

Aditivní technologie

Technologičnost konstrukce (nejen) pro aditivní výrobu

2020 – 2023 Ing. Petr Keller, Ph.D.

Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce je v zásadě provedení, které umožňuje výrobu s vynaložením co nejmenší pracovní, resp. nákladů na výrobu.

Na náklady na výrobu strojírenských výrobků nemá vliv pouze volba technologie. Značný vliv má pojetí konstrukce součásti a celého celku. Technologičnost konstrukce má velký význam z hlediska hospodářského. Je jí do značné míry dána produktivita výroby a konkurenceschopnost.

Zásady technologičnosti konstrukce

- Jednoduché tvary respektující technologii výroby.
- Jednoduchá kinematická schémata.
- Přiměřené nároky na přesnost výroby.
- Jasně definované nároky na jakost.
- Předcházení vadám.
- Volba vhodného materiálu.
- Využívání normovaných a standardizovaných dílů a polotovarů.
- Využívání výrobních možností firmy.
- Minimalizování přípravy výroby.
- Minimalizování výrobních (režijních) nákladů.
- Využívání mechanizace a automatizace.
- Dle potřeby výroby vhodný výběr způsobu kótování.
- Brát zřetel na zástavbu, montáž a demontáž.

Hlavní požadavky technologičnosti konstrukce – volba materiálu

- Využívání hutních polotovarů (pro technologii obrábění).
- Omezení počtu používaných druhů a rozměrů polotovarů.
- Volit materiály s ohledem na optimální využitelnost jejich vlastností.
- Využití optimální technologie výroby.
- Optimalizovat množství odpadu při výrobě.

Hlavní požadavky technologičnosti konstrukce

– volba tvaru a rozměru součásti

- Dimenzování komponent na základě výpočtů.
- Nepožadovat zbytečně vysoký stupeň přesnosti a jakosti povrchu.
- Eliminovat řetězovým vazbám tolerancí.
- Volba co nejjednodušších tvarů.
- Volba tvarů s ohledem na využití univerzálních nástrojů, přípravků a měřidel.
- Využívání nakupovaných prvků a polotovarů.

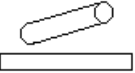
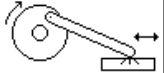


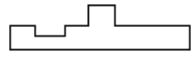
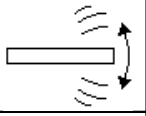

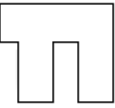


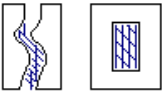
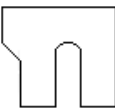

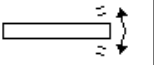
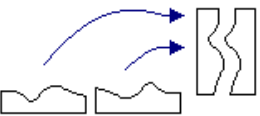
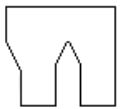



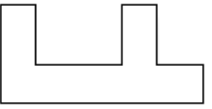
Hlavní požadavky technologičnosti konstrukce

– montáž, údržba a demontáž

- Snížení montážních prací.
- Vytvářet konstrukční skupiny tak, aby byly samostatně smontovatelné.
- Díly konstruovat s ohledem na využití montážních a demontážních pomůcek.
- Hledání řešení s minimálními požadavky na údržbu.
- Projektovat díly tak, aby bylo možné rychle se opotřebovávající díly snadno vyměnit.
- Minimalizovat nutnost používání speciálních přípravků.



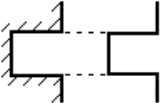



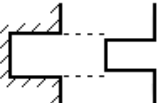





Technologičnost konstrukce pro aditivní výrobu

Pokyny: Pro každou kategorii označte jen jednu možnost pro díl, který chcete vytisknout a výsledek přičtete k následujícímu

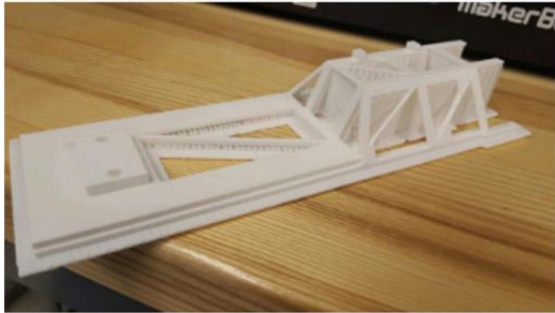
Složitost	Funkce	Odstranění podpůrného materiálu	Nutnost stavby podpor	Počet označených možností v řádcích	Celkem
Jednoduché díly jsou pro AM neefektivní	Díly z AM mají malou či střední odolnost	Podpory kazí výslednou kvalitu povrchu	Nepodepřené části poklesnou (spadnou)		
** Tvar dílu je stejný, jako běžně dostupné polotovary, nebo je kompletně plošný 	* Kontaktní plochy dílů mají být plně funkční nebo se očekává, že vydrží více než 1000 cyklů 	Díl je menší nebo stejně velký, jako potřebné podpůrné struktury 	Na díle jsou dlouhé letmé prvky 	x5 =	
* Díl je převážně plošný a může být vyroben na jedno upnutí např. frézováním, soustružením apod. 	* Kontaktní plochy se významně pohybují, jsou namáhány velkými silami nebo musí vydržet 100–1000 cyklů 	Na dílu jsou malé oblasti, pro které je nezbytné stavět podpůrné struktury 	Na díle jsou krátké prvky letmo 	x4 =	
Díl a může být vyroben např. frézováním, soustružením apod., avšak na více upnutí 	Kontaktní plochy se mohou někdy pohybovat, jsou namáhány mírně, nebo se očekává, že vydrží 10–100 cyklů 	Vnitřní dutiny, kanály nebo díry nemají otvory pro odstranění podpor 	Převíslé prvky jsou konstruovány šikmo 	x3 =	
Tvar dílu je komplexní a příliš složitý pro ostatní technologie výroby 	Kontaktní plochy dílů se pohybují minimálně, s malým zatížením, nebo se očekává, že vydrží 2–10 cyklů 	Podpůrný materiál může být jednoduše odstraněn z dutin, kanálů nebo děr 	Převíslé prvky jsou konstruovány šikmo pod úhlem min. 45° 	x2 =	
Na dílu jsou vnitřní struktury nebo je členitost povrchu příliš složitá 	Plochy nejsou funkční nebo nejsou zatěžovány 	Na díle nejsou žádné vnitřní dutiny, kanály nebo díry 	Díl lze orientovat tak, že zde nejsou žádné prvky letmo 	x1 =	

Technologičnost konstrukce pro aditivní výrobu

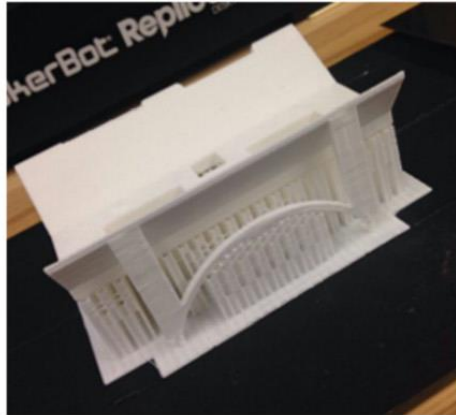
Pokyny: Pro každou kategorii označte jen jednu možnost pro díl, který chcete vytisknout a výsledek přičtete k předchozímu

Detaily a tloušťka stěn	Koncentrace napětí	Tolerance	Geometrická přesnost	Počet označených možností v řádcích	Celkem
Tenké prvky se většinou ulomí nebo prasknou	Vnitřní rohy by neměly být ostré	Kontaktní plochy by neměly být konstruovány na totožné rozměry	Velké ploché plochy mají tendenci se zdeformovat		
Některé stěny dílu mají menší tloušťku než 1,5 mm 	Vnitřní rohy nemají žádné sražení, zaoblení nebo výztužné žebro 	Rozměry kontaktních ploch (např. průměr díry a čepu) mají stejné nominální hodnoty 	Díl má velké, ploché povrchy nebo má přesný tvar, který je důležitý 	x5 =	
Stěny dílu mají tloušťku mezi 1,5 a 3 mm 	Vnitřní rohy mají sražení, zaoblení anebo výztužné žebro 	Tolerance otvorů nebo délek jsou upraveny s ohledem na změny rozměrů při 3D tisku 	Díl má středně velké, ploché povrchy nebo tvary, které by měly být téměř přesné 	x3 =	
Stěny dílu jsou silnější než 3 mm 	Vnitřní rohy mají významné sražení, zaoblení anebo výztužné žebro 	Tolerance otvorů a délek nejsou pro daný díl důležité 	Na dílu nejsou žádné nebo pouze malé ploché povrchy, které musí být „přesné“ 	x1 =	
Vysvětlivky		Celkové skóre:			
* Je vhodné zvážit jiný výrobní proces		33–40 je třeba díl překonstruovat pro AM			Celkem
** Je důrazně doporučeno zvážit jiný výrobní proces		24–32 je vhodné zvážit změnu konstrukce s ohledem na AM			
		16–23 střední pravděpodobnost úspěšného 3D tisku dílu			
		8–15 vysoká pravděpodobnost úspěšného 3D tisku dílu			

Příklady různých dílů a jejich skóre



Score = 24



Score = 22



Score = 19



Score = 16



Score = 15



Score = 11

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

1. Část dílu má tenké detaily nebo stěny, které jsou menší než 0,8 mm pro standardní rozlišení nebo 0,4 – 0,5 mm u strojů s vysokým rozlišením.

