

<b>Název práce:</b>	Analýza inflačního experimentu elastomerní trubice
<b>Jméno autora:</b>	Matyáš Budinka
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Hynek Chlup, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Primární náplní předkládané bakalářské práce je analýza experimentálních dat získaných z inflačně-extenzních zkoušek podélně předepnuté elastomerní trubice. Trubice byla předepjata pomocí zavěšených závaží o hmotnosti 0, 500, 750 a 1000 g. Práce je rozdělena na část rešeršní a část zpracování experimentálních dat. Část rešeršní zabírá 2/3 rozsahu práce a student se zde zabývá zejména umělými polymerními materiály. Tato část je nasyceny odbornými pojmy vhodnými pro četbu odborníka z oblasti chemie. Je faktem, že kolagen obsažený v biologické tkáni tubulárních struktur, jako jsou cévy nebo části trávicího traktu, které jsou v práci zmiňovány, je biologickým polymerem. Myslím si, že kapitoly 4.1 a 4.2 popisující tyto biologické trubice a kapitola 3.7 Recyklace, do této práce úplně nezapadají.

Student čerpal z 25 zdrojů, což je nadprůměrné. Většina z nich je uváděná jako online a jsou uvedeny webovské odkazy. Jedná se o knihy, prezentace, studijní texty, weby firem. Bohužel chybí odborné časopisecké publikace. V práci je pár překlepů, kdy se nejčastěji vyskytuje identor místo indentor.

Cíle stanovené v úvodu bakalářské práce byly splněny. Student se seznámil s vlastnostmi a stavbou polymerních materiálů. Seznámil se s některými metodami mechanického testování polymerů a provedl analýzu dat získaných z inflačně extenzních testů polymerní trubice. K prezentovanému naplnění dílčích cílů mám však menší poznámky nebo výhrady. Chybí mi kapitola diskuse.

- V práci je mnoho ilustrativních obrázků. Bohužel mnoho z nich není citováno (propojeno) v textu práce.
- V kapitole 4 Nelineární trubice a v kapitole 5 Nelineární mechanika se mluví o nelineární odezvě materiálů jak biologických tak polymerních umělých. Je škoda, že text v této pasáži práce není obohacen o ilustrativní grafy mechanických charakteristik, kdy jedny mají konvexní a druhé většinou konkávní průběh.
- Protože tubulární vzorek měl na svém konci dno, byl interním tlakem kapaliny namáhán jak v obvodovém, tak i v podélném směru. Ne jen ve směru obvodovém jak píše autor. Pokud by trubice měla vnitřní průměr např. 10 mm pak při interním tlaku 25 kPa by na dno působila síla v axiálním směru odpovídající hmotnosti cca 200 g.
- V práci chybí zmínka o parametrech experimentů. S jakou frekvencí byly snímány tlaky, jaké tlakové senzory byly použity, jaké bylo rozlišení kamer, jakou měli nastavenou snímací frekvenci, jakou rychlostí se pohyboval píst stříkačky, tj. jaká byla rychlost zatěžování vzorku, jaká byla základní geometrie testovaných vzorků: délka, průměr, tloušťka stěny? A hlavně, z jakého typu polymeru byl vzorek. V práci se často objevuje slovo creep spojené s testovaným materiálem. Např. u reaktoplastů, tj. např. zesíťovaných polymerů, se creep a relaxace projevují jen nepatrně.
- ROI není metoda, ale právě označení pro vybranou oblast.
- V kapitole 6.2 není Hookův zákon vztah (5.3) ale (6.3).
- Dovolím si studentovy oponovat v případě využívání ohybové zkoušky. Ta se při mechanických zkouškách nepoužívá ojediněle, ale je hojně využívána a to v oblasti prostého ohybu nebo 3 či 4 bodového ohybu jak u plastů, tak u kompozitních polymerních materiálů.
- S tvrzením v kapitole 8 vycházející z obr. 34 a 35 si dovoluji polemizovat. Nejsou zde uvedeny parametry zkoušek, zejména zdvih (rozdíl dolní a horní úvratě) pístu stříkačky a tím injektované množství do zkušební vzorku. Pokud na vzorek bylo zavěšeno závaží a on se tímto protáhl, zřejmě se zvětšil jeho vnitřní

objem. Tím bylo možná třeba vtlačit více kapaliny (větší zdvih pístu) a při zachování stejné rychlosti posuvu pístu musel tento úkon trvat jistě delší dobu, pokud mělo být docíleno podobné hodnoty interního tlaku.

