování kovů plastickou deformací.

## **6 Publikační činnost**

V kapitole 21 na str. 121 autor uvedl seznam 35 publikací, u kterých je spoluautorem (u většiny publikací je 5–6 spoluautorů bez uvedení autorského podílu) a které souvisí s předloženou doktorskou disertací.

V kapitole 22 „Ostatní publikační činnost“ na str. 124 autor uvedl dalších 25 publikací, u kterých je spoluautorem (u většiny publikací je opět 5–6 spoluautorů bez uvedení autorského podílu).

Publikace jsou na tuzemských konferencích a na konferencích na Slovensku, chybí publikace v časopisu s IF.

## **7 Formální úroveň disertace**

Doktorská disertace je poměrně rozsáhlá, má 180 stran a obsahuje 89 obrázků, 37 grafů, 27 tabulek a 9 příloh. Disertace obsahuje kapitolu 20 se seznamem použité literatury, který na str. 111–120 obsahuje 103 bibliografických citací.

Dosažené výsledky z provedených experimentů jsou přehledně zpracovány v tabulkové i grafické formě.

Přesto, že disertace obsahuje velké množství chyb v psaní textu i rovnic (viz 8), lze konstatovat, že formální úprava a jazyková úroveň je dostačující.

## **8 Připomínky k disertaci**

- 1) Termín „FLC křivka“ použitý v názvu disertace i v jejím textu je nevhodný, protože FLC je zkratka pro Forming Limit Curve, kde Curve je křivka, tedy slovo křivka je v použitém názvu dvakrát: „křivka mezních deformací křivka“. Vhodný název disertace tedy je např. „Vliv rychlosti deformace na polohu křivek mezních deformací“. Zkratky by měly být použity až po jejich zavedení, tedy nikoli v názvu díla. Nevhodnost je zřejmá i z anotace v angličtině, kde se v názvu disertace i v textu vyskytuje „FLC curves“, což je „Forming Limit Curve curves“. V anotaci je chybou, že název díla nemá počáteční písmena slov kromě předložek uveden velkými písmeny.
- 2) Obsah je nevhodně naformátován – čísla podkapitol by bylo vhodné umístit pod začátek názvu hlavních kapitol a názvy kapitol by neměly zasahovat až do oblasti čísel stran (kapitoly