Vzhledem k tomu, že princip AM je stavba "vrstva po vrstvě", nelze něco menšího nebo tenčího často dokonce ani postavit.

Je třeba věnovat velkou pozornost vystouplým nebo zapuštěným logům a oblastem malého textu, "ostrým" rysům, které se zužují až do nulové tloušťky a klikatým úsekům jakéhokoliv designu, kde tloušťka může kolísat.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Část dílu má tenké detaily nebo stěny, které jsou menší než 0,8 mm pro standardní rozlišení nebo 0,4 – 0,5 mm u strojů s vysokým rozlišením.



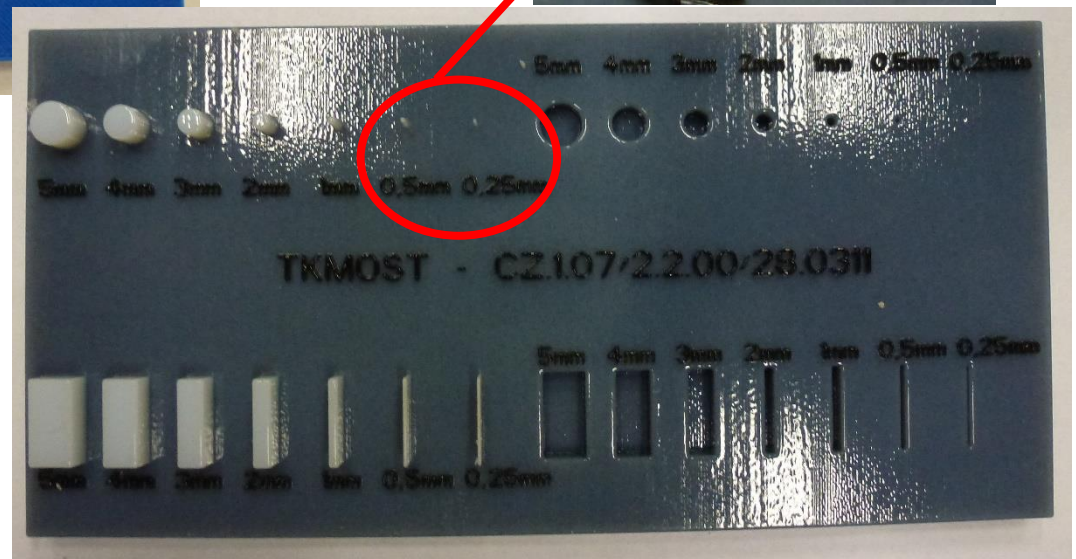
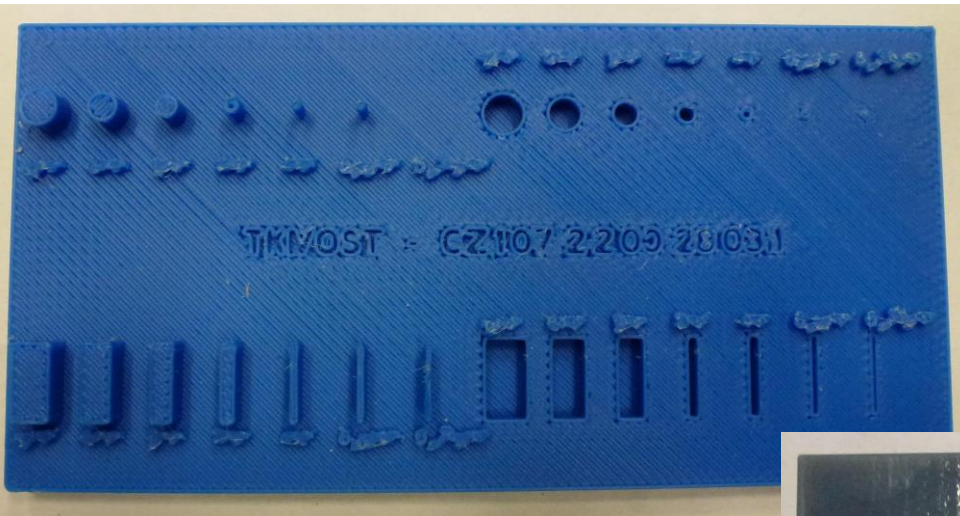
Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Část dílu má tenké detaily nebo stěny, které jsou menší než 0,8 mm pro standardní rozlišení nebo 0,4 – 0,5 mm u strojů s vysokým rozlišením.

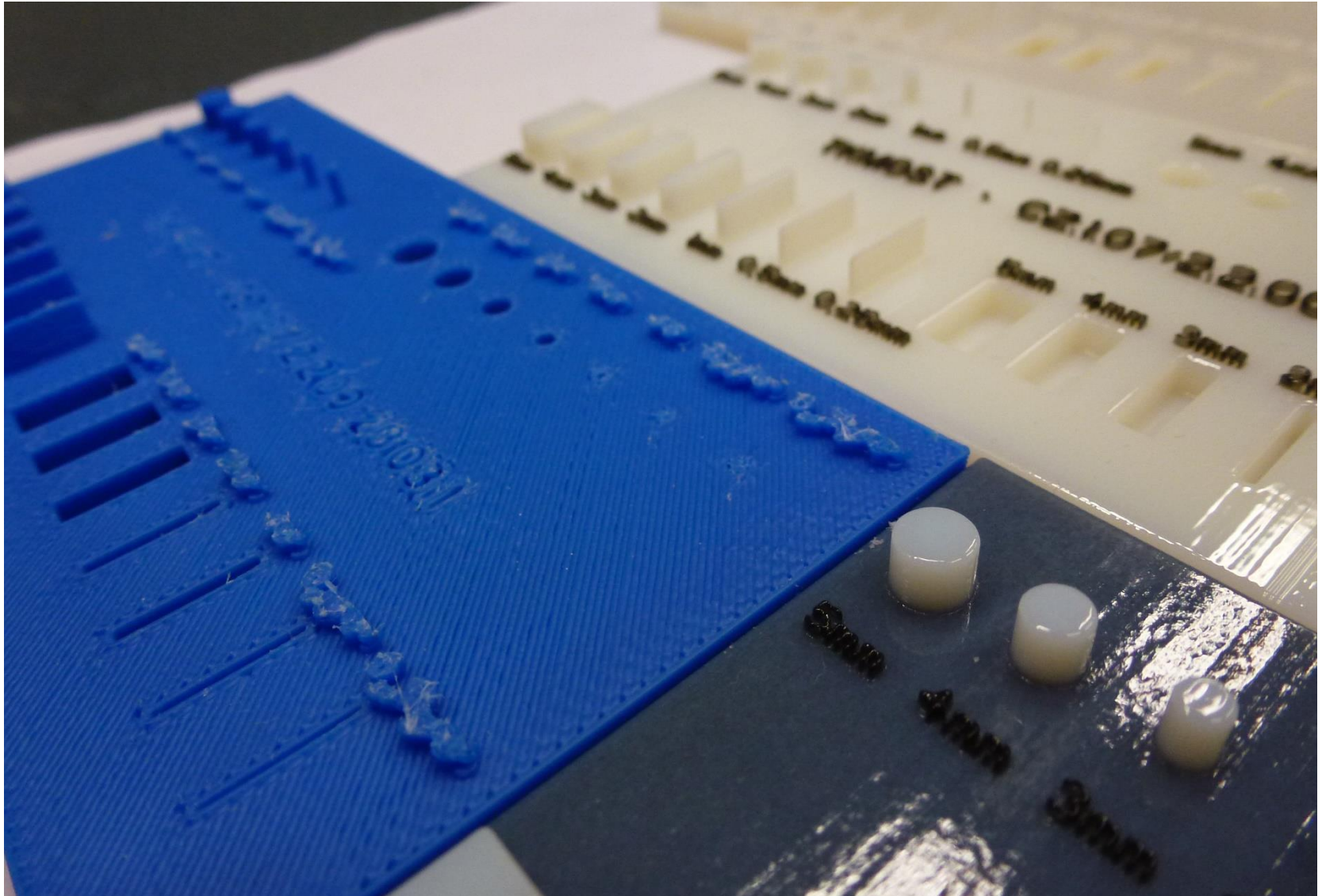


Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Porovnání detailů AM různých technologií – vlevo FDM, vpravo Polyjet na základě podobných vstupních dat.



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

2. Nativní CAD model je převeden do formátu .STL s velmi nízkým rozlišením, což má za následek hrubé, velké plošky na povrchu modelu.