- V kapitole 8.1 si nejsem jistý správností uvedených hypotéz. Pokud je obvodová deformace v 1. zatěžovacím cyklu větší než v posledním cca o 1% pak nemusí docházet k tečení (creepu). To by spíše měla být deformace v posledním cyklu větší než v 1. V axiálním směru, obr. 37, je rozdíl mezi deformacemi v 1. a posledním cyklu cca 0.1 %. To by se dalo považovat takřka za nulovou, zanedbatelnou deformaci. Bohužel zde není uvedena analýza přesnosti nebo parametrů měření, proto lze jen spekulovat, zda hodnoty deformací v desetinách %, nebo menší, jsou ještě věrohodné.
- V kapitolách popisující zpracování výsledků není zřejmé, který stav trubice byl brán jako referenční pro prezentované závislosti tlak – deformace a deformace – čas v jednotlivých zatěžujících cyklech.
- Pokud by docházelo ke creepu materiálu, byl by zřejmě patrný pokles tlaku při cyklickém zatěžování na obou extrémech, tj. jak v maximech tak minimech. Pokles je jen v maximech. Minima jsou stejná. To by spíše odpovídalo cyklickému změkčení materiálu. To je ale zase v konfliktu s pozorovanými hodnotami obvodové deformace, 1. cyklus má větší obvodovou deformací než poslední při zachování stejné axiální deformace. Nemohly by být např. brány v úvahu alternativní hypotézy, jako je absorpce (nasákání) kapaliny do stěny zkoušeného vzorku, ustavování vzorků ve vazbách v místech upnutí (vytékání, pomalé vyklouzávání materiálu z vazeb) nebo možnou drobnou netěsnost v experimentálním systému. Pokles špiček tlaku při 9 cyklech byl z tlaku 26 kPa o 2 kPa. Pokles tlaku na 1 cyklus byl tedy průměrně cca 0.2 kPa. Při prvních cyklech špičkový tlak klesal rychleji a při aplikaci závaží 500 g byl celkový pokles špiček tlaku méně výrazný než u vzorku bez závaží, který byl zřejmě testován jako první. Výše zmíněné by možná mohlo napovědět, proč se axiální deformace v podstatě zastavila (ustálila) po 6 cyklu. Možnou absorpci kapaliny do stěny by se mohla zvýšit její tloušťka i tuhost a proto mohly být deformace v posledním cyklu menší než v 1. Také by se tím mohla zmenšit plocha hysterezní smyčky 1. a posledního cyklu. Špičkový tlak je v posledním cyklu oproti 1. menší cca o 7% a obvodová deformace zhruba také o tolik. Bohužel v práci není uvedeno z jakého polymeru byla trubice vyrobena, proto je možná nasákavost stěny jen spekulace.
- Proč jsou v kapitole 8.2 brány axiální deformace z kamery 1 a obvodové z kamery 2 a nejsou brány průměrné z obou kamer nebo oba typy deformací z jedné kamery? Jak student správně uvádí, z každého pohledu videoextenzometru lze díky geometrické nedokonalosti vzorku získat rozdílné hodnoty deformací. Pro správné vyhodnocení experimentu a interpretaci výsledků je důležité brát v potaz změřenou realitu, ne vybírat data, která korespondují s mým očekáváním. Tím se ztrácí objektivita výsledků.

*I přes některé výhrady, které k práci mám, a které by se jistě časem podařilo eliminovat, působí text uceleným a dostatečně přehledným dojmem. Práce je psána srozumitelně. Přínos sledávám ve zpracování experimentálních data. Oceňuji studentovu dedukční činnost při tvorbě hypotéz pro vysvětlení pozorovaných složitých a nejednoznačných jevů. Také oceňuji teoretický exkurz do oblasti nelineární mechaniky, kde jistě musel student své znalosti doplnit samostudiem.*

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Doplňující otázka:

Z jakého polymerního materiálu byl zkoušený vzorek, jaké měl rozměry a lze uvažovat hypotézu nasáknutí kapaliny do stěny vzorku? Jak se změní mechanické vlastnosti materiálu polymeru s absorbovanou kapalinou?

Datum: 15.8.2019

Podpis: Ing. Hynek Chlup, Ph.D.