



Vysoká škola technická a ekonomická
v Českých Budějovicích

Ústav technicko-technologický



Obrábění uhlíkových kompozitních materiálů s polymerními matricemi

Autor bakalářské práce: Zbyněk Svoboda

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Soňa Rusnáková, Ph.D.

Oponent bakalářské práce: doc. Ing. Ján Kmec, CSc.

České Budějovice, červen 2016

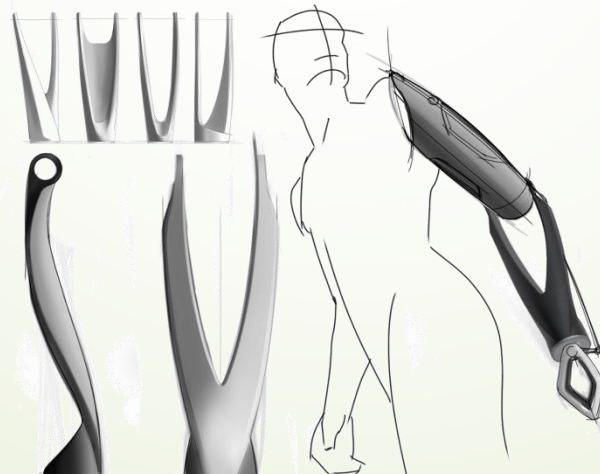


Obsah prezentace

- Motivace a důvod k řešení problému
- Cíl práce
- Výzkumný problém
- Metodika
- Aplikační část
- Čas pro výrobu
- Cenová kalkulace
- Shrnutí

Motivace a důvod k řešení problému

- Možnost využití v mnoha odvětvích
- Progresivní rozvoj kompozitů
- Vlastnosti kompozitního materiálu
- Atraktivní téma
- Futuristické téma



Zdroj: <https://rayeski.files.wordpress.com/2013/03/rayeski-arm-concept-sketches-3.jpg> [online]



Zdroj: <http://www.carbonfiber.gr.jp/english/field/craft.html> [online]



Zdroj: <http://www.compositesworld.com/articles/automotive-cfrp-repair-or-replace> [online]



Cíl práce

- Cílem bakalářské práce je optimalizace procesu obrábění polymerních kompozitních materiálů, vhodná geometrie nástroje, řezné podmínky a také vliv objemového podílu vláken na kvalitu obrobených ploch. Výstupem experimentální části bakalářské práce budou doporučené podmínky obrábění pro polymerní laminární kompozitní materiály, zejména s uhlíkovou výztuží a s nejčastěji používanými typy matric.



Výzkumný problém

- Navrhnutí náhrady za původní součást
- Výkres součásti
- Technologický postup
- Navrhnutí podmínek obrábění
- Výběr strojů a nástrojů pro obrábění
- Geometrie nástrojů
- Cenová kalkulace
- Porovnání původní součástí s kompozitní náhradou



Metodika

- Aplikování nabytých zkušeností z teoretické části práce
- Vytvoření návrhu součásti z kompozitního materiálu
- Stanovení technologického postupu
- Teoretické vložení součásti do výroby a její obrobení
- Porovnání originální součásti s novým návrhem

Nahrazení originální součásti

- Součást: svislý nosník podkolení protézy
- Původní materiál: Hliník nebo jeho slitiny
- Nový materiál: Uhlíkový kompozitní materiál s polymerní maticí

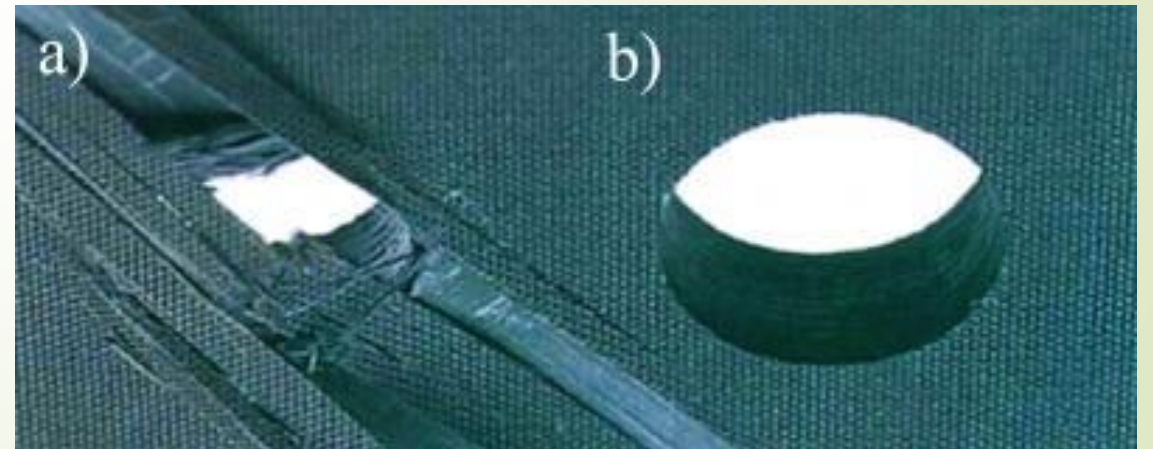
- Výhody kompozitu: Pevnost, Hmotnost
- Nevýhody kompozitu: Křehkost, Cena

