

Oponent: Prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D,

**Oponentský posudek disertační práce Ing. Michala Valeše,
„Aplikace vysokopevnostních ocelí pro výrobu vnějších dílů karoserie“
Studijní program: Strojní inženýrství, oboru: Strojírenská technologie
Fakulty strojní ČVUT v Praze, ČR**

Technologie výroby automobilů v současnosti vychází z nových poznatků výpočtového modelování, které pomáhají zrychlit a zpřesnit přístupové metody pro výrobu automobilových dílů. Předložená dizertační práce řeší technologickou problematiku z oboru tváření, tedy plastických deformací vysokopevnostních ocelových plechů, které jsou velmi náročné na proces lisování. Jedná se o výrobu vnějších dílů karoserie automobilů, specifické svým tvarem v oblasti dveří automobilů. Autor DP vychází z aplikace ocelí s vysokou pevností z toho důvodu, aby mohl být respektovaný požadavek na snížení hmotnosti. Řešení tohoto náročného úkolu vycházelo ze základních poznatků z technické praxe na materiál, technologii tváření a numerické simulace vybraných automobilových dílů.

Teoretická část

Předložená disertační práce (DP) Ing. Michala Valeše, obsahuje 98 stran textu, a 21 stran příloh, které dokumentují auditorický proces a kontrolní list numerické simulace pro díl HKau. Dizertační práce je přehledně rozčleněna podle jednotlivých postupových kroků do 11 kapitol.

V úvodní části předložené práce autor popisuje současný stav a kritické rešerše z dostupné literatury (116 publikací), kde zároveň uplatňuje i své publikované poznatky (79 publikací), jako hlavní autor nebo spoluautor. Velký počet zahraniční publikace ukazuje na schopnost autora se v řešené problematice orientovat a vyzvednout podstatná fakta, které dovedl porovnat se získanými výsledky. Text je průběžně doplněn odkazy na vybranou a použitou literaturu, čím doktorand ukázal, že je schopný psát vědecké a odborné publikace. V teoretické části Ing. Michal Valeš zdůraznil poznatky z tváření ocelových plechů, na základě, čeho popsal všechny faktory, které mohou ovlivnit výpočetní modelování. Jeden z důležitých faktorů je „materiálová struktura“ (jak uvádí na str.6, obr.2-4). Na základě charakteru konkrétní mikrostruktury se mění jak

materiálové vlastnosti, tak deformačně-napěťové stavy tvářeného plechu. *Z toho důvodu by měla být věnovaná větší pozornost vstupní a výstupní mikrostruktura ve ztenčených nebo zpevněných (kritických) oblastech materiálu, lisovaného plechu před a po plastické deformaci. "Metalografické zhodnocení" neplatí jako definice pro zkoumání materiálů. Používá se mikroskopické hodnocení na metalograficky připravených materiálech.*

Cíl dizertační práce

Cílem DP je: „Návrh metodiky pro použití vysokopevnostních ocelí pro výrobu vnějších dílů automobilové karoserie technologií lisování s užitím numerické simulace plošného tváření“.

Pokud byla použita numerická simulace u vnějších dílů s předcházejícím typem oceli, musely být okrajové podmínky shodné s těmi, co byly použité pro vysokopevnostní ocel. *Snad mohl být uveden ještě další z dílčích cílů: „Porovnání numerické simulace používaného materiálu s navrženým, aspoň u jednoho automobilového dílu“.*

Experimentální část

Výpočtové modelování, lze brát jako podstatnou část plánovaného experimentu, vzhledem k tomu, že se numerická simulace neobejde bez vstupních dat, které je možné získat pouze experimentálním modelováním. Vstupní data ovlivňují jak přesnost výpočtového modelování, tak i kvalitu konečného výlisku. Volba experimentu, odpovídá požadavkům programu, pomocí kterého bude daný proces simulovaný. Disertant ve své práci vycházel jak z teoretických, tak praktických poznatků od výrobce automobilů, které doplnil navrhnutým experimentem.

V úvodě kap.7, Ing. Michal Valeš uvádí, že výzkum byl převážně zaměřený na výlisky z oceli HSS, což jsou oceli jednofázové (feritické) a AHSS vícefázové. Pokud spadají do řady ocelí DP, jak je v práci správně uvedeno, jedná se o řízené ochlazování z austenitu nebo z feritu plus austenitu. Je třeba počítat s tím, že se v nich může vyskytovat více jak 20% martenzitu ze zbytkového austenitu. Vzhledem k tomu, že struktura je heterogenní, může docházet k nepravidelnému ztenčení plechů a nerovnoměrným deformačně-napěťovým stavům. *Lze tyto kritické aspekty v numerickém simulování (MKP) zohlednit, hlavně u poměrně složitých tvarů? Čím jsou charakteristické materiály z Tab. 4.1, které byly pro numerické simulování vnějších dílů použity?*

