

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Název práce:</b>               | Analýza mechanického chování 3D tištěného elastomeru |
| <b>Jméno autora:</b>              | Bc. Mark Lyzak                                       |
| <b>Typ práce:</b>                 | diplomová  |
| <b>Fakulta/ústav:</b>             | Fakulta strojní (FS)                                 |
| <b>Katedra/ústav:</b>             | Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky         |
| <b>Oponent práce:</b>             | Ing. Jakub Kronek, Ph.D.                             |
| <b>Pracoviště oponenta práce:</b> | Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky         |

Diplomová práce pana Lyzaka má zdánlivě standardní strukturu obvyklou pro diplomové práce. Tzn. úvod, část teoretickou, část praktickou – experimentální a nějaký závěr nebo zhodnocení dosažených výsledků. Ve skutečnosti však tyto části oddělené nejsou a čtenář si, především v praktické části, nemůže být jistý, co je popis provedeného experimentu a co je pokračování jakési pseudorešerše.

Samotné zadání, tj. provést jednoosé tahové zkoušky a vyhodnotit parametry nějakého nelineárního konstitutivního modelu se mi jeví jako středně náročné. Cíle jsou stanoveny srozumitelně a smysluplně. Ke zpracování odevzdané práce mám však řadu výhrad. Kde začít...

Úvod není žádný úvod, ale jedna z kapitol o kaučuku. Následuje tedy něco na způsob literární rešerše, což je spíš nesourodý slepenec celých kapitol a odstavců kompletně ctrl-c ctrl-v zkopírovaných z jiných diplomových prací a různých internetových článků. Prokousat se touto částí práce je dost obtížné. Jak je text zkopírovaný z různých zdrojů, čtenář si musí zvykat na různou terminologii, dohledávat si pojmy, které v původních textech jsou někde vysvětleny, ale pan Lyzak zkopíroval jen nějaké odstavce a v kontextu to potom moc nedává smysl. Celá teoretická část mi přijde jako nějaký vtíp nebo snaha o to zaplácat jakkoli čímkoli 30 stránek textu. V jednom případě pan Lyzak zkopíroval odstavec z cizí diplomové práce i s uvedením odkazu na původní obrázek, v jeho práci neexistující. Tak by se dalo pokračovat a vyjmenovávat desítky jednotlivostí, které čtenáře rozčilují a odvádí jeho pozornost. Ale dobře. Teoretická část s úvodem tedy přináší nějaký obecný přehled o rozdělení polymerů s důrazem na elastomery, jejich strukturu, fyzikální a chemické vlastnosti, historii a pak tedy především jednotlivé technologie a možnosti 3D tisku těchto materiálů. Řazení a číslování kapitol mi moc smysl nedává. Vadí mi, že se pan Lyzak nepokusil propojit praktickou část své práce s teoretickým úvodem. Když už si čtenář musí protrpět 30 stran nesouvislého textu tom, jaké existují polymery a jaké existují 3D tiskárny, očekával bych v praktické části alespoň stručnou informaci tom, jakou že technikou 3D tisku jeho vzorky vznikly a do jaké zmiňované skupiny patří použitý materiál. A v závěru třeba polemiku o tom, jak dosažené výsledky korespondují s očekáváním nebo výsledky zkoušek s podobnými materiály. Praktická část je potom plná pohádek, např. o tom, kde Dr. Gent (autor tzv. Gentova konstitutivního modelu) v kterém roce působil, na které univerzitě nebo firmě a jaké kde dostal ocenění. Bohužel, kromě informací o natahovaných vzorcích, chybí spousta základních informací o provedené jednoosé tahové zkoušce. Jaké byly rychlosti zatěžování, nějaké rozsahy posuvů nebo sil, nebo tedy i jaké byly typické rozměry vzorků, ...? Vyložené trapné u diplomanta strojní fakulty je zaměňování lambdy a epsilon, čili streče a poměrné deformace, jak v textu, tak v grafech (např. graf na obr 46). O tři řádky výš u popisu skutečného napětí dokonce tvrdí, že lambda je „délka pracovní části tělesa při protažení“. Koeficient determinace je jednou značen jako  $K_d$  a jednou jako  $R^2$ . Proč? Ať se na mě nikdo nezlobí, ale diplomová práce působí, jako když její autor povětšinou neměl absolutní tušení o čem píše, jen přepisoval nebo kopíroval, co měl pocit, že by se tématu mohlo týkat. Na druhou stranu je třeba říct, že hlavní bod zadání diplomant splnil. Provedl regresní analýzu dat z tahovek v Maple a našel dvojice parametrů Gentova modelu pro každý testovaný vzorek. Dokonce, nad rámec zadání, se velmi originálním způsobem pokusil o odhad viskoelastického chování vzorků (viz dále můj dotaz). Zajímavý a bezesporu užitečný je závěr ohledně nezávislosti mechanické odezvy na orientaci 3D tisku, čili prokázání izotropie 3D tištěného materiálu.