Spojovací
adaptér



Rozdíly v obrábění

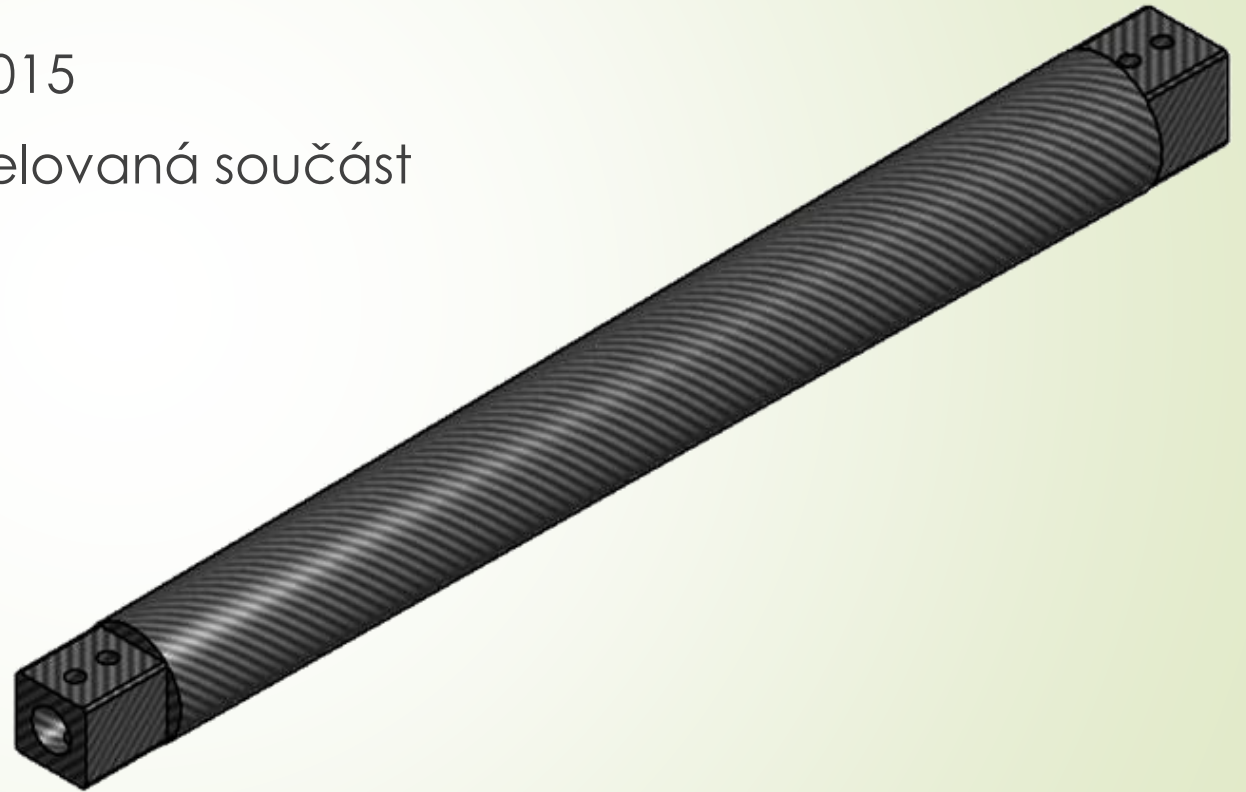
- Rozdílné třísky
- Třepeň a delaminace vrstev
- Škodlivý a abrazivní prach z kompozitu
- Elektricky vodivý prach
- Nasákavá vlákna