Disertant si stanovil specifické metody zkoušení pro vybrané materiály na výrobu vnějších dílů karoserie. Konkrétně se jednalo o vnější dveře - Fabie II, páté dveře vnější spodní - Rapid Spaceback a páté dveře vnější spodní - Octavia 4. Kvalitu lisovacího procesu, jak je v práci uvedeno, ovlivňují materiálové vlastnosti (struktura, chemické složení materiálu, tribologické vlastnosti apod.), parametry stroje a nástrojů, ale nejvíc deformačně napěťové stavy v průběhu plastické deformace (v procesu lisování) ocelových plechů. Tyto tak zvané „proměnné“, které jsou v disertační práci popsány, se mohou podílet na vzniku porušení nebo jiných nedostatků z lisování, tedy mohou více, či méně ovlivnit celý proces numerické simulace a tím i výroby. V DP je uveden pro výpočet numerické simulace software AutoForm Forming, pomocí kterého jsou tyto aspekty ve výpočtech zohledněny.

V kap.7 jsou podrobně rozepsané klíčové parametry pro numerickou simulaci, kterým je věnována pozornost v následujících podkapitolách. Autor DP poukázal na problematiku výpočtového zpracování efektu „odpružení“, které je náročné pro výpočtové modelování. *Jaká vstupní data byla v daném případě použita pro numerickou simulaci ohledem na typ ocele? Bude velikost a charakter odpružení ovlivňovat chemické složení a tepelné zpracování použité ocele? Může vzniknout poškození povrchu plechů přitlakem v průběhu plastické deformace a jak ho lze predikovat? Pokud docházelo při lisování některého dílu ke zpevnění, bylo toto zpevnění průběžně hodnoceno a zpětně použito při numerické simulaci?*

Velmi kladně hodnotím přístup disertanta k řešení tak náročného úkolu, kde je patrné, že musel brát v úvahu velký počet proměnných pro výpočty a aplikaci modelů do výroby kvalitního automobilového prvku. Toto prokázal v kap.8, kde se věnoval vyrobiteľnosti dílů z vysokopevnostní oceli, které byly výpočtetně zpracované.

Ing. Michal Valeš ve své vědecké disertační práci představuje využití výpočtového modelování v oblasti tváření plechů a komplexnost zpracování představuje v návrhu kontrolního listu numerické simulace pro díl HKau. *Byl tento kontrolní list ověřený a přijatý v praktickém využití firmou ŠKODA s.r.o.?*

Disertační práce je napsaná stručně, přehledným způsobem s doplněním obrazového materiálu z jednotlivých výpočtů a simulací, které mohou přispět k dalšímu rozhodování. Oceňuji logickou návaznost teoretických poznatků na experimentální a výpočtové modelování. Z předložené práce je patrné, že byla dobrá spolupráce i s konkrétním výrobcem vybraných automobilových dílů.

Vyjádření k disertační práci

1. Dosažení stanoveného cíle DP: Cíle byly beze zbytku naplněny.
2. Úroveň rozboru současného stavu: Odpovídá požadavkům na DP.
3. Teoretický přínos: Lze předpokládat, že výsledky z DP mohou sloužit jako podkladový materiál pro další výzkum matematických algoritmů v rámci řešení náročných problémů v technologii plošného tváření plechů různých tloušťek.
4. Praktický přínos DP: Prezentované výsledky z numerického simulování konkrétních automobilových dílů, byly konfrontované přímo ve výrobě.
5. Vhodnost použitých metod: V DP byly prezentovány moderní metody výpočtového modelování s ověřením v průmyslové praxi.
6. Prokázání odpovídající znalosti v oboru: Autor DP prokázal schopnost samostatně pracovat a navrhovat moderní postupy přímo ve výrobě. Předvedl technickou způsobilost při řešení konkrétních technických problémů.
7. Formální úroveň: Formální úroveň DP až na velmi malý počet nepřesností odpovídá běžným standardům vědecké práce.

Na základě předložených autorových publikací lze konstatovat, že získané poznatky byly adekvátně opublikované a lze je využít i v technické praxi.

Úroveň řešených problémů bezprostředně souvisí s úrovní profesního odborníka, proto lze konstatovat, že Ing. Michal Valeš bude k takovým odborníkům v průmyslové praxi patřit.

Pro odbornou diskuzi jsou dotazy zakomponované přímo v jednotlivých kapitolách posudku a mohou být i námětem pro další výzkumné práce.

Na základě, prostudování předložené „Disertační práce“, „Teze disertační práce“ a publikační činnosti, mohu pana Ing. Michala Valeše doporučit k obhajobě.

Po obhájení disertační práce a zodpovězení otázek v diskusi, doporučuji udělit titul (dle zákona č.111/1998Sb.).

„Ph.D.“

V Praze 17.4.2024

Prof. Ing. Františka Pešlová, Ph.D