- 4.1, 11, 13.2, 14.5, 14.7, příloha č. 4). Obsah a další strany disertace před stranou 1 by bylo vhodné označit např. římskými číslicemi.
- 3) V seznamu použitých zkratk a symbolů je chybně u zkratky CAD „aided“ s malým počátečním písmenem, má být napsáno s velkým, za pomlčkami v mnoha případech text v češtině začíná chybně s velkým počátečním písmenem. Ve vysvětlení významu eMMFC a rovněž MMFC se píše o *mezních křivkách tváření* (FLC), o řádek níže je uveden význam zkratky FLC jako *křivka mezních přetvoření*. Bylo by vhodné pro jednu zkratku používat shodný výklad. U zkratky HSLA je chybně zapsáno rozmezí hodnot – před a za pomlčkou nemá být mezera.
  - 4) Chybně jsou uvedeny proměnné v tabulce kolmým písmem – mají být napsány kurzívou, význam veličiny by měl začínat malým počátečním písmenem. Formátování tabulky, kdy jsou texty nalepeny na horní ohraničení místo v polovině výšky řádku, je nevhodné. V následující tabulce jsou podobné chyby. Součinitel plastické anizotropie je chybně uveden kolmým písmem, u smluvní meze kluzu chybí uvedení, že se jedná o napětí při trvalé deformaci 0,2 % počáteční měřené délky. U veličiny napětí na mezi kluzu není uvedeno, zda se jedná o napětí skutečné nebo smluvní.
  - 5) Zkratky by měly být dále v textu při prvním výskytu zavedeny formou: xxxxxxxx (dále jen „xxx“).
  - 6) Na str. 2 jsou nevhodně ponechány předložky na koncích řádků – je vhodné je pomocí pevných mezer umísťovat na řádek následující. V tabulce 2.1 je chybně mezera před slovem „zadní“, chybou je ponechání „o“ vpravo. Chybný termín je „váha karoserie“, má být „hmotnost karoserie“. Pod tabulkou by bylo vhodné vynechat řádek. Poslední odstavec má na začátku chybný text „Z Tabulka 2.2 je patrné...“, má být „Z Tabulky“. Chybně je uvedeno rozmezí hodnot – místo spojovníku má být použita pomlčka bez mezer před a za ní.
  - 7) V celé disertaci jsou odkazy na literaturu v samostatných hranatých závorkách, což není běžně používaný způsob zápisu. Běžný zápis je, že do hranaté závorky se napíše jedno číslo nebo několik čísel oddělených čárkami.
  - 8) Na str. 4 v 1. odstavci by bylo vhodné uvést, že ztráta stability procesu plastické deformace je vznik lokálního ztenčení, které vzniká po dosažení meze pevnosti, což je hranice existence rovnoměrné plastické deformace. Proces lokálního ztenčování postupně může vést až k lomu, tedy porušení materiálu. Ztráta stability se tedy nerovná porušení materiálu. Kritériem ztráty stability bývá zpravidla dosažení meze pevnosti, nikoli tvárný lom. Ve 2. odstavci je nevhodně „pomocí FLD diagramu“, což v překladu znamená „pomocí diagramu mezních deformací diagramu“, tedy slovo diagram je tam 2x. Při konstruování diagramů mezních deformací experimentální metodou se postupuje tak, že se vyhodnocuje dosažená mezní deformace mimo oblast lokálního ztenčení, tedy se získávají body křivky mezních deformací odpovídající nikoli porušení, ale maximální rovnoměrné deformace, než začne probíhat lokální ztenčování plechu. Nelze tedy souhlasit s první větou posledního odstavce. Na str. 11 disertace je ve 3. odstavci správně uvedeno, že „Křivka definuje horní hranici deformace, kterou mohou plechy dosáhnout před vznikem lokalizovaného ztenčení...“.
  - 9) Na str. 6 je v popisu obrázku 3.6 nevhodně „na FLC vzorku“. V popisu obrázku 3.7 je chyba v popisu „testovacím-stroje“ a chyba ve slově „měřícím“ – je chybně napsáno „měřícím“.
  - 10) Na str. 8 v 1. odstavci je uvedeno „deformační dráhy“, později „deformační cesty“ – mělo by být sjednoceno, vhodný termín je „deformační cesta“. Chyba je ve slově „školicí“ – je chybně

