

prof. Ing. Emil Evin, CSc., Katedra automobilovej výroby, SjF TU v Košiciach,
Mäsiarska 74, 040 01 Košice

Oponentský posudok dizertačnej práce
APLIKACE VYSOKOPEVNOSTNÍCH OCELÍ PRO VÝROBU VNĚJŠÍCH DÍLŮ
KAROSERIE

Doktorand: Ing. Michal Valeš
Školiteľ: doc. Ing. Jan Šanovec, CSc.
Školiteľ špecialista: Ing. František Tatíček, PhD.
Študijný program: Strojní inženýrství
Študijný odbor: Strojírenská technológia

Úvod

Predložená práca je napísaná na 110 stranách, je rozdelená do 11 kapitol, použitých je 116 literárnych prameňov a 2 prílohy. V zmysle pokynov obsiahnutých vo vymenovanom dekréte dekana, ako oponent mám zaujať stanovisko k práci z nasledovných hľadísk: a) k dosiahnutia cieľov stanovených v dizertačnej práci, b) k úrovni rozboru súčasného stavu riešenej problematiky, c) k teoretickému prínosu dizertačnej práce a k praktickému prínosu dizertačnej práce, d) k vhodnosti použitých metód a k spôsobu ako boli použité metódy aplikované, e) či doktorand preukázal odpovedajúce znalosti v danom odbore, g) k formálnej úrovni práce a záverečné hodnotenie.

Úroveň rozboru súčasného stavu riešenej problematiky

Doktorand v predloženej dizertačnej práci v úvodných piatich kapitolách spracoval prehľadne súčasný stav problematiky o lisovateľnosti oceľových plechov. Jednotlivé časti (technológia lisovania karosárskych dielov, popis deformačného chovania sa oceľových plechov v procesoch lisovania, oceľové plechy používané pre výrobu pohľadových dielov karosérie, analýza optických meracích systémov a softvérov pre numerickú simuláciu procesov) na seba logicky nadväzujú a sú vhodne doplnené obrázkami. Zvlášť oceňujem popis možných auditovaných chýb výliskov.

V dnešnej dobe je v oblasti automotive dávany veľký dôraz na bezpečnosť a emisie (neutrálnu uhlíkovú stopu) bez ohľadu o aký druh pohonu sa jedná. Právne predpisy pre zavádzanie vozidiel s nulovými emisiami by mali napomôcť stimulovaniu inovácií v oblasti nových materiálov a technológií ich spracovania. V tomto kontexte je možné vidieť aktuálnosť riešenej problematiky z troch hľadísk. Je to jednak overenie možnosti aplikácie vysokopevnej ocele DP 500 na povrchové diely karosérie so zámerom zníženia celkovej hmotnosti a emisií automobilov vyrábaných v spoločnosti ŠKODA auto a.s. Ďalej aktuálnosť spočíva v komplexnom pohľade na predikciu tvárniteľnosti oceľových plechov používaných pri stavbe karosérií s podporou numerickej simulácie, ktorý umožňuje zohľadniť vplyv materiálových charakteristiky a technologických podmienok lisovania na výslednú kvalitu dielov karosérie z oceľových plechov. V neposlednom rade je v práci naznačený prístup k tvorbe digitálneho dvojčata. Získané výsledky obsahujú deformačnú a napätovú charakteristiku dielov z priebehu ich výroby, ktorú je možné následne využiť pri návrhu výliskov výrobných liniek.

Rozbor súčasného stavu riešenej problematiky bol spracovaný na vynikajúcej úrovni. Predložená práca má všetky atribúty aktuálnosti.

Dosiahnutie cieľov stanovených v dizertačnej práci

Po teoretickej časti je v šiestej kapitole definovaný hlavný cieľ dizertačnej práce, ktorý spočíva v návrhu metodiky aplikácie vysokopevných ocelí (DP 500) na vonkajšie diely karosérie s podporou numerickej simulácie. Pre dosiahnutie hlavného cieľa boli definované 4 čiastkové ciele:

- 1) Analýza vplyvu okrajových podmienok na presnosť výsledkov numerickej simulácie pre plošné tvárnenie.
- 2) Vytvorenie kontrolného listu pre numerickú simuláciu.
- 3) Hodnotenie vyrobiteľnosti vonkajších dielov karosérie z vysokopevnostnej ocele pomocou čiastkových experimentov.
- 4) Overenie navrhnutého postupu riešenia pre vybraný vonkajší diel karosérie a kvalitu materiálu.