Pokud je rozlišení souboru .STL příliš nízké, bude model hrubý, namísto hladkých povrchů a křivek.

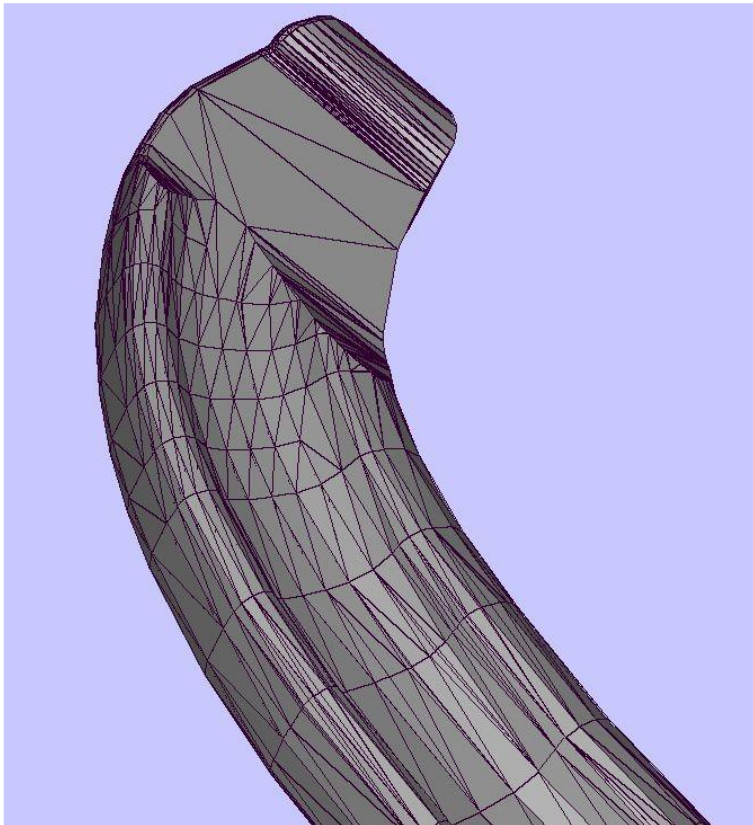
To bývá docela běžné a vyrobí se tak neatraktivní díly. Aby bylo dosaženo hladkého povrchu na modelu měla by být vzdálenost bodů sítě menší než 0,2 mm.

Zkontrolujte parametry u nativního CAD programu, který je použit pro export .STL souborů.

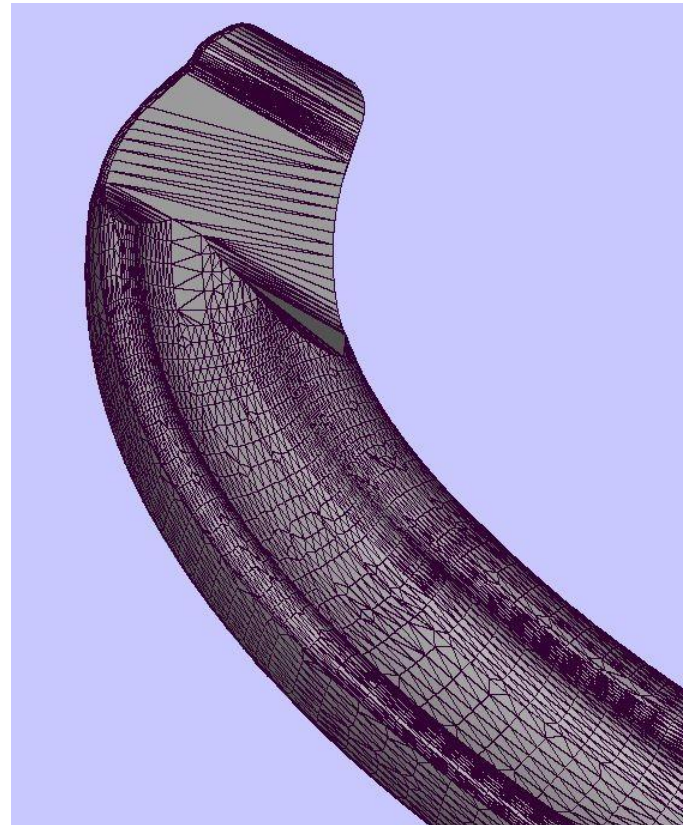
Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Nativní CAD model je převeden do formátu .STL s velmi nízkým rozlišením, což má za následek hrubé, velké plošky na povrchu modelu.

hrubá síť



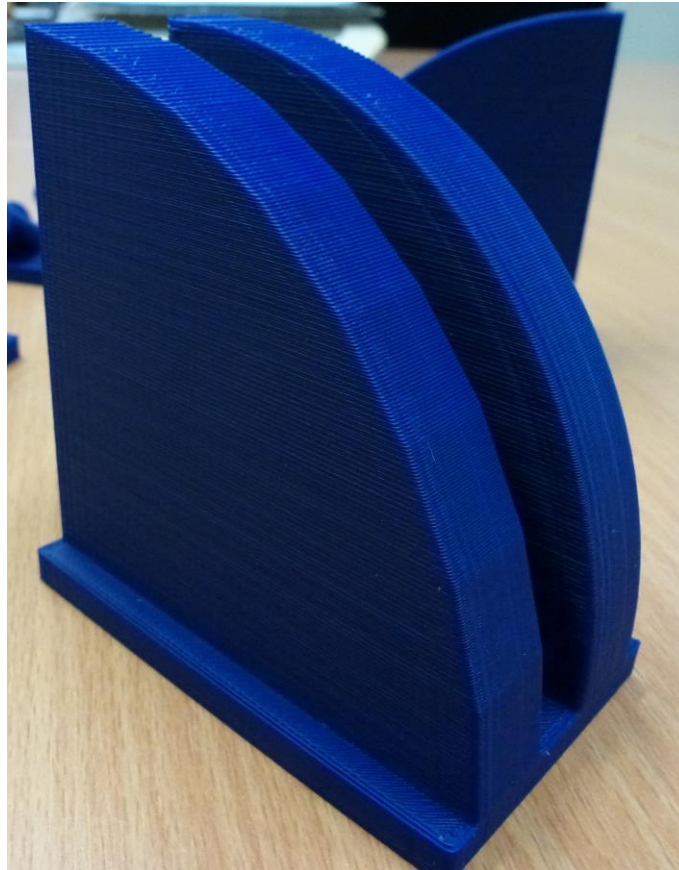
jemná síť



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Nativní CAD model je převeden do formátu .STL s velmi nízkým rozlišením, což má za následek hrubé, velké plošky na povrchu modelu.

rovnání hrubé a jemné sítě na výtisku (CAD data byla shodná)



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

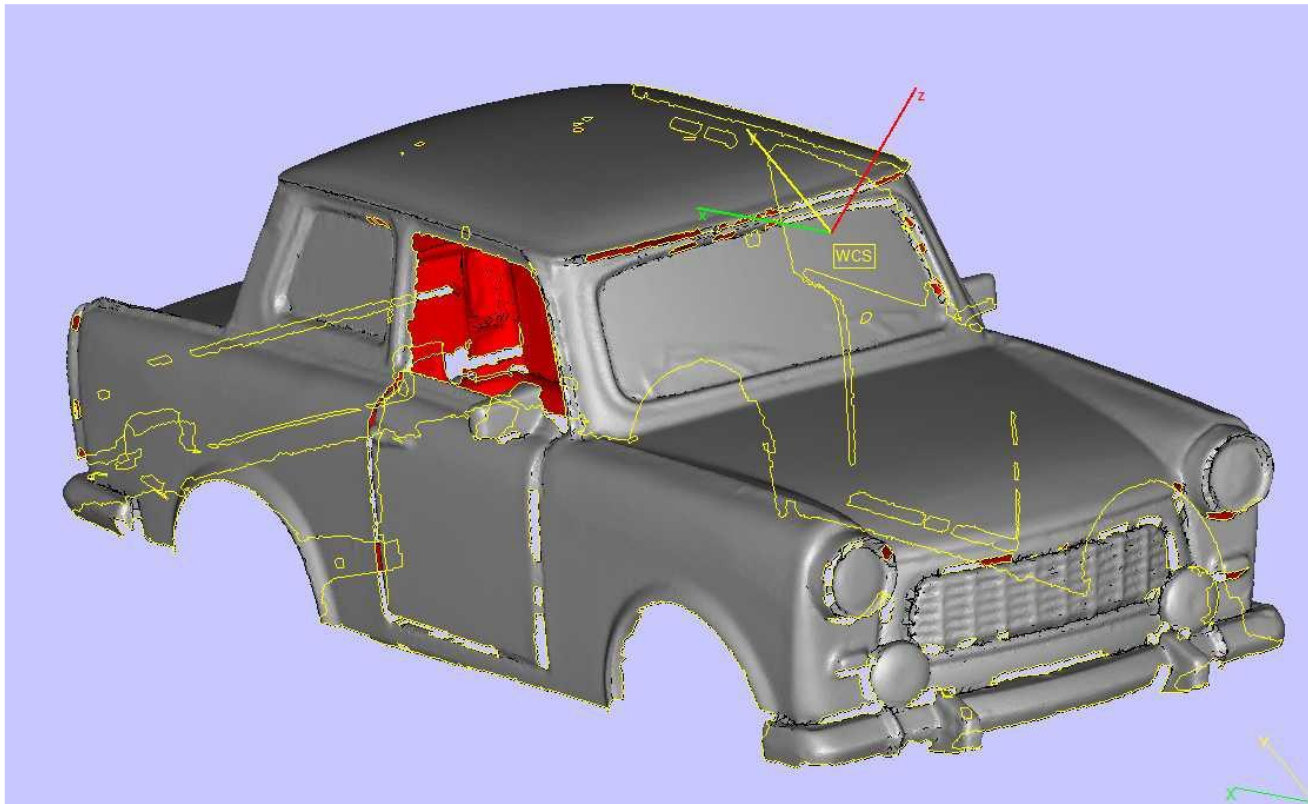
3. Původní CAD data mají mnoho nespojených ploch, což má za následek chyby při konverzi do formátu .STL a následně i při tisku.