- napsáno „školící“. Příručka je určena ke školení, tedy je „školicí“, nikoli, že příručka právě provádí školení, tedy by byla „školící“.
- 11) Na str. 9 je chybně spojovník za číslem obrázku 4.1, má tam být pomlčka, nebo jen mezera. U čísel obrázků před kapitolou 4 je mezera, tedy je použití spojovníku nekonzistentní. Je chybně napsáno „brzdící drážku“, má být „brzdící“. Chybně je „Dle Obrázek 4.1“, nevhodná formulace je „daleko větší protváření materiálu“.
  - 12) Na str. 10 je chybně spojovník za číslem obrázku 4.2, má tam být pomlčka, nebo jen mezera.
  - 13) Na str. 11 je ve 3. odstavci chybně „navržena“, má být „navržená“.
  - 14) Na str. 12 je chybně spojovník za číslem obrázku 4.3, má tam být pomlčka, nebo jen mezera. V poslední větě je chybně „na následujícím Obrázek 4.4“, chybí tečka za větou.
  - 15) Na str. 13 je chybně spojovník za číslem obrázku 4.4, má tam být pomlčka, nebo jen mezera. V 1. odstavci je uvedeno „deformační dráhy“ místo vhodnějšího „deformační cesty“.
  - 16) Na str. 14 v nadpisu kapitoly 4.3 jsou chybně 2 mezery před „PEPS“. Je nevhodné používat zkratky v názvech kapitol.
  - 17) Na str. 15 jsou ve 3. odstavci chybně napsány 2 indexy kurzívou, chybně je „z níže uvedeného Obrázek 4.5“, chybí tečka na konci věty. Je chybně napsán spojovník za číslem obrázku 4.5, má tam být pomlčka, nebo jen mezera. Ve 4. odstavci jsou chybně napsány 2 indexy kurzívou. Ve 4. odstavci smysl nedává věta „Vliv úhlu hrany rovněž znázorňuje, že k nejvyšším hodnotám se dosahuje v rozmezí...“.
  - 18) Na str. 16 je 2x chybně proměnná v rovnici (1) napsána kolmým písmem místo kurzívou. Na posledním řádku je uvedeno chybně „na následujícím Obrázek 4.6“.
  - 19) Na str. 17 je chybně spojovník za číslem obrázku 4.6, má tam být pomlčka, nebo jen mezera. V názvu obrázku by bylo vhodné odstranit slovo „Použitý“ a u vzorků b) doplnit osy. Na str. 16 je použito slovo „předtváření“, proto i v 1. odstavci by bylo vhodné uvést, že vzorky jsou „předtvářeny“, nikoli „před tvářeny“. Nevhodné je slovo „razníku“. Poslední věta 1. odstavce je nejasná – „předpětí lineárních“.
  - 20) Na str. 18 je ve 2. odstavci chybně čárka za slovem „myslí“, slovo je rovněž nevhodné, vhodnější je např. „se rozumí“.
  - 21) Na str. 19 je chybně čárka za číslem obrázku 5.2, za slovem „tření“ chybí čárka. V 1. větě kapitoly 5.2.1 jsou chybně proměnné napsány kolmým písmem. V rovnici (2) i ve vysvětlivkách pod ní jsou chybně napsány indexy kurzívou. Chybně je bezrozměrná veličina označena spojovníkem, má být pomlčka. Za jednotlivými řádky vysvětlujícími rovnicí (2) mají být čárky, za poslední položkou tečka. Je třeba si uvědomit, že jde o větu, která je kvůli zvětšení přehlednosti graficky uvedena na více řádků. V poslední větě je vhodnější použít trpný rok místo „my rozdělujeme“. Chybí tečka na konci věty.
  - 22) Na str. 21 je v rovnici (3) chybně napsáno delta kolmým písmem – protože je součástí označení proměnné, má být napsáno rovněž kurzívou. V rovnici (4) je chybně napsána značka přirozeného logaritmu kurzívou, jako by se jednalo o proměnnou. Označení rovnic (3) a (4) jsou v jiné vzdálenosti od pravého okraje, než označení rovnice (5) – mělo by být shodné. V rovnici (5) jsou chybně všechny 3 indexy napsány kurzívou, mají být napsány kolmým písmem.
  - 23) Na str. 22 jsou v rovnicích (11) až (15) i v textu chybně napsány proměnné kolmým písmem.

