

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. Martina Kubelky, IWE o názvu
Vliv citlivosti materiálu na rychlost deformace při reálném lisovacím procesu**

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

Problematika, řešená v disertační práci Ing. Martina Kubelky je zaměřena na v současnosti aktuální téma – vlivu rychlosti deformace na tvářecí proces i tvářený materiál při lisování plechu. Autor navrhnul vlastní experimentální zařízení a vyhodnocovací software pro určování vlivu rychlosti deformace na mezní tvářitelnost u oceli DC 06. V práci autor zakomponoval poznatky z pracovišť zabývajících si podobnou problematikou, jakými jsou Technická univerzita v Liberci a firma Škoda Auto a. s.

Hodnocení náplně a dosažených výsledků habilitační práce

Oponovaná disertační práce Ing. je vypracována na 94 stránkách textu, 6 přílohách a 41 výkresů konstrukční dokumentace zkušebního tvářecího zařízení. Obrázky, grafy i tabulky jsou číslovány postupně. Vhodnější by bylo provést číslování k jednotlivým kapitolám.

Autor v práci použil celkem 46 literárních odkazů domácích i zahraničních autorů.. Hodnotím velmi kladně vlastní publikační činnost autora, která představuje celkem 33 publikací, v nichž je uveden předkladatel disertační práce jako autor nebo spoluautor. Je uvedeno celkem 5 zahraničních publikací uvedených v konferenčních materiálech. Převažují publikace prezentované v rámci tuzemských vědeckých konferencí a publikace v tuzemských časopisech.

Práce je rozdělena do 9 hlavních kapitol a podkapitol.

V úvodních kapitolách autor rešeršní formou analyzuje problematiku technologie lisování karosářských výlisků na vytipovaných dílech vyráběných ve společnosti Škoda Auto, a. s.. Dále uvádí přehled vlivu jednotlivých faktorů na plastickou deformaci. Je zvýrazněn velmi důležitý tvářecí parametr – rychlost deformace, který má zásadní vliv deformačně-napěťový stav tvářecího procesu. Není zdůrazněn vliv chemického složení, velikosti zrna a parametry tvářecího nástroje. Následně autor popisuje metodiku určování křivek přetvárných odporů, z hlediska plošného tváření pak určování velikosti mezního stupně deformace pomocí FLD diagramů (Keeler-Goodwinovy křivky).

V další části práce autor uvádí vlastní konstrukční návrh nového zkušebního zařízení vycházejícího ze Charpyho kladiva. Kladivo nahrazuje hlava, ve které je umístěn lisovací nástroj. Detailně popisuje jednotlivé funkční části zkušebního nástroje z hlediska jejich upevnění a dosažení požadované funkčnosti i přesnosti měření. Je zabezpečena variabilita

rozměrů tvářecího nástroje, dosažení poměrně konstantní rychlosti deformace v průběhu zkoušky dodatečným závažím, dále je umožněna změna tvaru přidržovače a tímto i analýza vlivu tvaru na proces lisování. Je vyřešen i brzdící mechanismus akumulující přebytečnou energii, která by mohla podstatně ovlivnit průběh a výsledek zkoušky. Je uveden vlastní princip průběhu a vyhodnocení zkoušky na novém zařízení. Pro silový záznam je použitý tenzometr AP130-6-35/Au/BP,N-Sort. Pro nastavení úhlu dopadu nástroje (základní ověřovaný parametr) je použitý úhломěr Kistler 2123A. Vyhodnocení naměřených dat je provedeno v programu Charpyplechy verze 3.3.0.

Autor dále uvádí nastavení řídicího i vyhodnocovacího software průběhu vlastní zkoušky. Je uveden postup přípravy vzorku pro zkoušku pro materiál DC06, typ nanášení měrné sítě (elektrochemické leptání), postup při upínání zkušebního nástroje do tvářecího zařízení, nastavení software, zabudování vysokorychlostní kamery pro přesný záznam průběhu zkoušky (i – Speed Olympus)), uveden základní průběh a vyhodnocení zkoušky.

V další části disertační práce autor provedl zkoušku hlubokotažnosti plechu dle Erichseny pro všechny ověřované šarže oceli DC06. Chybí vyhodnocení dosažených výsledků.

V závěrečné části disertační práce jsou jen příkladově uvedené dosažené celkové výsledky mezních deformací pro jednotlivé šarže zkoumané oceli při úhlech dopadu 20°, 30°, 40° a dle Erichsenovy zkoušky. Chybí statistické vyhodnocení dosažených hodnot mezních deformací z příloh 3 - 6.