Ujistěte se, že plochy v původním CAD modelu jsou "vodotěsné" a to tak, že jsou modelovány pouze objemy.

Soubor .STL je také lepší zkontrolovat, aby se zajistilo, že všechny rozměry, objemy a plochy jsou v pořádku.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Původní CAD data mají mnoho nespojených ploch, což má za následek chyby při konverzi do formátu .STL a následně i při tisku.



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

4. Součástí designu je uzavřený dutý prostor, z něhož podpůrný a stavební materiál nelze odstranit.

Každý uzavřený dutý objem bude obsahovat podpůrné materiály, které nemohou být odstraněny.

Tato oblast může být také vyplněna nevyužitou pryskyřicí nebo práškem dle zvoleného způsobu prototypování. Navrhněte dutiny tak, že buď budou plné nebo stavba proběhne po částech, aby byl přístup do uzavřeného prostoru, nebo přidejte otvory v modelu, aby bylo možné odstranění nosných materiálů.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Součástí designu je uzavřený dutý prostor, z něhož podpurný a
stavební materiál nelze odstranit.



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

5. Sestavy, závity a dosedací prvky jsou navrženy s nesprávnou vůlí.

Standardní tolerance pro většinu AM technologií začínají na +/- 0,1 mm. Je tedy obvyklé, že jednotlivé části konstruované v nominálních rozměrech do sebe "nezapadají".

Typicky by měly být do sebe zapadající díly konstruovány s vůlí (u FDM až 0,4 - 0,5 mm, dle orientace).

Toto je důležité mít na paměti pro úspěšnost projektu. Závisí na tom, jak dobře různé díly půjdou či nepůjdou sestavit.

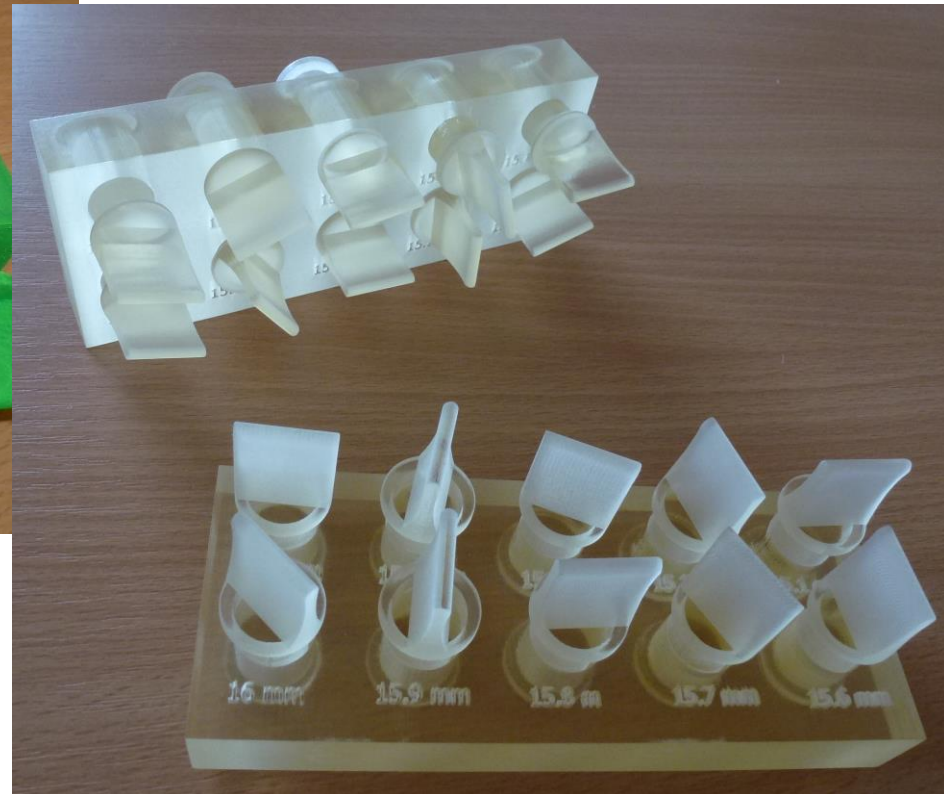
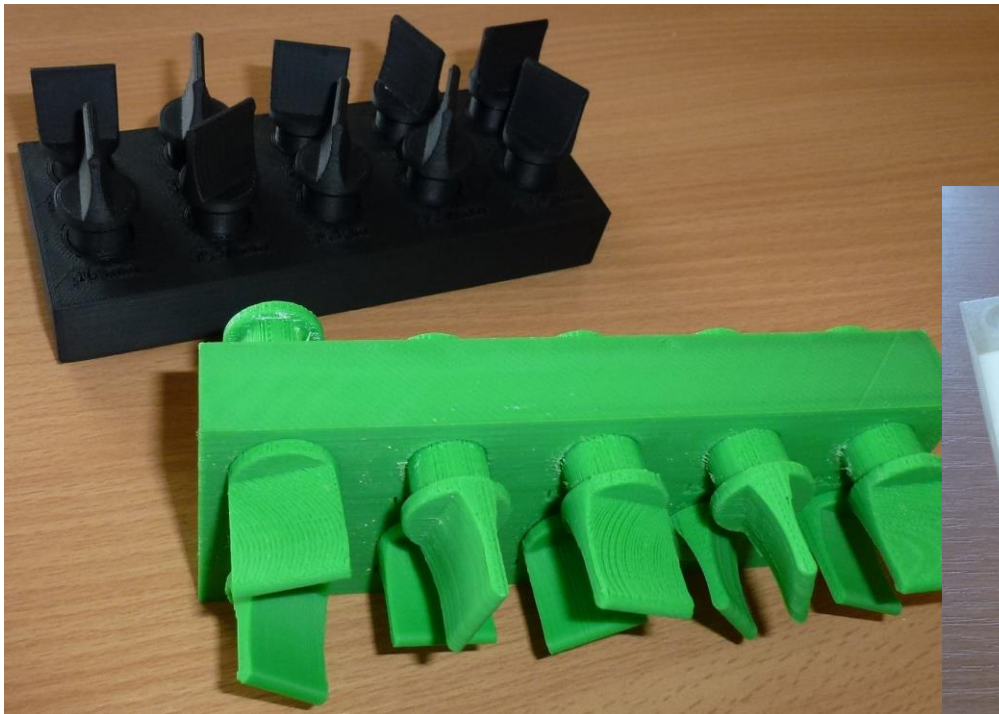
Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Sestavy a došedací prvky jsou navrženy v tomto případě se správnou
vůlí – mechanismy jsou funkční.



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Sestava základny s otvory a kolíků pro ověření velikosti potřebných
vůlí pro různé orientace a různé technologie (FDM a PolyJet)



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

6. Konstrukce obsahuje některé speciální prvky, které jsou obtížně vyrobitelné pomocí aditivních technologií. Např. pružné (ohebné) závěsy (panty), obvyklé u vstřikovaných dílů.

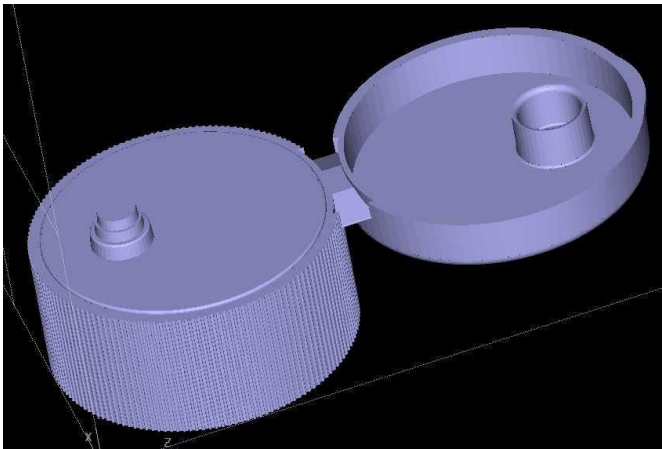
Navržené panty, „zácvaky“ apod. na většině dílů vyráběných pomocí AM technologií obvykle nefungují, jak bylo zamýšleno.