- 24) Na str. 23 v tabulce 6.1 jsou 2x chybně proměnné napsány kolmým písmem. Označení rovnic (16) a (17) je v různé vzdálenosti od pravého okraje. Jednotky v rovnici (17) jsou chybně napsány kurzívou.
- 25) Na str. 24 ve 2. odstavci je několikrát použito „rychlost deformace“, v poslední větě však „rychlost přetvoření“ – mělo by být sjednoceno. Není jasné, tempo růstu čeho je myšleno v 1. odstavci kapitoly 6.3 – mělo by být jasněji naformulováno.
- 26) Na str. 25 v popisech obrázků 6.3 a 6.4 jsou chybně proměnné „m“ napsány kolmým písmem.
- 27) Na str. 26 je chybně spojovník mezi slovy „programy“ a „software“ – má být napsána pomlčka s mezerou před a za ní. Za 4. odstavcem chybí tečka.
- 28) Na str. 27 jsou chybně napsány proměnné kolmým písmem.
- 29) Na str. 28 je chybně velké písmeno v nadpisu kapitoly 8 „Optické“. Chybně je v poslední větě „je uveden na Obrázek 8.1“, Chybí tečka na konci věty.
- 30) Na str. 29 chybí v textu odvolání se na obrázky 8.2 a 8.3. Je chybně v popisu obrázku 8.3 „měřícím“, správně má být „měřicím“.
- 31) Na str. 30 je chybně v popisu obrázku 8.4 „měřícím“, správně má být „měřicím“.
- 32) Na str. 37 je v 1. odstavci chybně čárka za slovem „době“. V 1. větě kapitoly 11.1 chybí písmeno ve slově „zařízení“.
- 33) Na str. 38 v tabulce u grafu 11.1 by měly být v 1. sloupci uvedeny hodnoty se stejným počtem platných číslic dle přesnosti měření, tj. nikoli různě.
- 34) Na str. 39 je v tabulce 11.1 2x chybně zapsáno rozmezí hodnot – správný zápis je pomlčka bez mezer. První věta kapitoly 11.2 by měla v 1. větě obsahovat odkaz, kde to bylo uvedeno. Chybně je napsáno „měřicí systém“ – správně má být „měřící systém“. Tato chyba se mnohokrát opakuje, a to i na následující straně. Je logické, že systém je určen k měření, tedy jde o měřicí systém a nejde o to, zda v danou chvíli systém něco měří, tedy je v tu chvíli měřicí. Chybou je dvojtečka za číslem obrázku 11.2.
- 35) Na str. 40 není mezera mezi číselným označením kapitoly a textem. Je chybně dvojtečka za číslem obrázku 11.3.
- 36) Na str. 41 je chybně v popisu obrázku 11.4 „během zkouška tahem“. V posledním odstavci je chybně „Na Obrázek 11.5 je vidět...“.
- 37) Na str. 42 je nevhodná formulace v popisu obrázku 11.6 „pro měření zkoušky tahem“, vhodnější je např. „pro měření deformací v průběhu zkoušky tahem“.
- 38) Na str. 44 jsou popisy v obrázcích 11.8 a 11.9 příliš malé a nečitelné – bylo by vhodné zvětšit.
- 39) Na str. 45 jsou chybně 2 mezery v nadpisu kapitoly 11.4 za předložkou „s“. V 1. odstavci je chybné skloňování slov Tabulka a Graf. V tabulce 11.3 jsou 8x chybně uvedeny jednotky kurzívou, chybně je napsáno „Měřicí rozsah“ a „Měřicí frekvence“ – správně má být „měřicí“.
- 40) Na str. 48 je chybně uvedeno „výsledky jsou vidět na Obrázek“.
- 41) Na str. 50 uvozovací věta rozdělení by měla být napsána v samostatném odstavci. V nadpisu kapitoly 12.2.2 chybí mezera mezi číselným označením kapitoly a jejím názvem. Z označení nahoře u kapitoly 12.2.1 je zřejmé, že je nevhodně nastaven tabulátor pro všechny podkapitoly.