V spolupráci so spoločnosťou ŠKODA AUTO, a.s. bola pre experimentálny výskum použitá vysokopevná oceľ CR290Y490T (DP 500). Na základe analýzy sa predpokladá, že aplikáciou tohto materiálu sa dosiahne redukcia hmotnosti o 0.32 až 1.2 kg/auto.

V kapitole 7. je uvedená analýza vplyvu okrajových podmienok na presnosť výsledkov numerickej simulácie pre plošné tvárnenie. V tejto kapitole doktorand popísal zdroje (príčiny) možných nezhôd medzi reálnym a virtuálnym výliskom. Pozornosť zameril na popis zdrojov (príčin) pri nastavení výpočtovej siete, pri definovaní tribologického modelu model, pri definovaní vplyvu rýchlosti deformácie a pri vyhodnocovaní odpruženia.

Následne v kapitole 8. popísal postup tvorby kontrolného listu pre numerickú simuláciu a hodnotenie vyrobiteľnosti vonkajších dielov karosérie z vysokopevnostnej ocele pomocou čiastkových experimentov a reálnych výliskov dverí Fabie II, RAPIDU SPACEBECK a ŠKODY Octavie COMBI. Doktorand v tejto časti práce najprv pomocou jednoduchších tvarov výliskov (valcového a hranatého) validoval metodiku. Validáciu výsledkov simulácie pomocou software AutoForm R6 vykonal porovnávaním deformácií optickým systémom ARGUS 12M a stenčenia hrúbky steny valcového výtlačku konfokálnym mikroskopom OLYMPUS LEXT OLS 3000 na metalografickom výbruse výtlačku. Z porovnania uvedeného v tab. 8-7 vyplýva, že lepšia zhoda stenčenia hrúbky steny s výsledkami bola získaná meraním na konfokálnym mikroskopom ako meraním pomocou systému Argus. Táto tendencia sa nepotvrdila pri porovnávaní stečenia na hranatom výlisku. Verifikácia materiálových kariet bola vykonaná na vonkajších dverách Fabie II, na piatich vonkajších spodných dverách na voze RAPID SPACEBECK a na piatich vonkajších spodných dverách na voze ŠKODA Octavia COMBI. Na týchto reálnych výliskoch boli analyzované auditované chyby (odpruženie, porušenie, zvlnenie a pod.). Celý postup realizácie skúšok a simulácií je podrobne v tejto kapitole popísaný. Výsledky skúšok lisovateľnosti (porušenie materiálu, tvorba zvlnenia a prepادلín a ďalších auditovaných chýb) ukazuje, že pre ich predikciu je možné použiť numerickú simuláciu. V kontrolnom liste v prílohe 2. sú zohľadnené všetky kľúčové parametre súvisiace s presnosťou numerickej simulácie.

Konštatujem, že hlavný cieľ aj dielčie ciele stanovené v dizertačnej práci boli v plnej miere splnené.

Teoretický a praktický prínos dizertačnej práce

Predložená dizertačná práca Ing. M. Valeša predstavuje prínos v oblasti výskumu a vývoja vonkajších dielov karosérie za účelom redukcie emisií cestou znižovania hmotnosti jednotlivých dielov karosérie a v konečnom dôsledku i celkovej hmotnosti automobilov. Prináša tiež nový pohľad na riadenie procesov a hodnotenia rizík pri príprave a výrobe povrchových dielov karosérie z vysokopevných ocelí. Kľúčovým prínosom pre vedu a prax je návrh metodiky (algoritmom) pre aplikáciu vysokopevných ocelí (DP 500) na vonkajšie diely karosérie s podporou numerickej simulácie. Navrhnutá metodika umožňuje riadiť procesy uvoľňovania CAD údajov pre výrobu lisovacieho náradia. Prínos práce pre rozvoj vedy spočíva aj v spôsobe práce s údajmi, ich štatistickom spracovaní a vyvodení záverov. Medzi prínosy je možné zaradiť návrh kontrolného listu numerickej simulácie, ktorý umožňuje eliminovať chyby a plytvanie, ktorých sa môže užívateľ simulačného softvéru dopustiť pri predikcii vyrobiteľnosti dielu. Navrhnutá metodika je v súlade s princípmi štandardu IATF 16949:2016 neustáleho zlepšovania kvality v automobilovom priemysle pri navrhovaní a výrobe povrchových dielov karosérie.

