

# Recenzní posudek diplomové práce

Diplomant: **Bc. Jan JUPPA**  
Téma diplomové práce: **Predikce velikosti odpružení pomocí numerické simulace v prostředí PAM STAMP 2G při ohybu tenkých plechů**

Diplomová práce byla vypracována na Technické univerzitě v Liberci, Fakultě strojní, Katedře strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů ve školním roce 2014-2015.

Diplomant se ve své diplomové práci zabývá numerickými simulacemi ohýbání tenkých plechů z korozivzdorné oceli a jejich experimentálním ověřením. Cílem diplomové práce byla předpověď velikosti odpružení v prostředí software PAM STAMP 2G za použití dvou typů výpočtových modelů Hill 48, s izotropním respektive kinematickým zpevněním.

V teoretické části je popsána technologie ohýbání plechů, průvodní jevy a možnosti jejich eliminace. Dále jsou popsány zkoušky pro získání potřebných vstupních materiálových dat pro numerické výpočty. Rozsah a obsahová úroveň teoretické části splňuje zadání. K úvodní a teoretické části diplomové práce mám tyto připomínky:

1. V anglickém překladu by pro slovo odpružení byl vhodnější termín *springback* místo *suspension*.
2. V seznamu zkratk by mělo být pro  $\Delta S$  uvedeno *zúžení průřezu* místo *zúžený průřez*, viz. bod 3.
3. Na straně 34 je definována kontrakce  $Z$  jako "poměr mezi *zúženým průřezem tyčky po přetržení*  $\Delta S$  [ $\text{mm}^2$ ] k počátečnímu průřezu  $S_0$  [ $\text{mm}^2$ ]" (rovnice 7).  $\Delta S$  by mělo být správně nazýváno jako *zúžení průřezu*, tedy rozdíl průřezů na počátku zkoušky a zúženého průřezu po přetržení podle rovnice  $\Delta S = S_0 - S_u$ .

V experimentální části byly hodnoceny vlivy matematického modelu na přesnost výpočtu numerické simulace odpružení při ohýbání tenkého plechu z korozivzdorné oceli DIN 1.4301. Porovnávaly se dva výpočtové modely řídicí se anizotropními podmínkami plasticity, Hill 48 s izotropním zpevněním materiálu (zpevnění definováno křivkou zpevnění z tahové zkoušky) a Hill 48 s kinematickým zpevněním materiálu, kde bylo zpevnění definováno hysterezními smyčkami z cyklické zkoušky. Byly provedeny nezbytné zkoušky materiálu pro získání vstupní dat pro simulační výpočty v programu PAM STAMP 2G. Pro cyklickou zkoušku byl zkonstruován a vyroben zkušební přípravek. Pro ověření simulačního výpočtu byl proveden ohybový test tažením pásku plechu přes ohybovou hranu na zkušebním zařízení SOKOL. Odpružení bylo digitálně změřeno a porováno s výsledky simulací.

Zkoušky, experimenty a simulační výpočty se uskutečnily na Technické Univerzitě v Liberci na katedře strojírenské technologie, oddělení tváření kovů a plastů. K vlastnímu vypracování a vyhodnocení experimentu mám několik připomínek:

1. Na str.67 jsou uvedeny výsledky ze dvou měření, které hodnoty byly použity v simulaci?

2. Pro cyklickou zkoušku jsem nenašel parametry testu (str.68). Jak byl vzorek zatěžován (amplituda, rychlost) a jaký byl počet cyklů? Jaký byl počet zkušebních vzorků?
3. U zkoušky protahováním pásku (str.72) jsou uvedeny tyto parametry testu: rychlost posuvu  $v=1\text{ mm/s}$ , tažná síla  $F_t=12480\text{ N}$  a délka protažení 200 mm. Může být test řízen rychlostí posuvu a zároveň tažnou silou? Není zde uvedena svěrná síla čelistí. Není zde uvedeno kolik vzorků bylo měřeno.
4. V kapitole 3.5 Simulace (str.73-81) není zřejmé jaké byly nastaveny parametry simulace pro tažení pásku. Jaká byla nastavena svěrná síla čelistí, jaká rychlost posuvu nebo tažná síla? Zadával se koeficient tření?

Diskuze výsledků a závěry ukazují zlepšení shody simulace s experimentem u modelu s kinematickým zpevněním oproti modelu s izotropním zpevněním. Problematická by byla opakovatelnost experimentů a simulačních výpočtů z důvodu neuvedení některých parametrů testů a simulací. Diplomová práce je přínosem v oblasti tváření tenkých plechů a přináší prakticky využitelné výsledky. Byl zkonstruován přípravek pro cyklické zkoušky, který prokázal svoji funkčnost. Z předložené práce vyplývá, že diplomant má odpovídající technické znalosti, které aplikoval na řešení zadaného úkolu.

Rozsah a obsahová úroveň diplomové práce splňují zadání a proto

**doporučuji**

diplomovou práci k obhajobě.

V Liberci dne 10.6.2015



Ing. Pavel Hisem, Ph.D.

## **Návrh na klasifikaci diplomové práce**

*Bc. Jana Juppy*

na téma: *Predikce velikosti odpružení pomocí numerické simulace v prostředí  
PAM STAMP 2G při ohybu tenkých plechů*

V souladu s přiloženou recenzí hodnotím diplomovou práci klasifikačním stupněm:

**“velmi dobře“**

V Liberci dne 10.6.2015



Ing. Pavel Hisem, Ph.D.