- 42) Na str. 51 mezi popisem obrázku a textem je vhodné vynechat 1 řádek. Uvozovací věta rozdělení by měla být napsána v samostatném odstavci. Chybně je napsána poslední věta: „Výsledky soudržnosti patternu je vidět na Obrázek“.
- 43) Na str. 53 je v 1. větě chybně předložka „a“ napsána kurzívou. Chybně je „Na Obrázek 13.1 jsou znázorněny“.
- 44) Na str. 54 je v 1. odstavci chybně napsáno „mořením v 10 % roztoku“, správně má být „mořením v 10% roztoku“ – význam zápisu procent s mezerou nebo bez mezery totiž je 10 % = deset procent, 10% = deseti procentní. V popisu obrázku 13.3 je chyba „vzorků b 10% roztoku“, zřejmě má být „vzorků v 10% roztoku“. Pod popisem obrázku je vhodné vynechat 1 řádek – platí pro celé dílo.
- 45) Na str. 55 je nevhodný název tabulky 13.2 „Chemické složení pro materiál CR 4“, vhodnější je „Chemické složení materiálu CR4“. Protože je dále uvedeno CR4 bez mezery, mělo by být i v názvu tabulky bez mezery.
- 46) Na str. 56 je v grafu 13.1 chybně napsáno rozmezí šarží – má zde být pomlčka bez mezer před a za ní, nebo lépe „až“ jako v následujících grafech. Je chyba v názvu kapitoly 13.3, a to 2 mezery za předložkou „na“. V 1. odstavci kapitoly 13.2 chybí tečka za poslední větou a v ní slovo „jsou“. V tabulce by bylo vhodné místo nejasného „orientace válcování“ uvést „orientace vůči směru válcování“
- 47) Na str. 57 je v názvu tabulky 13.3 chybně materiál označen „CR 4“, i když dříve uvedené označení bylo „CR4“. Název grafu 13.2 by měl začínat velkým písmenem. Chybně je v posledním odstavci „Na následujícím Graf 13.3 je vidět...“. V grafu 13.3 jsou chybně uvedeny R kolmým písmem a rovněž chybně jsou indexy kurzívou. Dle normy „Psaní veličin rovnic a jednotek“ to být opačně.
- 48) Na str. 58 je ve 2. odstavci nevhodně „orientace válcování“, vhodnější je „orientace vůči směru válcování“. Totéž v popisu grafu 13.5.
- 49) Na str. 59 chybí v popisu grafu 13.6 rychlostech čeho. V posledním odstavci jsou 2x indexy chybně napsány kurzívou.
- 50) Na str. 60 chybí v popisu grafu 13.7 rychlostech čeho. V popisu je chybně mez kluzu, má být mez pevnosti. V grafu 13.8 je chybně značka tažnosti kolmým písmem, v popisu by mělo být specifikováno, o jakou tažnost se jedná.
- 51) Na str. 61 v grafu 13.9 chybí nad grafem slovo „zatěžování“. V popisu grafu 13.9 je nevhodně „závislost poklesu tažnosti na“, má být „závislost tažnosti na“. Chybně je „na rychlost zatěžování“, má být „na rychlosti zatěžování“. V grafu 13.10 má být nahoře místo „Vliv polohy na“ lépe „Vliv polohy ve svitku na“.
- 52) Na str. 62 je v 1. větě nevhodná formulace „interval rozptylu mechanických vlastností“, vhodnější je „rozptyl hodnot mechanických vlastností“. Bylo by vhodné takto uvést i nad grafem. V popisu grafu 13.11 je nevhodná formulace „pro orientaci válcování 0°“, vhodnější je např. „pro orientaci 0° vůči směru válcování plechu“.
- 53) Na str. 64 obrázek 13.6 je nečitelný, jde o tabulku, tedy by měl být označen jako tabulka. Za číslem obrázku 13.6 je chybně dvojtečka. Obrázek 13.7 je rovněž tabulkou, tedy by bylo vhodné ji zvětšit pro zvýšení čitelnosti, rozšířit na šířku textu na stránce a označit jako tabulku. Chybně je dvojtečka za číslem obrázku.
- 54) Na str. 66 nadpis kapitoly 14 „polohy FLC křivek“ nedává smysl, protože FLC = Forming Limit Curve, tedy jde o zdvojení slova křivek. Anglická zkratka by se neměla míchat s češtinou. Česky jde o KMD = křivku mezních deformací. Nadpis kapitoly 14.1 obsahuje 2 mezery před

slovem zkouška a není jasné, zda správně má být „zkoušky“, nebo chybí pomlčka. Použitý zápis nadpisu je chybný. V 1. odstavci je chybně „měřicího zařízení“, má být „měřícího zařízení“.