V závěru práce je provedeno celkové hodnocení dosažených výsledků a zdůrazněn význam nové konstrukce zkušebního zařízení s flexibilním nástrojem pro průmyslovou praxi.

Z hlediska hlavních cílů obsažených v disertační práci je možno konstatovat, že byly splněny. Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky v práci je uspokojující. Měl být proveden podrobnější rozbor, umožňující porovnat navrženou metodiku zkoušení a výsledky s výsledky dosaženými na zahraničních zkušebních zařízeních obdobného typu a příbuzného typu oceli.

Teoretický přínos práce je v návržení vlastního zkušebního SW pro měření a vyhodnocení křivek mezních deformací.

Praktický přínos je doložen vlastním konstrukčním návrhem zkušebního zařízení od autora disertační práce.

Použité metody řešení jsou vhodné pro praktickou aplikaci. Zařízení může být použito pro širší sortiment materiálů používaných pro výrobu karosářských výlisků v automobilovém průmyslu. Oceňuji možnost rozměrové flexibility používaných tvářecích nástrojů ve zkušebním zařízení.

Připomínky k disertační práci:

Formální:

- str. 15, obr. 2 ve schématu chybí doplněk “mechanické vlastnosti“
- str. 28, v popisu C- je vždy označována jako materiálová konstanta, ne přetvárná pevnost , φ - je technicky označována jako ln deformace

- str. 30 - obrat „ukázka“ průběhu lisovacího procesu
- str. 38, b. 3 - obrat“sledování citlivosti (?) na rychlost deformace, vhodnější formulace: analýza vlivu rychlosti deformace na tvářitelnost oceli DC6
- str. 56 - chybí označení – odděleně tabulky, šířka přístřihu – chybí uvedení rozměrové jednotky
- str. 58 – nevhodný obrat „zakládání nástroje do stroje“ vhodnější – postup upnutí nástroje do zkušebního tvářecího zařízení
- str. 58 bod 6.5 – vysvětlete údaj „počet změřených vzorků“ – 50 000 – takovýto počet vzorků byl testován?

Věcné:

- str. 30, objasněte důvod nárůstu velikosti deformace v kritických místech výlisků až o 50% a změny tloušťky v řádu 40% - jedná se o tažení se ztenčením stěny?
- vysvětlete, proč nebylo zvoleno nanesení deformačních sítí na zkušební vzorek laserem, které je přesnější
- z jakého důvodu nebyly pro verifikaci výsledků použity i jiné typy ocelí
- obr. 44 – 46 z jakého důvodu nebyly pro úhly dopadu 20° a 30° provedeny zkoušky pro všechny šarže oceli DC06, jak je tomu při úhlu dopadu 40°
- str. 69, hodnoty W_m , W_{iu} a F_{max} pro jednotlivé šarže oceli DC06 a úhly dopadu jsou přeneseny ze statistického vyhodnocení výsledků? Vysvětlete důvod snížení velikosti energie W_{iu} při úhlu dopadu 40° vzhledem k velikosti W_{iu} dosažené při úhlu 30° u šarže typu „A“. V obdobném srovnání u dalších šarží dochází vždy k nárůstu W_{iu} se zvyšujícím se úhlem dopadu.
- jaké velikosti rychlosti deformace byly testovány?
- byla měřena velikost teploty, která vzniká při nárazu nástroje do vzorku?
- byl analyzován vliv rychlosti deformace na mikrostrukturu vzorku a morfologii povrchu?
- mohli byste komentovat výsledky dosažené zkouškou hlubokotažnosti plechu dle Erichsena?
- diagramy mezních tvářitelností pro různé šarže ocelí DC06, pro jednotlivé úhly dopadu, jsou vyznačeny jen body?
- veďte vědecký přínos práce

Celkové hodnocení

Disertační práce je zpracována na velmi dobré technické úrovni. Grafická úprava je rovněž na dobré úrovni. Vyskytují se drobné nedostatky v označování symbolů a v textu se vyskytují menší chyby v technických obrazech i gramatické chyby. Konstrukční dokumentace navrženého tvářecího zařízení je na výborné technické úrovni zpracování. Autor prokázal velmi dobrou orientaci i zkušenost při řešení zadané problematiky. Dosažené výsledky z provedených experimentů jsou přehledně zpracovány v tabulkové formě a ve formě grafů.

Disertační práce splňuje všechny požadavky pro její obhajobu a po obhájení připomínek doporučuji udělit p. Ing. Martinu Kubelkovi titul Ph.D.

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

Ostrava 16. 07. 2018