

OPONENTNÍ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Filip Vélé

Název práce: Konstrukce dílu s ohledem na aditivní výrobu a ověření jejich funkčnosti

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Šafka, Ph.D.

Oponent: Ing. Štěpánka Haiblíková

1. Hodnocení diplomové práce

Hodnocení	výborně	výborně minus	velmi dobře	velmi dobře minus	dobře	neprospěl
Splnění cíle a zadání práce	x					
Kvalita provedené rešerše		x				
Metodika řešení práce	x					
Odborná úroveň práce	x					
Přínos práce a potenciální aplikovatelnost výsledků		x				
Formální a grafická úroveň práce		x				
Osobní přístup studenta	x					

Hodnocení vyznačte x v příslušném políčku.

Výsledné hodnocení oponenta práce je dáno celkovým subjektivním hodnocením.

Klasifikace práce v bodě 5 je uvedena slovně, ne číselně ani písmenem.

2. Připomínky a komentáře k diplomové práci

Student zpracoval velmi rozsáhlou práci, jež se zabývá aplikací topologické optimalizace v kombinaci s aditivní technologií při konstrukci běžně používané součástky. I přes to, že hlavním cílem práce bylo provést dílčí kroky při zvolené technologii výroby, výsledný produkt, odlehčený představec na kolo, je plně funkční.

Práce je přehledně strukturovaná, jednoznačně rozdělena na část rešerše a část praktickou. Zvláště oceňuji psaní práce v LaTeXu. Motivace práce je v úvodu jasně stanovena. Teoretické části jsou doprovázeny obrázky, které popsanou teorii výstižně doplňují. Samotný výběr technologie výroby je trendem současné doby a představuje perspektivní řešení do budoucnosti spolu se svým širokým rozsahem aplikace. Aditivní technologie je nejprve obecně rozdělena a zároveň je rozebrána konstrukce dílu s ohledem na tento druh výroby, kterou pak student zohledňuje při samotném návrhu součástky (výběr technologie a materiálu, tloušťka stěny, výška výrobku, zaoblení hran, sklon převisu). Následně je zvolená technologie a materiál podrobně popsán. Tím jsou splněny první dva body zadání práce. Třetí bod zadání, provedení návrhu dílu, jeho výroba a otestování, je podrobně popsán v praktické části práce. Student nejprve popisuje zvolenou součástku a prostor pro zlepšení, průběh optimalizace tvaru součástky při daném zatížení, výběr tepelného zpracování, a také skenovací strategie pro minimalizaci porozity struktury. Mechanické testování je

provedeno dle normy pro statické i dynamické zatěžování. Student navíc před samotným testováním součástky provedl strukturní analýzu dílu pomocí metody konečných prvků. Všechny výsledky jsou v závěru okomentovány a jsou uvedeny návrhy pro vylepšení. Je také uveden odhad ceny výrobku a jeho konkurenceschopnost. Po drobných úpravách a rozsáhlejší testování by bylo možné výrobek uvést na trh. S porovnáním se současnou nabídkou na trhu je však do budoucna potřeba snížit váhu i cenu výrobku.

V práci se vyskytují jen drobné nedostatky a nejasnosti. Po jazykové stránce, případnou příležitost ke zlepšení představuje anglická část abstraktu a drobné interpunkční chyby. Použitá literatura v úvodní části práce by měla být lépe zdokumentována. K praktické části mám následné připomínky. V části počítačové simulace zkoušek není jasné, zdali student použil elementy lineární nebo kvadratické, kde je potřeba dát pozor na to, že lineární čtyřhrany pro rozbor vnitřního napětí struktury nejsou doporučeny. Simulace mechanických zkoušek byly vyhodnoceny na základě materiálových vlastností naměřených v tahové zkoušce horizontálně tištěného vzorku s tepelnou úpravou. Ty jsou přibližně o čtvrtinu optimističtější než materiálové vlastnosti uvedené v citované práci [64]. Spolu s koncentratory napětí ve struktuře, odhadovaných na základě simulace, a výsledkem dynamické zkoušky, kdy došlo k selhání součástky v jednom z těchto míst, se zdá být potřeba znovu zhodnotit navržený design představce a přiklonit se více na bezpečnou stranu návrhu. Zaměřit se také na snížení hmotnosti volbou jiného referenčního tvaru. V části práce, kde student zdůvodňuje výběr mechanických vlastností je třeba přesněji definovat pojmy horizontální zkouška a horizontální tisk.

3. Otázky k diplomové práci

- 1) Student využívá tepelného ohřevu součástky na 300°C pro uvolnění vnitřního pnutí. V kapitole 6.4 student zdůvodňuje výběr tepelné úpravy pro zabránění nejhoršího možného stavu, při kterém dojde k maximálnímu relativnímu prodloužení 1.5 %.
a. Je maximální relativní prodloužení klíčovým parametrem pro danou aplikaci představce?
(Nebylo by vhodnější hodnotit mez kluzu materiálu, při které dochází k nevratné deformaci a snížení pevnostní odolnosti materiálu?)
b. Jaké jsou další důvody pro zavedení úpravy tepelným zpracováním?
- 2) V části simulace zkoušek metodou konečných prvků jsou uvedeny parametry sítě.
Jakým způsobem student dospěl k dané velikosti elementu (tj. byla provedena analýza konvergence řešení pro zajištění výsledku simulace nezávislého na hustotě sítě)?
- 3) Student v závěru práce uvádí, že design byl po topologické optimalizaci upraven s ohledem na viditelné koncentratory napětí. Dále také uvádí, že upravený design byl použit pro simulace zatížení pomocí MKP a zhodnocuje, že se výsledky pohybovaly v elastické oblasti zvoleného materiálu. Jsou zde ovšem stále viditelné koncentratory, kde se napětí blíží mezi kluzu materiálu a navíc součástka při testování dynamické únavy selhala. Student uvádí zesílení konstrukce v místě koncentrátoru jako jeden z možných řešení bezpečnosti.
Jakou má roli délka těla představce? Bylo by možné ji zkrátit pro snížení momentového ramene, a tím snížit napětí v místě spoje představce s hlavovou trubkou kde se nachází další napěťový koncentrátor? Jaké by byly budoucí kroky ke zvýšení koeficientu bezpečnosti?



4. Vyjádření oponenta, zda diplomová práce splňuje požadavky na udělení akademického titulu a zda je doporučena k obhajobě

Práce představuje velmi rozsáhlý projekt, ve kterém student čelil dílčím úkolům, které byly velmi různorodé. Od konstrukčního návrhu a topologické optimalizace součástky, přes laboratorní testy, kdy byla měřena porozita a mechanické vlastnosti materiálu. Student se také vypořádal s počítačovými simulacemi napětí ve struktuře součástky i zvolené technologie výroby. Práci dokončil až po samotnou výrobu součástky, ověření její funkčnosti při postupování dle českých norem a finanční analýzu výroby. Výše jsou uvedeny drobné nedostatky a nejasnosti práce, avšak celková práce je velmi jasně a dobře provedena a svým obsahem praktické části převyšuje rozsah diplomové práce. Cíle práce byly splněny v plném rozsahu.

Proto diplomovou práci Bc. Filipa Véleho doporučuji k obhajobě a navrhuji klasifikaci: **výborně**.

5. Klasifikace oponenta diplomové práce

Výborně

V Jablonci nad Nisou, dne 18.6.



podpis oponenta diplomové práce