Zdroj: <http://www.mmspektrum.com/multimedia/image/36/3608.jpg> [online]

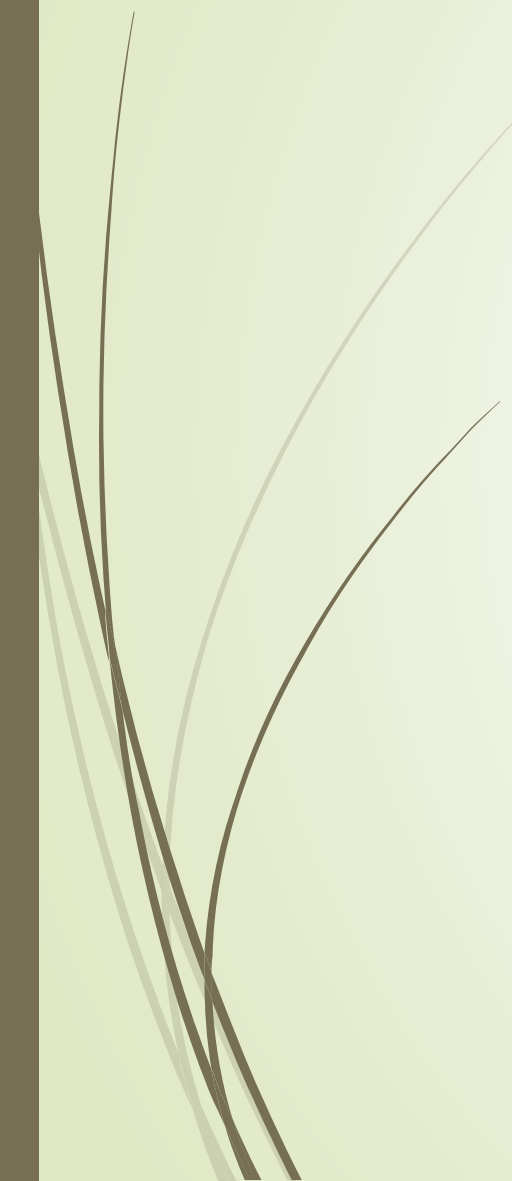
Vytvoření modelu

- Autodesk Inventor 2015
- Individuálně vymodelovaná součást
- Materiál CFRP
- Vytvoření výkresu



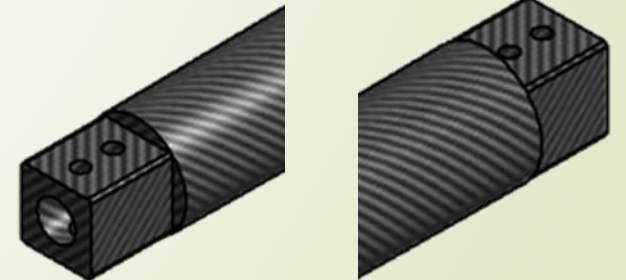


Technologický postup

- ▶ Tvůrčí a kreativní činnost
 - ▶ Ujasnění následností operací
 - ▶ Minimalizování komplikací
 - ▶ Optimalizace výroby
 - ▶ Volba materiálů a rozměru polotovaru
 - ▶ Stanovení strojů a nástrojů
- 

Charakteristika součásti

- Uhlíkový kompozitní materiál s polymerní matricí
- Spojení s dalšími hlinkovými součástmi
- Usazení do čtvercové drážky
- Uchycení přesnými šrouby průměru 5mm
- Válcová část součásti povrchově upravena lakem




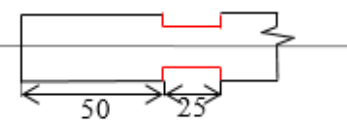
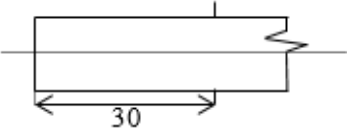
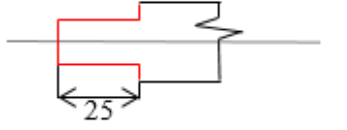
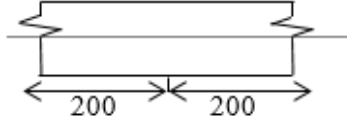
Zdroj: Vlastní zpracování