- 55) Na str. 67 v 1. větě chybí čárka za 4M a tečka na konci věty (je tam chybně čárka).
- 56) Na str. 68 je 22x chybně proměnná napsána kolmým písmem místo kurzívou, v 1. odstavci je chybně napsáno rovnítko bez mezer před a za ním. Ve vysvětlivkách pod rovnicí (22) jsou 4x chybně spojovníky místo pomlček, chybí čárky na koncích jednotlivých řádků a na konci posledního řádku tečka.
- 57) Na str. 69 je ve 2. odstavci chybně „Laser“ s počátečním velkým písmenem. Nevhodně je naformátována tabulka 14.2, kdy texty i čísla jsou nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění v polovině výšky buněk. Buňky bez hodnot se označují pomlčkou, nikoli spojovníkem.
- 58) Na str. 70 chybí mezera za číslem kapitoly 14.3.1. Chybí v poslední větě čárka za slovem „šarží“.
- 59) Na str. 73 je číselné označení kapitoly 14.4.1 a její název nevhodně bez mezery. V posledním odstavci je nepřesná formulace „k iniciaci trhliny ve vzdálenosti 15 mm od vrcholu půlkulového tažníku“, vhodnější je „k iniciaci trhliny ve vzdálenosti do 15 mm od vrcholu půlkulového tažníku“.
- 60) Na str. 74 je chyba v nadpisu kapitoly 14.5 – mnoho mezer před slovem „systému“. V 1. větě je nevhodně „v závislosti na orientaci válcování“, lépe např. „v závislosti na orientaci vůči směru válcování plechu“. V tabulce, která je součástí obrázku 14.9 je chybně proměnná napsána kolmým písmem. V popisu obrázku 14.10 je chybně slovo „měřicího“, má být „měřícího“.
- 61) Na str. 75 je nevhodně naformátována tabulka 14.4, protože má texty i číselné hodnoty nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění textů i čísel do poloviny výšky buněk. V popisu tabulky 14.4 je nevhodně „orientace válcování“, lépe např. „orientace zkušebního vzorku vůči směru válcování plechu“.
- 62) Na str. 77 v popisu obrázku 14.13 chybí mezery za čárkami. Předložku „Z“ je vhodné přemístit na další řádek pomocí pevné mezery za „Z“. V tabulce 14.5 jsou 10x chybně proměnné napsány kolmým písmem, sloupce s hodnotami mezních logaritmických deformací mají nestejnou šířku.
- 63) Na str. 78 v popisu obrázku 14.14 by bylo vhodné upřesnit rychlost čeho a tlak čeho.
- 64) Na str. 80 a 81 jsou nevhodně naformátovány tabulky 14.6 až 14.9, protože jsou texty i číselné hodnoty nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění textů i čísel do poloviny výšky buněk.
- 65) Na str. 81 v popisu obr. 14.15 je nevhodně „s orientací válcování 0°“, lépe např. „s orientací 0° vůči směru válcování“. V popisu obrázku 14.16 je nevhodně předložka „u“ na konci řádku, je vhodné řešit pevnou mezerou za, která převede předložku na další řádek.
- 66) Na str. 83 jsou v posledním odstavci chybně 3 proměnné napsány kolmým písmem. Za číslem grafu 14.10 je chybně dvojtečka. Tato chyba je u všech následujících číselných označení grafů až po graf 14.19 na straně 88.
- 67) Na str. 84 jsou v prvním odstavci chybně 2 proměnné napsány kolmým písmem.
- 68) Na str. 90 je chybně nadpis kapitoly 15 – mnoho mezer před slovem „výlisku“. Je chyba v označení obrázku – tečka navíc za jeho číselným označením 15.1. Tabulka 15.1 je



nevhodně naformátována, protože má texty i číselné hodnoty nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění textů i čísel do poloviny výšky buněk.

69) Na str. 93 je v poslední větě nevhodná formulace „velice obdobné výsledky“.

70) Na str. 95 není mezera za číslem kapitoly 15.1.1.

71) Na str. 97 v tabulce 16.1 je 5x chybně proměnná napsána kolmým písmem místo kurzívou, 4x je chybně napsán index kurzívou místo kolmého písma, 4x jsou chybně napsány jednotky kurzívou. Tabulka 16.1 je nevhodně naformátována, protože má texty i číselné hodnoty nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění textů i čísel do poloviny výšky buněk.

72) Na str. 98 v tabulce 16.2 je 1x chybně proměnná napsána kolmým písmem místo kurzívou, 12x je chybně napsán index kurzívou místo kolmého písma, 3x jsou chybně napsány jednotky kurzívou, 2x je chybně znázorněna bezrozměrnost spojovníkem místo pomlčky, 22x je chybně označena prázdná buňka spojovníkem místo pomlčky.

73) Na str. 100 je tabulka 17.2 nevhodně naformátována, protože má texty i číselné hodnoty nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění textů i čísel do poloviny výšky buněk.

74) Na str. 101 v rovnici (25) je chybně přirozený logaritmus napsán kurzívou, jako by se jednalo o proměnnou, 5x jsou indexy nesprávně napsány kurzívou. Ve vysvětlivkách pod rovnicí je chybně „ref“, které by mělo být napsáno kolmým písmem a navíc podsazeno jako index. Indexy u dvou rychlostí jsou napsány chybně kurzívou. Na koncích jednotlivých řádků by měly být čárky, za posledním slovem na posledním řádku tečka. Mezi označení proměnné a vysvětlující text se standardně vkládá pomlčka s mezerou před ní a za ní. V posledním odstavci je hrubá pravopisná chyba „Mezi hlavnímy proměnnými byly...“, má být „mezi hlavními“.