Stavební materiál je často příliš tuhý a zlomí se. Několik materiálů však bylo vyvinuto pro uspokojení tohoto požadavku (např. materiál Duraform EX pomocí procesu SLS nebo pružné materiály pro PolyJet Printing).

Důležitá je také orientace modelu při stavbě.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Konstrukce obsahuje některé speciální prvky, které nejsou u aditivní výroby možné. Např. pružné (ohebné) závěsy, „zácvaky“ apod.



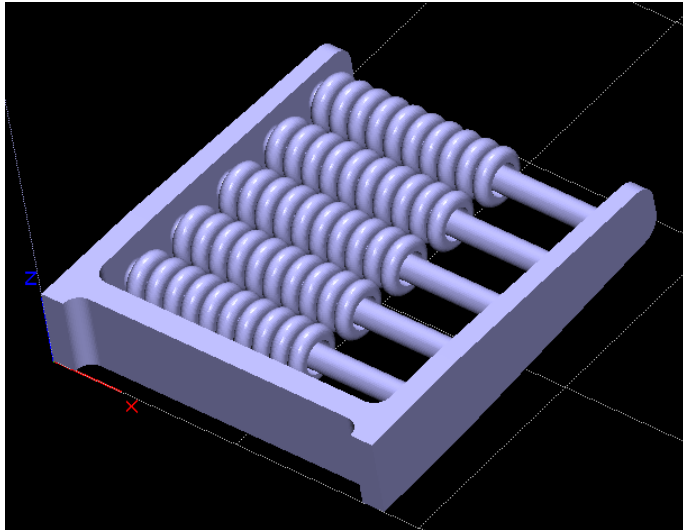
Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

7. Respektujte plochu první vrstvy. První vrstva je klíčová pro fixaci dílu v pracovním prostoru tiskárny po celou dobu stavby.

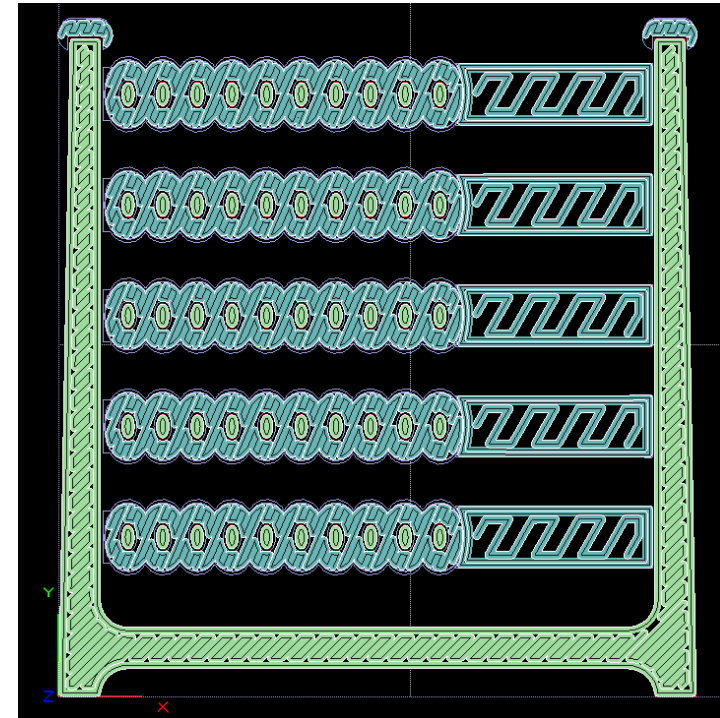
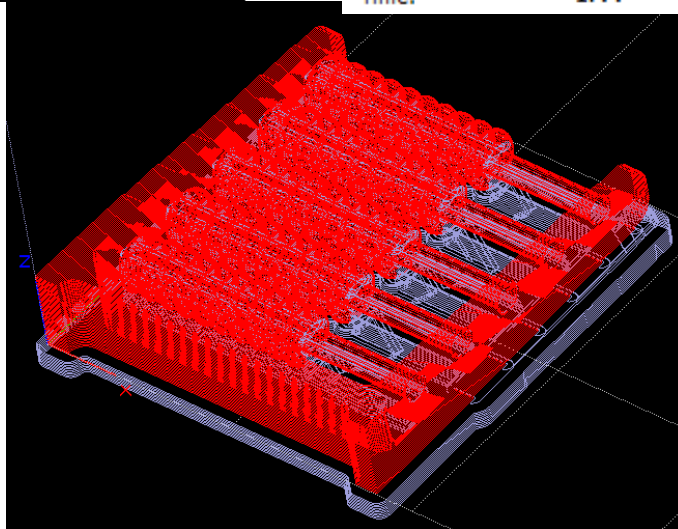
Důležitá je opět orientace modelu při přípravě tisku.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Tisk modelu kuličkového počítadla.



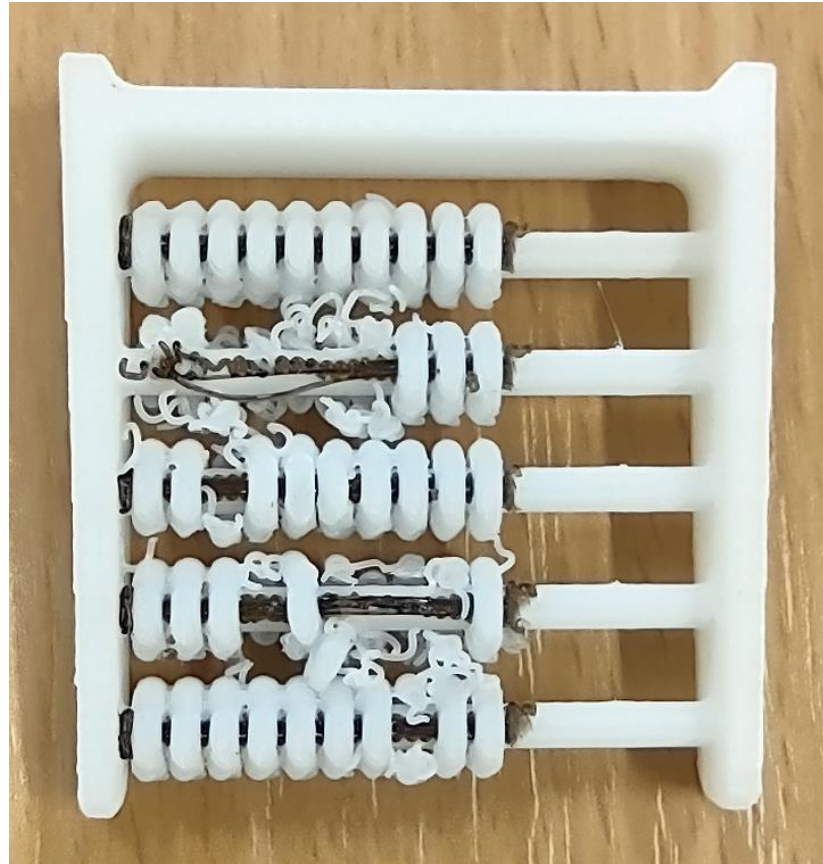
Model Material: 7,13 cm³
Support Material: 4,07 cm³
Time: 1:44



Plocha první vrstvy kuliček je příliš malá – toto není vhodná orientace!

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

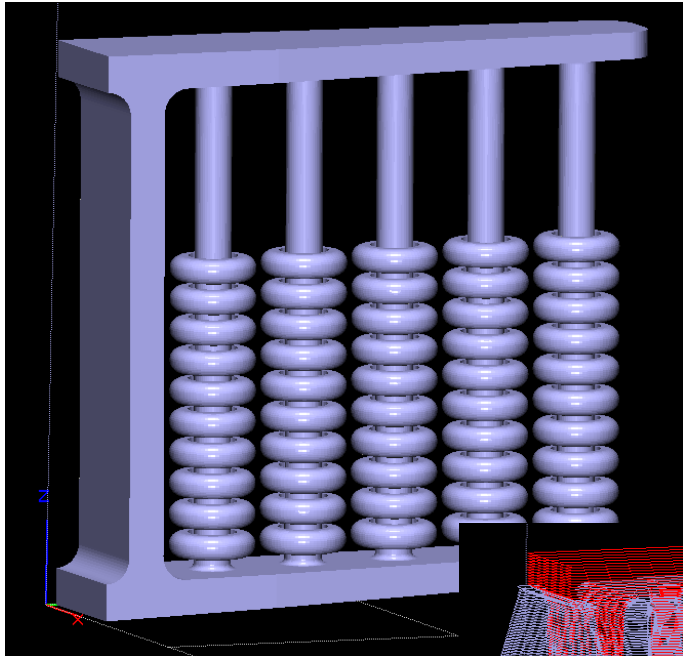
Tisk modelu kuličkového počítadla.



