

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Zjišťování mechanických vlastností elastomeru pomocí nanoindentace
Jméno autora:	Matouš Karabina
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky
Oponent práce:	Ing. Kamil Novák, PhD.
Pracoviště oponenta práce:	TRW Automotive Czech, s.r.o.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Student musel samostatně nastudovat odbornou literaturu a provést a vyhodnotit měření mechanických vlastností elastomeru pomocí nanoindentace. Zadání závěrečné práce tedy považuji za náročnější.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Student splnil zadání v celém jeho rozsahu.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>V rešeršní části práce se student seznámil se základy makromolekulární chemie, elastomery, popsal jejich mechanické vlastnosti a popsal princip nanoindentační zkoušky. Je jen škoda, že se student zaměřil na jeden zahraniční zdroj [Oliver and Pharr, 1992], ze kterého přebírá téměř všechny formulace a vztahy. Od zmíněného roku 1992 však vyšlo několik dalších, někdy i přehlednějších prací, které jistě původní vztahy odvozují, diskutují a případně dále zobecňují a tak vlastně pomáhají pochopit jejich význam či jejich aplikovatelnost.</p> <p>V praktické části student určil hodnotu Youngova modulu pružnosti a nanoindentační tvrdost pro vzorek z nového a opotřebeného silentbloku. Praktické části by z mého pohledu prospělo detailnější zdůvodnění (včetně obrázků), proč některá měření (zvláště měření „uvnitř“) selhala. Z tvrzení „... byly odebrány výsledky, které nevykazovaly předpokládaný průběh zkoušky.“ je pouze zřejmé, že se „něco“ stalo, ale co přesně, není z textu patrné. Vzhledem k poměrně velkým rozptylům naměřených dat bych v práci uvítal alespoň náznak validace pomocí jiné metody. Je zřejmé, že provedení konvenčních zkoušek (jednoosá tahová, biaxiální, planární) není vzhledem ke geometrii dílu možné, ale věřím, že změřené tvrdosti (Shore nebo IRHD) by pravděpodobně možné bylo. Za předpokladu, že existuje vztah mezi tvrdostí a (počátečním) modulem pružnosti [např. viz A.N.Gent: Enginnering with Rubber] by pak ke krabicovým diagramům mohla být tato hodnota dokreslena a statisticky porovnána.</p>	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Práce se věnuje zajímavému a diskutovanému tématu získání mechanických vlastností z elastomerních vzorků pomocí nanoindentace. Student musel nastudovat větší množství odborné literatury a samostatně se vypořádat s přípravou a testováním vhodných vzorků, které se neobešlo bez problémů. Za stěžejní považuji správné využití statistiky pro určení shodnosti nebo rozdílnosti statistických veličin. Osobně bych v práci uváděl i p-hodnoty. Velmi také oceňuji, že student umí své výsledky správně interpretovat a vytvořit příslušné závěry, které bych se však v budoucnosti snažil ještě podložit další literaturou.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Práce je napsána na 59 stranách a splňuje požadavek kladen na bakalářské práce z hlediska normostran. Práce je napsána v českém jazyce s minimem gramatických chyb, což svědčí o svědomité korektuře. Rozlišení obrázků je vyhovující. Grafy mají správné popisky os a legendy. Práce je psána systematicky a kapitoly na sebe dobře navazují. Pro lepší sazbu textu doporučuji při psaní budoucí práce použít LaTeX.

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Student mohl využít nejen více cizojazyčných ale hlavně aktuálnějších zdrojů. Například v minulém školním roce podobná práce již vznikla, a proto mi osobně dává smysl se na tuto původní práci odvolat a vysvětlit v čem je ta současná jiná.

Práce je plně v souladu s citačními zvyklostmi a normami. Jediná poznámka se týká některých převzatých obrázků. Autor práce přebírá některé obrázky z textů svého školitele, který však není původním autorem a taktéž správně využívá citaci původního zdroje. Domnívám se tedy, že formálně správněji by bylo využít původního odkazu na vědeckou literaturu. Jedná se však čistě o doporučení.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Práce přináší několik zajímavých výsledků a otvírá další otázky (některé viz např. otázky k zodpovězení). Cílem práce bylo porovnat mechanické vlastnosti pro vzorky z nového a opotřebeného silentbloku. Výsledkem je nižší hodnota Youngova modulu pružnosti o 55% a nižší hodnota nanoindentační tvrdosti o 24% u opotřebeného vzorku vůči vzorku novému.

Zajímavým zjištěním pro oponenta bylo, že nanoindentace je velmi citlivá metoda vykazující významný rozptyl naměřených hodnot. V dříve čtených textech o nanoindentaci elastomerních materiálů jsem se s tímto faktem nesetkal (nebo alespoň ne v takové míře).

V práci doporučuji pokračovat a zaměřit se například na ideu, zdali a jak by bylo možné stanovit pomocí nanoindentace materiálové parametry do složitějších hyperelastických modelů.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uvedte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Zadání bylo splněno. Práce je napsána systematicky, kde jednotlivé kapitoly na sebe dobře navazují. Práce obsahuje minimum gramatických chyb.

V rešeršní části se student mohl lépe zaměřit na cizojazyčnou a aktuálnější literaturu.

V praktické části chybí detailnější popis či vizualizace špatně podmíněných měření. Je velká škoda, že výsledky nebyly validovány vůči jiné metodě (zdali by to bylo vůbec možné).

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

OTÁZKY:

1. Uvedte prosím, jak přesně je vyhodnocen redukovaný modul pružnosti z experimentálních dat. Jak pojmu „redukovaný“ modul pružnosti rozumíte?
2. Co by se stalo, kdybychom uvažovali indentační hrot za dokonale tuhý. Jinými slovy, jak by se změnila rovnice (15) a následné hodnoty v Tab. 6.? Vyjádřete procentuálně.
3. Bylo by možné použít i jiný typ indentoru než Berkovičův? Například Vickersův?
4. Představte si praktickou situaci. Budeme chtít pomocí nanoindentace změřit mechanické vlastnosti (modul pružnosti) u těsnění či u nějaké gumové membrány, kde konvenční testy nejsou možné. Co vše budeme muset udělat, abychom požadované mech. vlastnosti získali? Je možné položit např. zmíněné těsnění na pracovní stůl a začít měřit nebo je nutné provést podobné kroky jako ty, které jsou uvedené v práci – řezy, lepení na sklíčko, aj.?

Datum: 6.8.2019

Podpis: Kamil Novák