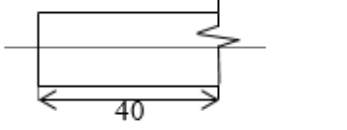
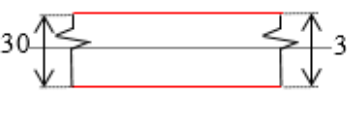
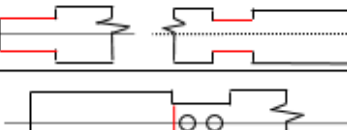
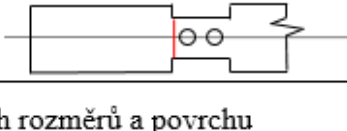
Zvolení rozměru polotovaru

- Maximální rozměry součásti
 - Průměr: 35mm
 - Délka: 350mm
- Polotovary z hlediska minimalizace odpadu
 - Průměr: minimálně 35mm
 - Délka: 400mm



Výrobní postup součásti

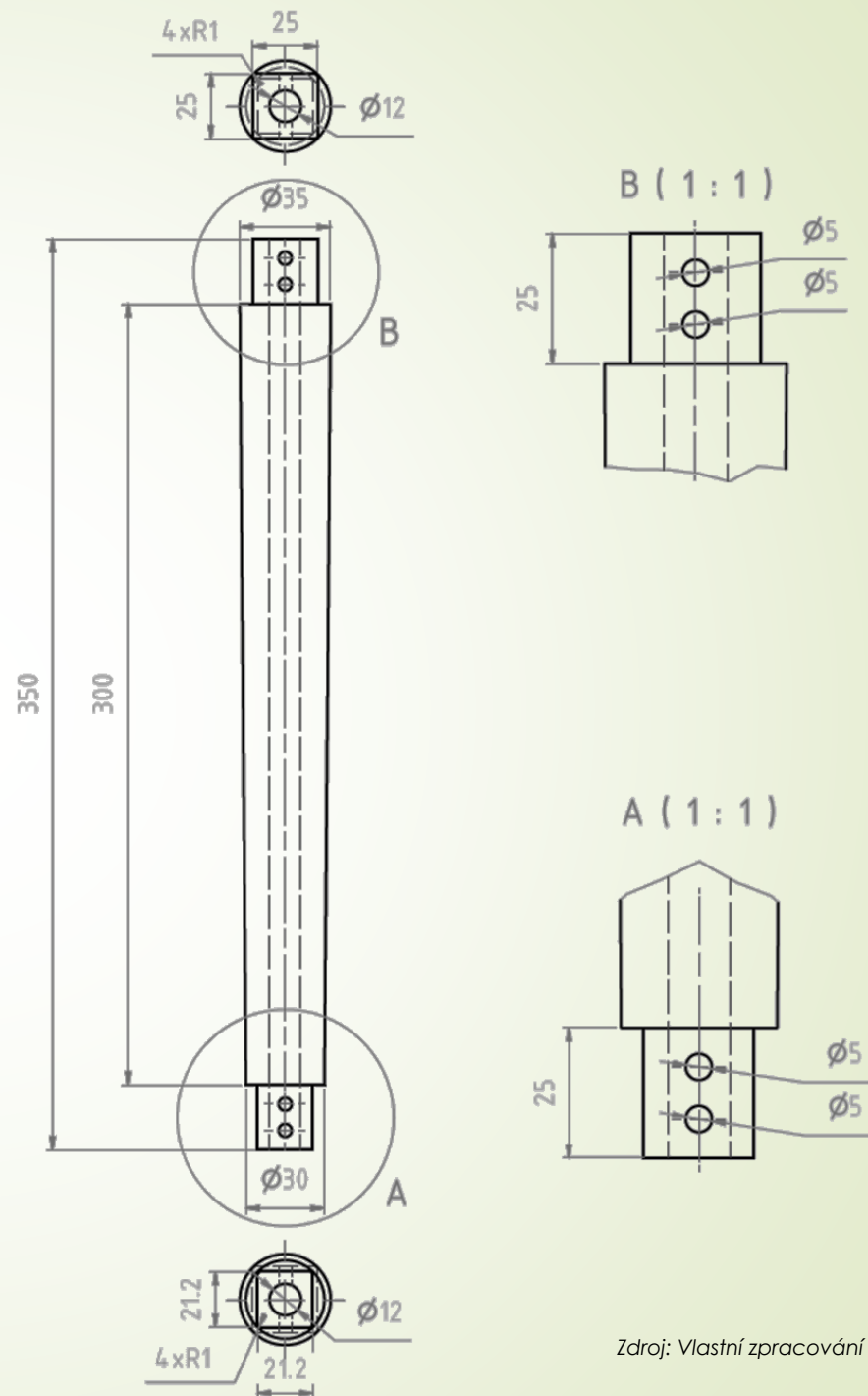
Č. operace	Popis práce	Vyobrazení	Nástroje	Řez. rychl. v_c [m/min]	Posuv f [mm/ot]
1 - frézka	Upnutí 80mm od kraje				
2 - frézka	Ofrézovat do hloubky 6,9mm otočit o 90°, 3x opakovat		Čelní válcová fréza 25mm	300 - 500	0,04 - 0,06
3 - frézka	Upnutí 30mm od kraje				
4 - frézka	Ofrézovat do hloubky 5,0mm otočit o 90°, 3x opakovat		Čelní válcová fréza 25mm	300 - 500	0,04 - 0,06
5 - vrtačka	Upnout na střed				