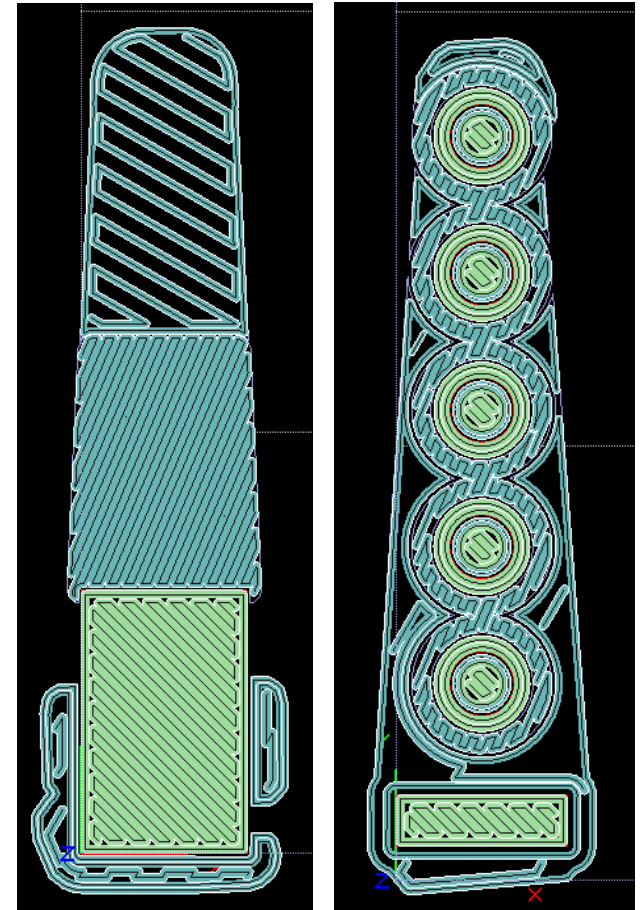
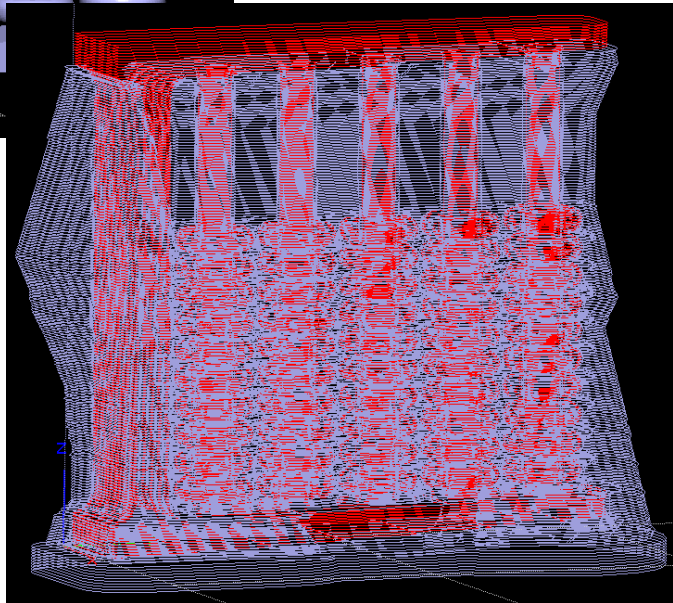
Pohled na nepovedený
výtisk ze spodu

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Tisk modelu kuličkového počítadla.



Model Material: 6,93 cm³
Support Material: 7,66 cm³
Time: 3:04



Plocha první vrstvy dílu i kuliček je větší – tisk pravděpodobně dopadne dobře.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

8. Jednotky dat v souboru .STL se liší od toho, co bylo zamýšleno.

STL data jsou exportována bez jednotek – v souboru jsou pouze bezrozměrná čísla souřadnic bodů polygonální sítě.

Je proto lépe dvakrát zkontrolovat parametry .STL souborů, aby bylo jisté, že jsou zvoleny správné jednotky.

To platí zejména v případě, že je stavěno více dílů než jeden. Některé CAD programy mají výchozí nastavení exportu .STL souboru do jiných jednotek než jaké byly použity během procesu návrhu (typicky Inventor exportoval v minulosti STL data v cm!).

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Jednotky dat v souboru .STL se liší od toho, co bylo zamýšleno.

```
solid Default
  facet normal 9.965138e-01 8.302967e-02 8.140126e-03
    outer loop
      vertex 3.846057e+01 1.691150e+01 1.327663e+00
      vertex 3.846057e+01 1.678188e+01 2.649771e+00
      vertex 3.868277e+01 1.426173e+01 1.153604e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 9.965144e-01 8.302087e-02 8.155012e-03
    outer loop
      vertex 3.868277e+01 1.426173e+01 1.153604e+00
      vertex 3.846057e+01 1.678188e+01 2.649771e+00
      vertex 3.868277e+01 1.414878e+01 2.303505e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
    outer loop
      vertex 3.868277e+01 1.414878e+01 2.303505e+00
      vertex 3.868277e+01 9.445481e+00 1.685040e+00
      vertex 3.868277e+01 1.426173e+01 1.153604e+00
    endloop
  endfacet
  facet normal 1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00
    outer loop
      vertex 3.868277e+01 1.426173e+01 1.153604e+00
      vertex 3.868277e+01 9.445481e+00 1.685040e+00
      vertex 3.868277e+01 9.528807e+00 8.443715e-01
    endloop
  endfacet
```

? μm , mm,
cm, m, km?

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

9. Využijte možnosti aditivních technologií – díly je možné konstruovat složitější, než pro ostatní výrobní technologie. Tím je možné zjednodušit následnou montáž.

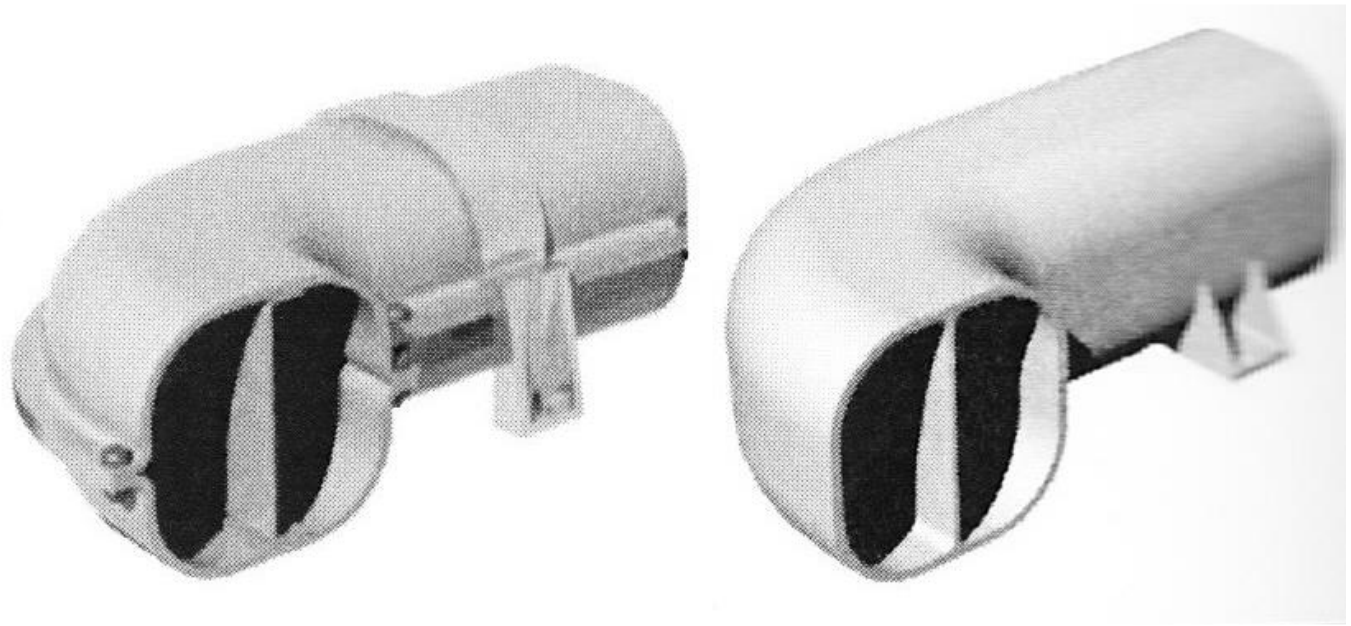
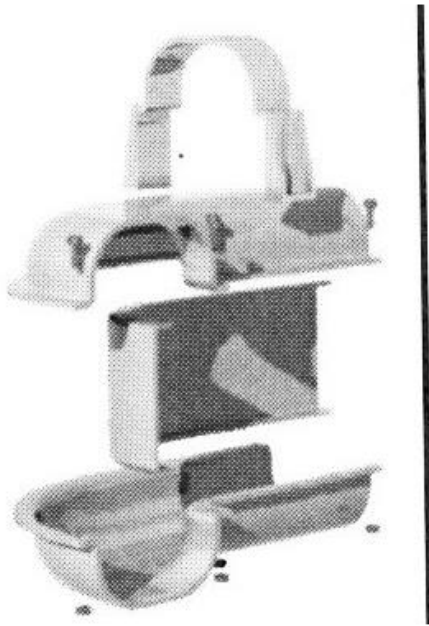
Aditivní technologie vedou ke změně myšlení a přístupu ke konstruování součástí.

