

<b>Název práce:</b>	<b>Tribologické chování 3D tištěného polymeru</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Bc. Ivana Šetmaňuková</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Odbor biomechaniky člověka / Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Hynek Chlup, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Odbor biomechaniky člověka / Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Diplomová práce se zabývá porovnáním otěrových vlastností kluzné dvojice CoCrMo hlavice a jamek z PEEK vyrobených konvenčně a pomocí 3D tisku. Byly zkoumány čtyři konvenčně a tři 3D tisknuté PEEK jamky. Experimenty byly prováděny pomocí simulátoru KKK ELO 2011. Kluzné dvojice byly cyklicky zatěžovány 250 000 cykly s konstantní přitlačnou silou 200 N. U vzorků byly porovnány hmotnostní a objemové úbytky. Náročnost práce považuji za standardní, průměrně náročnou.

Zadání práce bylo splněno. Bod zadání, týkající se rešerše o metodách 3D tisku a vlastností 3D tištěných materiálů, je splněn, ale zasloužil by si více pozornosti a detailnějšího zpracování. Jedná se cca o 3 strany. V práci je nad rámec zadání kapitola věnující se struktuře vzorků pomocí výpočetní tomografie (CT).

Studentka zvolila vhodný a dostupný postup řešení zadání. Pro měření hmotnostních úbytků materiálu bylo využito spolupráce s Ústavem strojírenské technologie FS a k analýze struktury PEEK vzorku, zejména porozity, byla navázána spolupráce s pracovištěm disponujícím vhodným CT. Experimentální data byla zpracovávána v několika software.

Bohužel práce trpí některými nedostatky, ať věcnými nebo formálními. Uvádím některé z nich:

- Nadpisy kapitol, uváděných v obsahu, jsou voleny tak, že vytvářejí dojem duplicity a není úplně jasné, co v kapitole bude.
- V práci není uveden seznam použitých symbolů a zkratk, jak bývá zvykem.
- Citace by měla být součástí věty. Někde je věta ukončena tečkou před, jinde za citací.
- Chybí číslování matematických vztahů. Je pak obtížné na ně odkazovat v textu práce.
- V kapitole o otěru jsou zmiňovány typické testy. Bylo by vhodné k popisu doplnit obrázek či schéma.
- V části práce zabývající se popisem materiálů, mechanickými a otěrovými vlastnostmi bych očekával nějaké grafy, průběhy charakteristik z vybraných typů zkoušek nebo za různé teploty. Ukázat, zda jde o lineární nebo nelineární odezvu materiálu. Nebo porovnání charakteristik PEEK s materiálem, který má nahradit, např. kost, UHMWPE nebo CoCrMo slitinu. Vhodně by se doplnily informace v Tab. 4.
- Nejsou ukázány konvenčně vyrobené vzorky z PEEK a jejich detail pro vizuální porovnání s 3D tiskem.
- Bylo by vhodné uvést název (typ) termokamery a přesnost rozlišení, měření.
- S jakou přesností zařízení CT fungovalo? Je velikost pórů na Obr. 35 reálná? Odhadem, ze znalosti geometrie vzorků z výkresu v příloze, odhaduji velikost póru na 0.3-0.5 mm. To je poměrně hodně. Odpovídá to realitě deklarované výrobcem 3D tiskárny? Na Obr. 36 je uvedeno nějaké měřítko, ale je nečitelné. Bohužel ani distribuční křivka není čitelná.
- Str. 33 frekvence má jednotku Hz = 1/s ne s, jak se uvádí.
- Myslím si, že na Obr. 31 je náčrtek schématu kinematiky a měření hlavice ne 2D model.
- Jakým algoritmem nebo volanou funkcí v Matlabu byla prováděna optimalizace funkce f a na základě jakých kritérií? Získáním aktuální polohy hlavice jsou myšleny hodnoty polohy středu kružnice  $x_{k0}$  a  $y_{k0}$ ? Co znamená ve vztahu r?
- Na str. 42 nerozumím výrazu lineární úbytek materiálu. Není vysvětleno. Pak nerozumím, co mi říkají data uvedená v Tab. 12 a 13.

- Opakující se pojem vydřené oblasti nebo vydření, bych jako technik raději nahradil termínem opotřebení.
- Informace a formulace v diskusi jsou již řečeny a formulovány ve výsledcích, opakují se. Diskuse bývá většinou postavena obráceně, než je v práci uvedeno. Nejdříve by se měl čtenář seznámit s tím, co bylo již publikováno, pak autor sdělí své výsledky a pak je porovnává a diskutuje s výše uvedenými prameny.
- Výběr a počet zdrojů (38) je dobrý a postačující. Citace v diskusi, na rozdíl o rešeršní části práce, jsou poněkud nestandardní. Studentka uvádí jméno autora, rok vydání a za toto postaví číselnou citaci, jak je uvedena v seznamu literatury. Jde tedy o duplicitní citaci dvěma styly.

Se závěry studentky na str. 49-50, že dle prezentovaných dat je jasný rozdíl v hmotnostním úbytku materiálu mezi 3D tištěným PEEK  $3.65 \pm 0.43$  mg a konvenčním vzorkem z PEEK  $6.98 \pm 1.11$  mg souhlasím. Nesouhlasím ale s tvrzením, že byl prokázán rozdíl i v objemovém úbytku materiálu. Výsledky jsou si velmi blízké  $5.83 \pm 1.92$  mm<sup>3</sup> pro 3D PEEK a  $6.49 \pm 1.02$  mm<sup>3</sup> pro konvenční PEEK. Směrodatná odchylka vypočtena ze 3 hodnot nebude mít tu správnou vypovídající hodnotu. Pro dva výběry, kde jsou v jednom 3 a ve druhém 4 pozorování, je statistika, tedy t-test, zbytečný. Není dostatek pozorování.

Souhlasím se závěry práce, že 3D tisknutý PEEK by mohl mít lepší kluzné vlastnosti s ohledem na opotřebení a uvolňování otěrových částic. Ovšem počet provedených zkoušek by bylo nutné rozšířit z jednotek na desítky. Až poté by bylo seriózní činit hlubší závěry.

Práce je zajímavá a téma práce je jistě nosné a má budoucnost. Je vidět, že si práce musela vyžádat poměrně dost času. Bohužel celková kvalita zpracování je z mého pohledu pouze dobrá, a to je škoda.

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

Otázka: Nejsou mi úplně jasné hypotézy vysvětlující nesoulad mezi hmotnostním a objemovým úbytkem materiálu 3D tisknutého a konvenčního PEEK po opotřebení v experimentu. Prosím o bližší vysvětlení.

Datum: 25.8.2021

Podpis: Ing. Hynek Chlup, Ph.D.