Č. operace	Popis práce	Vyobrazení	Nástroje	Řez. rychl. v_c [m/min]	Posuv f [mm/ot]
6 - vrtačka	Vyvrtat otvory 5mm		Vrták 5mm	60	0,08
7 - vrtačka	Vyvrtat otvory 5mm		Vrták 5mm	60	0,08
8 - soustruh	Upnutí v délce 40mm				
9 - soustruh	Soustružení od Ø30 k Ø35 v délce 300mm		Uběrací nůž	40	0,10
10 - soustruh	Sražení hran		Nůž hladicí	40	0,10
11 - soustruh	Upíchnutí		Zapichovací nůž	40	0,10
12 - měření	Kontrola všech rozměrů a povrchu		Posuvka		
13 - povrch	Povrchová úprava lakováním		Lak		

Tolerance

	Kóta	Tolerance
1	4xR1	$\pm 0,1$
2a	25,0	- 0,1
2b	25,0	- 0,1
3	$\varnothing 12$	$\pm 0,3$
4	$\varnothing 35$	- 0,3
5	25,0	$\pm 0,1$
6	$\varnothing 5$	5h7
7	350,0	$\pm 0,3$
8	300,0	$\pm 0,3$
9	$\varnothing 30$	$\pm 0,3$
10	25,0	$\pm 0,1$
11	$\varnothing 5$	5h7
12a	21,2	- 0,1
12b	21,2	- 0,1
13	$\varnothing 12$	$\pm 0,3$
14	4xR1	$\pm 0,1$

Zdroj: Vlastní zpracování



Zdroj: Vlastní zpracování

Výběr strojů

Pásová pila SH 330BR



Frézka FSS 400 V/2



Zdroj: Vlastní zpracování

Vrtačka sloupová VS 32



Soustruh hrotový SV 18 RA/1000



Zdroj: Vlastní zpracování

Výběr nástrojů

► Pilový pás

- Rozměr: 27 x 0,9 x 4150 mm
- Počet zubů na palec: 8/12
- Materiál: HSS-M 42

► Fréza

- Fréza válcová čelní
 - Průměr: 25 mm
 - Počet zubů 5
 - Materiál: HSSCo8
- Vhodnější special. fréza od Sandvik Coromant:
- CoroMill Plura S215...
 - Průměr: 16 mm
 - Počet zubů: 4
 - Materiál: Nástrojová ocel 52 HRC

► Vrták

- Průměr: 5 mm
- Materiál: HSS

- Vhodnější specializovaný vrták od Sandvik Coromant z řady CoroDrill 856, snižující riziko delaminace, například:

► Vrták pro CFRP CoroDrill 856: N20C

- Průměr: 5 mm
- Materiál: HSS s diamantovým povlakem

► Nože

► Zapichovací lichoběžníkový nůž Radeco POLDI – HSS

- Rozměry: 1,6 x 6 x 100 mm
- Materiál: HSS

► Uběrací nůž s SK VBD

► Držák SCMT 09T3

- Rozměr: 14 x 16 mm
- Destičky: SCMT 09

► Destička VBD SCMT 09T308 SM IC9150

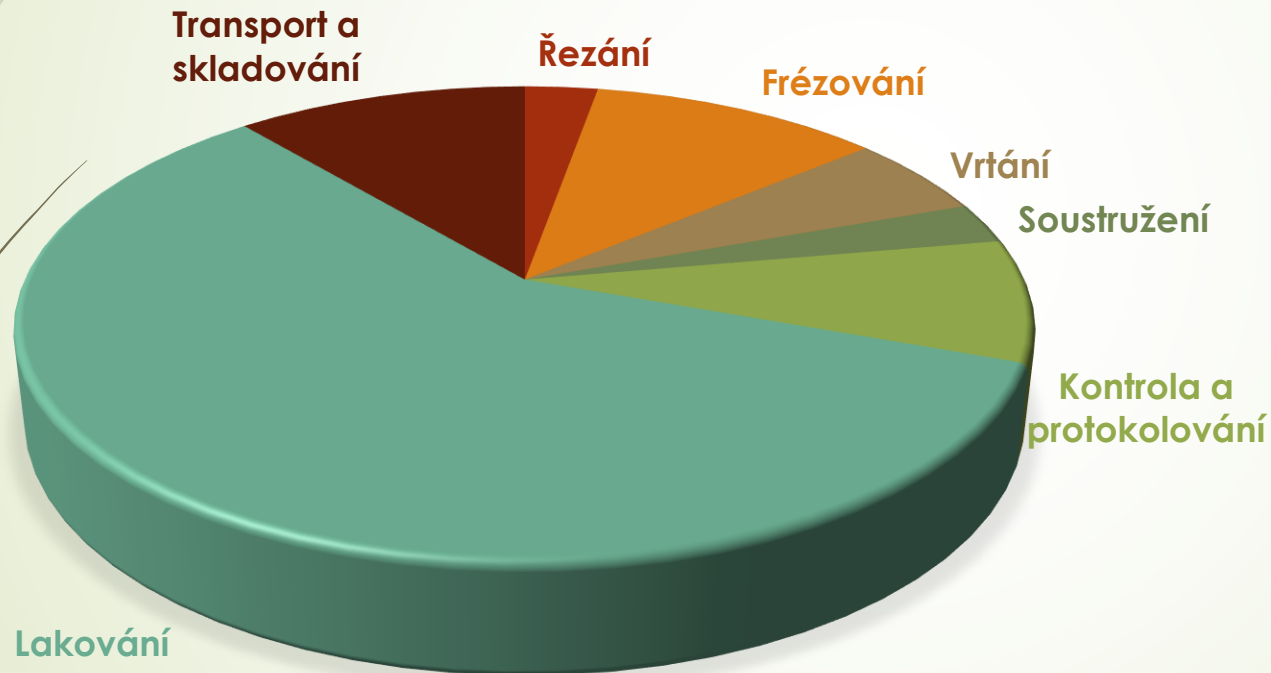
- Rádus: 0,8 mm
- Materiál: HSS s diamantovým povlakem

Geometrie nástrojů

- Frézování obdenná geometrie s nástroji pro obrábění kovových materiálů
 - rádius řezné hrany a řezné špičky by měl dosahovat co nejnižších hodnot
- Soustružení - pozitivní geometrie řezného břitu
 - úhel hřbetu se volí v rozmezí $10^\circ - 12^\circ$, úhel čela $18^\circ - 20^\circ$
- Vrtání - běžná geometrie
 - nejmenší délku příčného ostří
- Sandvik Coromant – specializované nástroje
 - Fréza - CoroMill Plura S215...
 - Vrták - CoroDrill 856: N20C