75) Na str. 103 v tabulkách 17.3 a 17.4 by ztenčení mělo být uvedeno na stejný počet platných číslic dle přesnosti, tj. v tomto případě s jedním desetinným místem. V popisu tabulky 17.4 je chybně proměnná napsána kolmým písmem, doplnění informace k Autoformu a doplnění informace k programu Pam-Stamp by bylo vhodné zapsat do závorky, aby nadpis tabulky měl smysl. Tabulky 17.3 a 17.4 jsou nevhodně naformátovány, protože má texty i číselné hodnoty nalepeny na horní ohraničení buněk. Vhodnějším formátováním je umístění textů i čísel do poloviny výšky buněk. Chybí mezera za číselným označením kapitoly 17.2.1.

76) Na str. 105 až 109 by měly být jasně zformulovány závěry s odkazy na dřívější kapitoly, ve kterých by měly být dohledatelné důkazy pro jednotlivá tvrzení. Tuto stěžejní kapitolu by bylo možné zpracovat lépe.

77) Na str. 106 je chybně „měřicího protokolu“, má být „měřícího protokolu“.

78) Na str. 108 je ve 3. odstavci hrubá pravopisná chyba ve slově „křivky...vytvářeli“, má být „křivky...vytvářely“. Ve 4. odstavci je nesmyslná první věta „Experimentálně byl zkoumán vliv změny tloušťky rychlosti deformace na ztenčení plechu na křížovém nástroji...“.

79) Na str. 110 je ve 2. odstavci chybně velké písmeno ve slově „Používat“, které následuje za „tzn.“.

80) Na str. 121 je chybně v názvu kapitoly 21 za slovem „dizertační“ mnoho mezer.

81) Na str. 133 je 2x chybně proměnná napsána kolmým písmem místo kurzívou.

Řada chyb se mnohokrát opakuje, takže výše uvedený výčet chyb je vzorkem z většího množství chyb skutečných.

## 9 Otázky k obhajobě

- 1) Vysvětlete způsob získání experimentálního Keeler-Goodwinova diagramu (obr. 3.1 na str. 4) a vysvětlete, jaký mezní stav zobrazují křivky mezních deformací.
- 2) Vysvětlete splnění cíle disertace „vytvoření metodiky, která popíše, jak rychlost deformace ovlivňuje polohu křivek FLC a jak s tímto parametrem pracovat, aby simulace procesu odpovídala reálnému procesu“ a rozeberte, zda se jedná o metodiku, tedy o pracovní postup, nebo popis.
- 3) Vysvětlete další cíl disertace a jeho splnění – „testování dané problematiky na reálném výlisku“, tedy rozeberte, jak se testuje problematika.
- 4) Vysvětlete cíl disertace a jeho splnění – „vytvoření metodiky práce se simulačním softwarem s ohledem na polohu křivek FLC při různých rychlostech deformace“.
- 5) Vysvětlete nadpis „Návrh metodiky pro vyhodnocení FLC křivek při vyšších rychlostech deformace.“ odsazený níže pod posledním cílem disertace v 1. odstavci a pak popište, co je myšleno jednotlivými dílčími cíli uvedenými velmi stručně a nejednoznačně na str. 36.
- 6) Vysvětlete, proč je v grafu 14.9 na str. 80 uveden Nakajima test 2 mm/s – proč nejsou uvedeny stejné jednotky jako u tahové zkoušky v mm/min. Popište podrobně důvody, proč FLC zjištěná tahovou zkouškou leží v diagramu mezních deformací výrazně níže, než FLC zjištěná Nakajima testem.

## 10 Závěrečné zhodnocení

Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky v práci je uspokojující, je provedena s mnoha odkazy na odbornou literaturu, tuzemskou i zahraniční. Autor prokázal velmi dobrou orientaci v řešené problematice.

Z hlediska hlavního i dílčích cílů definovaných v disertaci je možno konstatovat, že byly splněny. Použité postupy a metody řešení jednotlivých cílů disertace byly vybrány vhodně. Výsledky disertace mají nesporný teoretický i praktický přínos. Získané nové poznatky přispívají k rozvoji oboru zpracování kovů plastickou deformací.

Předloženou doktorskou disertaci doporučuji k obhajobě a po zodpovězení otázek doporučuji udělit panu Ing. Vítu Novákovi titul Ph.D.

V Ostravě, 15. dubna 2024

prof. Ing. Radek  
Čada, CSc.

Digitálně  
podepsal prof. Ing.  
Radek Čada, CSc.  
Datum: 2024.04.15  
10:35:35 +02'00'

Zpracoval: prof. Ing. Radek Čada, CSc.

VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie