

České vysoké učení technické v Praze,

Fakulta strojní
Oddělení pro vědu a výzkum
prof. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.
proděkan pro vědeckou a výzkumnou činnost

**Oponentský posudek disertační práce Ing. Michala Valeše s názvem
„Aplikace vysoko-pevnostních ocelí pro výrobu vnějších dílů karoserie“**

Školitel: doc. Ing. Jan Šanovec, CSc.
Oponent: prof. Ing. Stanislav Rusz, CSc.

Problematika, řešená v disertační práci Ing. Michala Valeše je zaměřena na v současnosti velmi důležité téma - zdokonalení shody simulačního procesu lisování dílů karoserie z vysoko-pevnostních ocelí s vlastním výrobním procesem. Autor v práci vybral 3 díly karoserie ze 4 typů automobilů vyráběných na pracovišcích firmy Škoda Auto a. s.

Jedná se o tyto díly:

Fabii III - dveře vnější zadní

Rapid Spaceback - páté dveře vnější, spodní

Octavia 4 - páté dveře vnější, spodní

V úvodu disertační práce autor uvedl současné poznatky při vyhodnocování tvářitelnosti ocelí používaných v „automotiv“ se zaměřením na tvářitelnost AHSS ocelí. Dále jsou uvedeny vlivy tvářecích i technologických parametrů na lisovatelnost ocelových karosářských plechů, analyzováno je porušení materiálů při lisování a deformační chování ocelí pomocí 3 typů modelů (izotropní, kinematický a kombinovaný model). V další části disertační práce je uveden přehled ocelí používaných pro výrobu pohledových dílů karoserie osobního automobilu.

V kapitole č. 5 autor popisuje technické podpory pro návrh i analýzu deformačně-napětových stavů karosářských dílů, predikující oblasti náchylné k porušení materiálů a upřesňující okrajové podmínky pro simulaci procesu výroby geometricky složitých nebo i nových karosářských dílů, ke kterým přináležejí: „Fotogrammetrie“, 3D skenery, systém ARGUS pro tvorbu FLC křivek. Dále je analyzován vliv výrobní technologie na optimalizaci konstrukčního řešení tvářecích nástrojů a zvýšení jejich životnosti. Vedle optimalizace výrobní technologie simulačními programy, životnost tvářecích nástrojů je druhým stěžejním bodem z hlediska před-přípravy výrobní technologie a tímto vede i ke snížení výrobních nákladů.

V kapitole č. 6 jsou přehledně uvedeny hlavní i dílčí cíle disertační práce.

Podrobněji by měla být uvedena vlastní metodika při volbě odpovídajících vysoko-pevných ocelí pro výrobu vybraných karosářských dílů. Chybí uvedení chemického složení analyzovaných ocelí.

Experimentální část práce je zaměřena na vhodné nastavení okrajových podmínek pro simulaci lisování karosářských dílů osobních automobilů zn. Škoda.

V úvodních dvou podkapitolách je provedena simulace rotačně symetrického výlisku programem AutoForm R6 a následně provedeno srovnání výsledku simulace s experimentem z hlediska měření ztenčení plechu v kritických místech výlisku pomocí systému ARGUS.

Následně, obdobným způsobem, analyzována čtyřhranná nádoba s designovou hranou. Byly určeny okrajové podmínky pro simulaci lisovacího procesu a provedeno měření ztenčení výlisku v kritických místech systémem ARGUS.

Simulace lisovacího procesu byla provedena tyto díly a značky automobilů: Fabii III - dveře vnější zadní, Rapid Spaceback - páté dveře vnější, spodní a Octavia 4 - páté dveře vnější, spodní, jak už bylo v úvodu hodnocení poznamenáno.

U všech výlisku byla simulace provedena pro vyhodnocení velikosti odpružení. Dosažené výsledky odpružení simulačním programem byly dále srovnány s výsledky odpružení dosaženými vlastními experimenty. Vyhodnocení velikosti odpružení u vybraných výlisků bylo detailně analyzováno v závěru příslušných kapitol.

Dále u „pátých dveří vnějších spodních (Octavia 4) je podrobně analyzována jejich vyrobiteľnosť z hlediska úprav geometrie tvářecích nástrojů, rozměrová přesnost výlisků dosažených simulačním programem ve srovnání s výsledky experimentů. Lisovací zkoušky byly provedeny na prototypovém i sériově vyráběném tvářecím nástroji. Srovnání vykazovalo velmi dobrou shodnost výsledků u simulace i u prototypového a sériově vyráběného nástroje z hlediska rozměrové přesnosti i z hlediska dosaženého ztenčení plechu. Vhodné by bylo provést aspoň jednu z navazujících zkoušek (př. korozní odolnosti, přilnavosti lepidel, příp. lemování spoje) i když to nebylo definováno v cílech disertační práce.

U všech analyzovaných výlisků jako nejdůležitější kritérium byla podrobně vyhodnocena dosažená velikost odpružení pomocí simulačního programu AutoForm Forming R6 a Forming R8 ve srovnání s výsledky experimentů. V závěru kapitoly je provedeno dílčí vyhodnocení provedených prací z hlediska návrhu použití oceli DP500 pro dané výlisky ve srovnání v současnosti s běžně používanou oceli CR4.

Dále je zdůrazněna dosažená rozměrová přesnost výlisků dosažená simulací pro návrh lisovacích i lemovacích nástrojů.

V kapitole č. 9 je navržena metodika použití vysoko-pevných ocelí pro výrobu. Hlavním cílem je zavedení oceli DP 500 do výroby širšího sortimentu karosářských dílů u osobních automobilů zn. Škoda. Dále zvýšení užitné hodnoty dílů, zvýšení životnosti tvářecích nástrojů i úspora výrobních nákladů.

Tabulkově je navržena metodika nehmotné přípravy výroby (za vhodnější „terminus technicus“ považuji obrat - technická příprava výroby). Následnou metodikou je hmotná příprava výroby – za vhodnější název považuji – technologická příprava výroby.

Autor dále zdůraznil velký význam kontrolního listu numerické simulace dosaženého numerickou simulací v softwaru AutoForm Forming R6 a Forming R8.

Je uveden podrobný přehled všech kontrolních bodů potřebných pro numerickou simulaci.

závěru disertační práce je uvedena diskuze k dosaženým výsledkům numerické simulace a provedených experimentů se zdůrazněním na optimalizaci okrajových podmínek procesu lisování dílů karoserie pro dosažení potřebné rozměrové přesnosti a eliminace vad porušení

výlisku. Dále je zdůrazněn význam návaznosti numerické simulace tvářecího procesu na výrobu lisovacích nástrojů.

V závěru disertační práce autor hodnotí splnění hlavního i dílčích cílů disertační práce.

Připomínky:

- 1) Str. 39 u analýzy ztenčení stěny v kritických místech rotační nádoby nebylo zdůvodněno, zda nedochází k překročení povoleného ztenčení plechu u oceli DP 500 i u oceli CR180 BH (př. ocel DP 500, $R=0,5$ mm, ztenčení 18,2% a u oceli CR180 BH, $R = 0.5$ ztenčení 16,9 %). V tabulce chybí jednotky u velikostí poloměrů.
- 2) Str. 49 Při analýze ztenčení plechu u čtyřhranné nádoby s designovou hranou chybí uvedení typu oceli, zdá se jedná o DP 500 nebo CR180 BH. Pro oblast „tornádo“ ani pro oblast „roh“ okomentujte max. dosažené velikosti ztenčení plechu z hlediska dovolených hodnot.
- 3) Str. 53 Vysvětlete skutečnost, že u numerické simulace byl použitý nástroj s odlišnou tloušťkou materiálu než u experimentu.
- 4) Str. 59 Vysvětlete tvrzení, že po zkouškách tvářitelnosti oceli DP 500, kdy se prokázala snížená plasticita, byla tato ocel doporučena pro výrobu povrchových dílů. A co znamená pojem povrchové díly z hlediska karosářských výlisků.
- 5) Str. 75 Jedním z klíčových parametrů pro dosažení potřebné rozměrové přesnosti výlisků je velikost odpružení. Uvádíte pojem vstupující nejistoty vzhledem k velikosti odpružení. Vysvětlete přesněji o jaké nejistoty se jedná.
- 6) Z hlediska hodnocení použití navržené vysoko-pevnostní oceli DP 500 a klasicky používaných ocelí CR4 a oceli CR180BH pro výrobu karosářských výlisků je vhodné provést i měření velikosti modulu pružnosti v tahu.
- 7) Bylo by vhodné provést podrobnější analýzu vlivu koeficientu tření i rychlosti deformace na výslednou jakost i rozměrovou přesnost výlisků.

Formální chyby (autor je nemusí zdůvodňovat):

V práci chybí uvedení jednotek v některých tabulkách, jak rovněž i popis symbolů v některých rovnicích.

Závěrečné hodnocení

Z hlediska hlavního i dílčích cílů definovaných v disertační práci je možno konstatovat, že byly všechny splněny. Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky v práci je na velmi dobré úrovni. Bylo by vhodné provést podrobnější rozbor vlivu dalších technologických faktorů na tvářecí proces (součinitel tření, rychlost deformace, podrobnější metalografická analýza struktury)

Praktickým přínosem je návrh kontrolního listu numerické simulace, který je možno použít při analýze lisovacího procesu tvarově podobných karosářských dílů a spojitost numerické simulace s návrhem tvářecích nástrojů.

Navržený software AutoForm Forming R6 a Forming R8 je vhodný pro praktickou aplikaci. Autor by měl při obhajobě svoji disertační práce podrobněji rozvést její vědecký přínos.

Celkové hodnocení disertační práce

Disertační práce je zpracována na velmi dobré technické úrovni. Grafická úprava je rovněž na velmi dobré úrovni. Vyskytují se drobné nedostatky v označování symbolů a v textu se vyskytují menší chyby v technických obratech - příkladově „nehmotná a hmotná přípravy výroby“, jak bylo už zdůrazněno.

Je uveden dostatečný počet odkazů na literaturu. Publikační činnost autora je na dobré úrovni. Je uveden menší počet publikací v časopisech s vyšším IF.

Analýza použití vhodných simulačních software pro danou problematiku je velice podrobně rozpracována na vysoké technické úrovni. Autor prokázal velmi dobrou orientaci i zkušenost při řešení zadané problematiky. Dosažené výsledky z provedených experimentů jsou přehledně zpracovány v tabulkové i grafické formě.

Disertační práce splňuje všechny požadavky pro její obhajobu a po zodpovězení připomínek doporučuji udělit p. Ing. Michalu Valešovi titul Ph.D.

zpracoval: prof. Ing. Stanislav Rusz, CSc.
VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní

Ostrava 15. 04. 2024