Čas pro výrobu prototypu



Zdroj: Vlastní zpracování

Zdroj: Vlastní zpracování

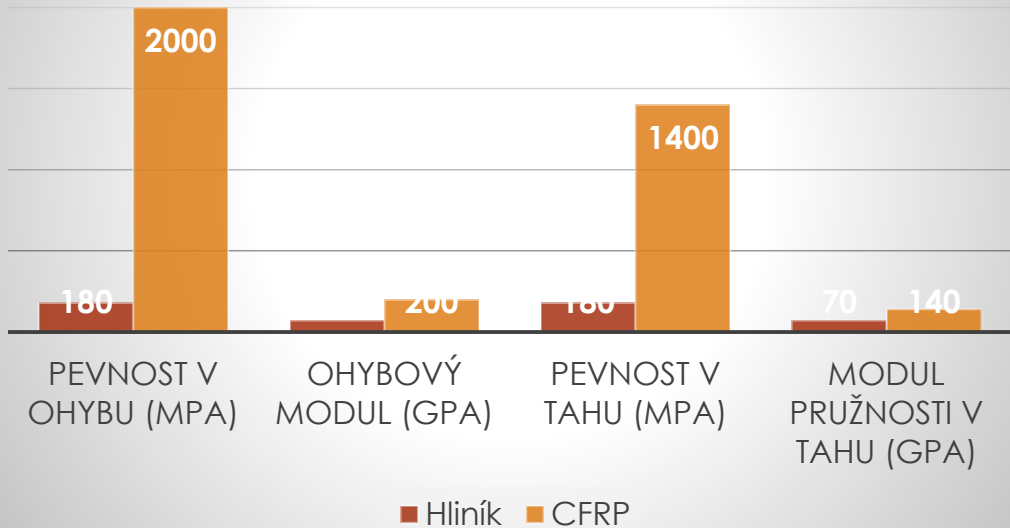
Cenová kalkulace

- Cena polotovaru na trhu: 1700 Kč
- Strojní hodinová sazba: 180 Kč/hodinu
- Litr barvy s tužidlem: 750 Kč

Položka	Čas (h)/Množství (ks nebo l)	Cena
Řezání	0,167	30,06
Frézování	0,667	120,06
Vrtání	0,333	59,94
Soustružení	0,167	30,06
Transportní zařízení	0,667	120,06
Lakování	3,500	630,00
Lak	0,250	187,50
Polotovar	1,000	1700,00
Celkem		2877,68

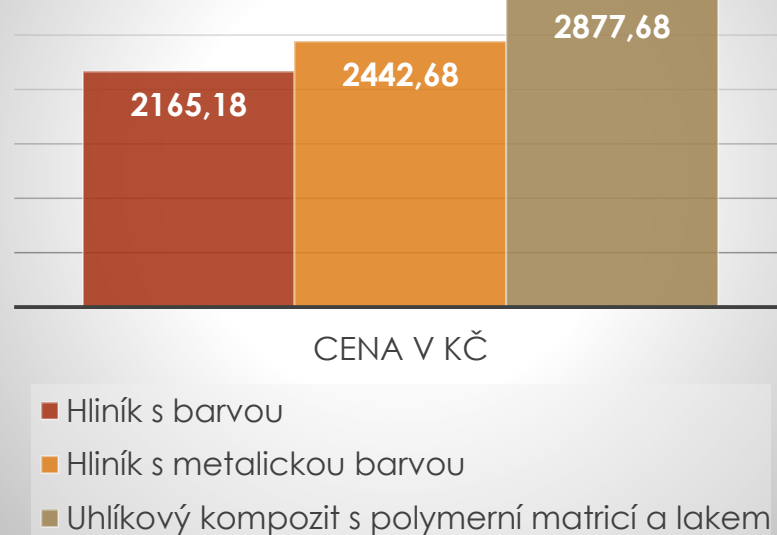
Porovnání

Vlastnosti materiálů



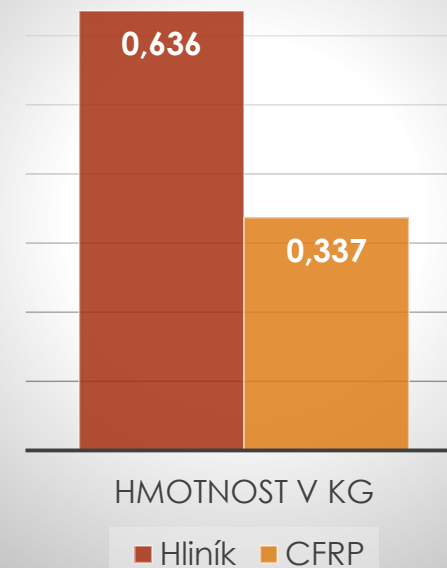
Zdroj: <http://www.5m.cz/cz/kompozitni-profilu/> [online]

Cena



Zdroj: Vlastní zpracování

Hmotnost



Zdroj: Vlastní zpracování



Shrnutí

- ▶ Ve prospěch hliníku: Cena, lehčí obrobiteľnosť
 - ▶ Hliník až 10x levnější
 - ▶ Ve finálním výsledku rozdíl 435,00-712,50 Kč
- ▶ Ve prospěch kompozitu: Hmotnost, pevnost
 - ▶ Uhlíkový kompozit o 0,299kg lehčí
- ▶ V praxi možno vyrábět z obou materiálů - inovace
 - ▶ Možnost výběru pro zákazníka
- ▶ Vylepšení – vyvrtat větší otvory a osadit vložkami



Děkuji za pozornost