K jazykové stránce diplomové práce: Předem jsem věděl, že diplomant sice žije dlouhou dobu v Česku, nicméně čeština není jeho rodným jazykem. Sice v podobných případech nerozumím tomu, proč si student nenechá udělat jazykovou korekturu práce, ale v tomto ohledu bych byl přeci jenom tolerantní. Gramatických chyb, konec konců, není až zase tak mnoho. Věty jsou většinou gramaticky správně, ale mnohokrát jsem jednu větu četl dokola znovu a znovu a při vši snaze jsem nebyl schopný pochopit, co se autor snaží říct. Často jsem měl pocit, že větu nenapsal

člověk, ale nějaký robot nebo Google Translator. Nevím, jestli k smíchu nebo pláči je věta o hyperelasticitě ze str. 32 o „zeleném elastickém materiálu“, kde byl text evidentně strojově přeložen (pravděpodobně z Wikipedie) z anglického Green elastic materiál, česky Greenův elastický materiál. To mě znovu utvrzuje v tom, že diplomant neměl tušení, o čem píše.

K citacím: Pan Lyzak se v řešeršní části odkazuje na celkem 51 zdrojů, většinou se bohužel jedná o nějaké internetové popularizační články, výukové prezentace nebo cizí diplomové práce. Mám obavy, jestli diplomant vůbec alespoň vyzkoušel použít vyhledávání v nějaké databázi vědeckých publikací. Seznam citované literatury je absolutně nekonzistentní. Různé pořadí autor, název, rok, různé fonty textu, u diplomových prací chybí jméno autora. Ani náznak dodržování nějaké citační normy.

Pozitivně by se dala zhodnotit vizuální-grafická stránka práce. Text je zarovnaný v blocích, práce obsahuje spoustu pěkných barevných obrázků. Autor také nechává dost prostoru pro fantazii čtenáře. I přes všechny mé jednotlivé výhrady k předložené diplomové práci i můj pocit z práce jako celku, konstatuji však, že autor splnil všechny body zadání, popsal a vyhodnotil experiment, takže po úspěšném obhájení práce ji navrhuji ohodnotit klasifikačním stupněm **E (dostatečně)**.

#### Doplňující otázky

- 1) Jak jste přišel na způsob vyhodnocení viskózního chování testovaných vzorků z rozdílu zátěžových křivek pro první a pátý zátěžový cyklus? Zkuste to nějak rozvést. Nejedná se spíše o efekt poškozování? Čekal bych spíše srovnání zátěžné a odlehčovací fáze jednoho cyklu (hystereze), když už jste se pustil do viskoelastivity.
- 2) Co znamená, jak píšete, že maximální napětí v tahu, kterému dokáže materiál odolávat je 0,1 MPa, když je toto napětí vyhodnoceno jen z maxima jednoho zátěžového cyklu a ne z natahování až do lomu nebo meze kluzu. Vždyť těch 0,1 MPa jste si defakto sami nastavili rozsahem posuvu čelistí, ne?
- 3) Křivky, např. na obr. 42, str. 48, se jeví poměrně rozumně lineární. Dokázal byste vaše data aproximovat obyčejným lineárním modelem a mechanickou odezvu zkoumaného materiálu pro jednoduchost interpretovat pomocí Youngova modulu pružnosti?
- 4) Čím je způsoben tak obrovský rozptyl nalezeného parametru  $J_m$  u Gentova modelu? U většiny vzorků vyšel  $J_m$  v řádu jednotek nebo desítek, u některých vzorků jsou to ale statisíce. To si zaslouží komentář.

Datum: 27.1.2021

Podpis: Ing. Jakub Kronek, Ph.D.