Je možné sloučit některé výrobní celky do jednoho dílu a tím zjednodušit montáž, následnou údržbu apod. – „design for function“.

Lze vyrobit díly, jinými technologiemi nevyrobitelné.

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Využijte možnosti aditivních technologií – „design for function“.

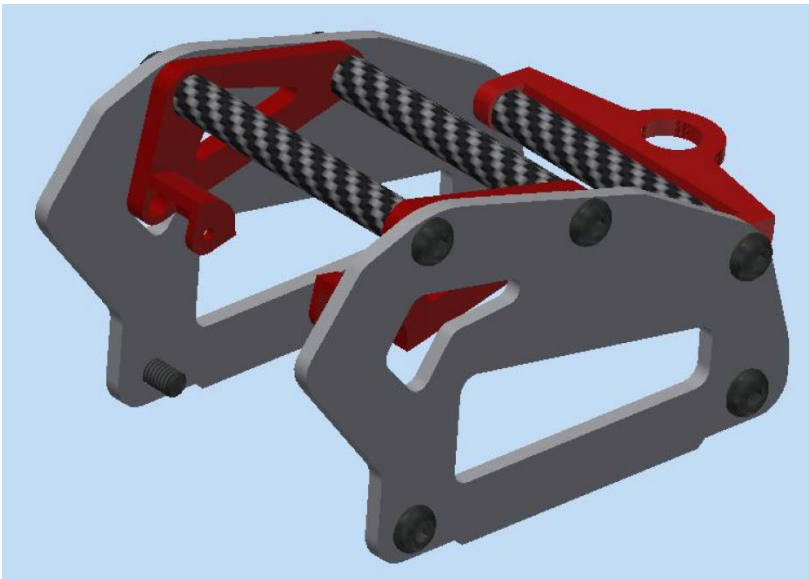


Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

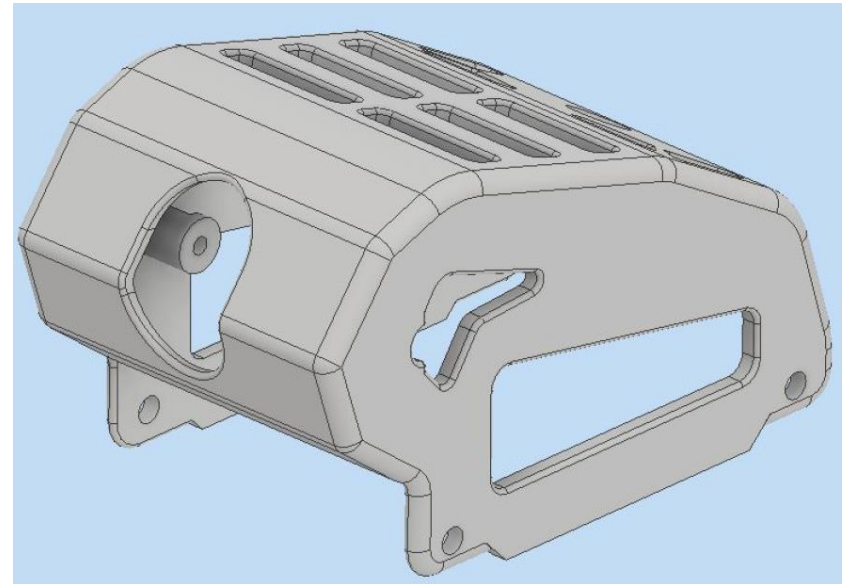
Využijte možnosti aditivních technologií – „design for function“.

Příklad realizovaný na KSA – kryt elektroniky modulární jednotky FPV dronu:

sestava cca 14 dílů na základě
frézovaných bočnic:



jeden díl pro 3D tisk metodou
MJF:



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií



srovnání obou verzí dronů

	Frézovaná verze	3D tisk
Hmotnost základny (bez akumulátoru)	336 g	212 g
Cena výroby základny	600,-Kč	1450,-Kč
Počet dílů základny	12 + 10 šroubů M3	3 + 4 šrouby M3

Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

10. Orientace při tisku na výšku u vysokých, štíhlých dílů může být problematická. Zvažte jinou orientaci, příp. typ výplně nebo podpor.



Zásady a postupy při návrhu výroby pomocí Aditivních technologií

Shrnutí:

Mějte tyto zásady na paměti při uvažování o využití aditivní výroby pro stavbu dílu.

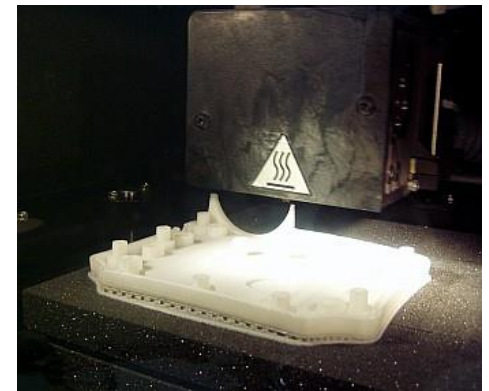
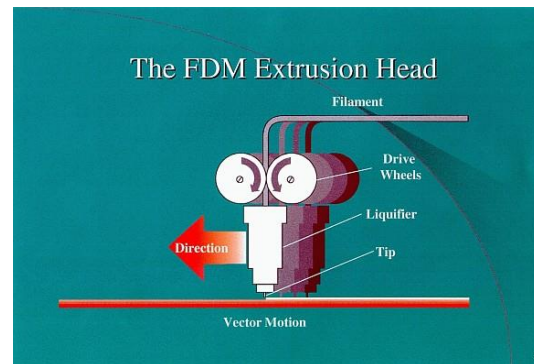
Dávejte pozor na integritu původních CAD dat, na pružné prvky (panty), uzavřené nebo duté prostory, vůle mezi sestavovanými díly, detaily nebo stěny, které jsou menší nebo tenčí než cca 0,8 mm.

Po exportu souboru .STL z nativního CAD souboru si ověřte, že celkové rozlišení souboru je dostatečné, a že vybrané jednotky jsou správně zvolené.

Při přípravě tisku zvažujte vhodnou orientaci dílu s ohledem na kvalitu povrchu, pevnost, spotřebu materiálu (viz dále) i tisknutelnost.

3D tisk technologií FDM na KSA

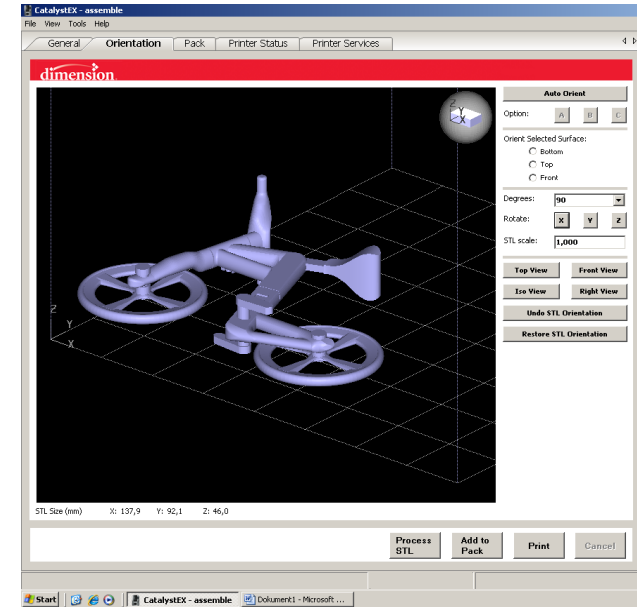
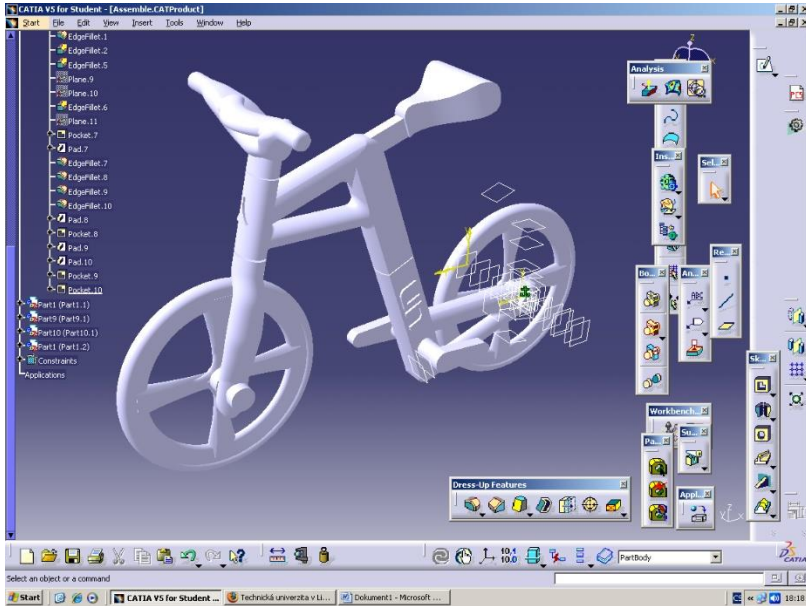
System Dimension sst 768



Zařízení pro rychlou výrobu funkčních modelů z ABS metodou FDM.