Vhodnosť použitých metód, spôsob ich aplikácie a preukázanie znalosti v danom odbore

Doktorand vzhľadom na definované ciele zvolil vhodné vedecké metódy (systémový prístup, analýzu údajov, experimentálne, numerické a štatistické metódy). Preukázal, že pozná a vie vhodne používať experimentálne a numerické metódy výskumu používané v danej oblasti, metódy zberu údajov, štatistické metódy vyhodnocovania, získané výsledky dokáže relevantne implementovať a robiť závery. Doktorand preukázal, že ovláda vedecké metódy práce a má požadované teoretické znalosti zo spracovanej problematiky. Spracovaním sumárnych výsledkov a celkových záverov preukázal schopnosť samostatne vedecky pracovať a prinášať nové poznatky do odboru.

Zvolený prístup zohľadňuje inovačné metódy, postupy a nástroje používané v danej oblasti, je správny a korešponduje s vývojom v danej oblasti.

Formálna úroveň práce.

Z hľadiska rozsahu, obsahu, štruktúry, práce s literatúrou, popisu metód predložená dizertačná práca spĺňa kritériá kladené na dizertačné práce. Práca je napísaná kvalitným odborným štýlom a dobre sa v nej dá orientovať. Celková grafická úprava dizertačnej práce, textu, tabuliek, obrázkov a príloh je na vynikajúcej úrovni.

Z formálneho ale i odborného hľadiska som v práci neidentifikoval nedostatky.

Pri obhajobe dizertačnej práce chcem poprosiť doktoranda o zaujatie stanoviska k nasledujúcim problémom:

1. Doktorand uvádza, že odpruženie bolo najlepšie predikované na základe údajov karty TU Liberec. Ktoré údaje z materiálovej karty majú najväčší vplyv na odpruženie a porušenie výlisku.

2. Na vyhodnotenie stability odpruženia bola vykonaná analýza robustnosti. V práci doktorand uvádza, že výsledky odpruženia založené na $\pm 10\%$ variácii mechanických vlastností, hrúbky plechu, sily pridržiavača v ťahovej operácii a posuve pri založení prstrihu. Na základe skúsenostiach odborníkov zo spoločnosti ŠKODA AUTO a AutoForm Engineering Czech Republic to odpovedá špecifikácii limitu odpruženia $\pm 0,80$ mm. Aký bol rozptyl alebo smerodajná odchýlka mechanických vlastností, hrúbky, sily pridržiavač?
3. Bol testovaný vplyv rozptylu mechanických vlastností, hrúbky plechu a pridržiavacej sily na hodnotu odpruženia?
4. Ktorý spôsob merania stenčenia t.j. mikroskopom alebo systémom Argus má väčšiu vypovedaciu schopnosť?

Záver

Téma dizertačnej práce „ Aplikácie vysokopevnostných ocelí pro výrobu vinnejších dolu karosérie“ v plnom rozsahu zodpovedá študijnému programu „Strojní inženýrství“ i študijnému odboru „Strojírenská technologie“. Výsledky dizertačnej práce boli publikované v renomovaných časopisoch a prednesené na konferenciách. Doktorand splnil stanovené ciele, prináša nové originálne výsledky a postupy, ktoré sú aplikovateľné vo vede, praxi i v pedagogickom procese.

Prácu odporúčam k obhajobe a po úspešnej obhajobe odporúčam udeliť Ing. Michalovi Valešovi akademický titul „philosophiae doctor“ (PhD.)

V Košiciach 17.4.2024

Prof. Ing. Emil Evin,CSc.
oponent