Pracovní prostor: 203 x 203 x 305 mm

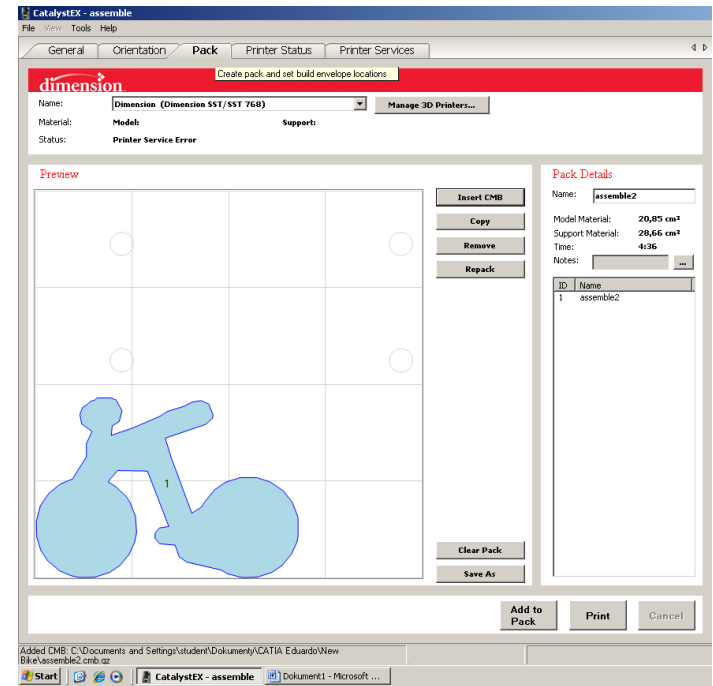
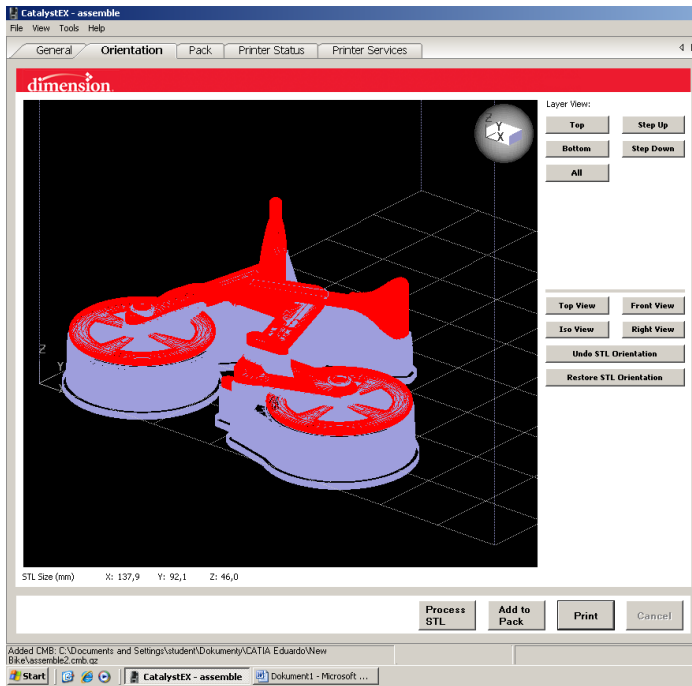
Postup výroby prototypu na stroji Dimension sst 768



3D data – jakýkoliv CAD
a export dat do formátu *.STL

otevření souboru *.STL
v programu CatalystEX
(příslušenství stroje
Dimension)

Postup výroby prototypu na stroji Dimension sst 768



napolohování dílu a spuštění procesu rozdělení na vrstvy a vygenerování podpor

umístění na pracovní desce při tisku, kontrola spotřeby materiálu a času a odeslání na stroj

Postup výroby prototypu na stroji Dimension sst 768



zařízení

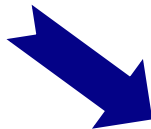


pohled do pracovního prostoru
stroje při výrobě

Postup výroby prototypu na stroji Dimension sst 768



hotový díl, ještě včetně podpor



vložení do lázně pro rozpuštění
podpor

Postup výroby prototypu na stroji Dimension sst 768



hotový výrobek



Ukázky vyrobených dílů na stroji Dimension sst 768

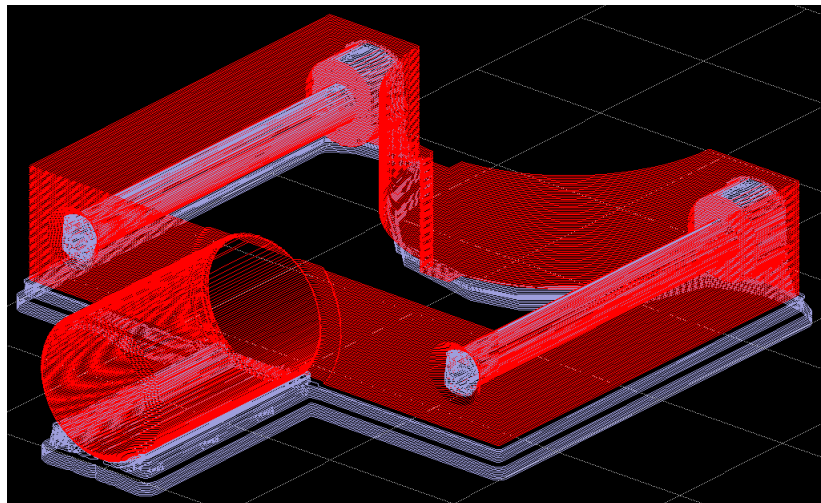


Orientace dílu v pracovním prostoru stroje

má vliv na:

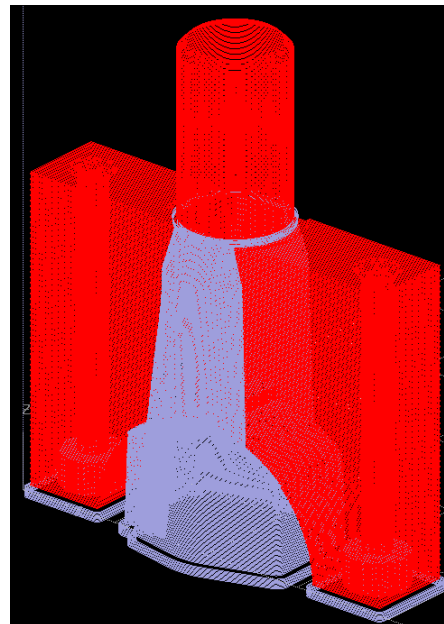
- spotřebu materiálu, především podpůrného,
- čas stavby a tím i na náklady na stavbu dílu,
- kvalitu povrchu dílu a tím i na náročnost dokončovacích operací,
- v neposlední řadě i na mechanické vlastnosti – u řady aditivních technologií je patrná nehomogenita dílů v různých směrech (typicky menší pevnost v rovinách napojení jednotlivých vrstev)

Příklad vlivu orientace dílu na objem použitého materiálu



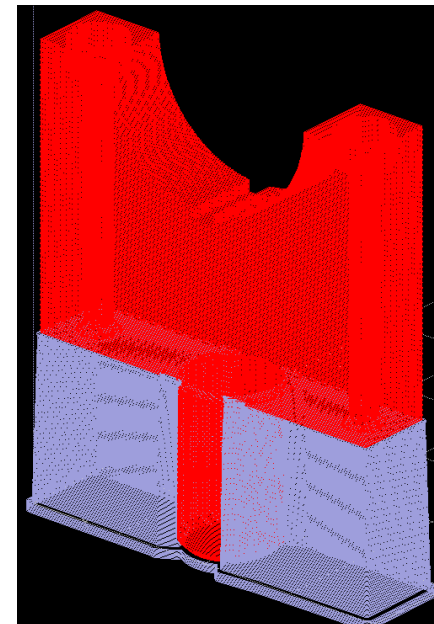
Stavební materiál:
131,8 cm³

Podpůrný materiál:
16,6 cm³



Stavební materiál:
131,3 cm³

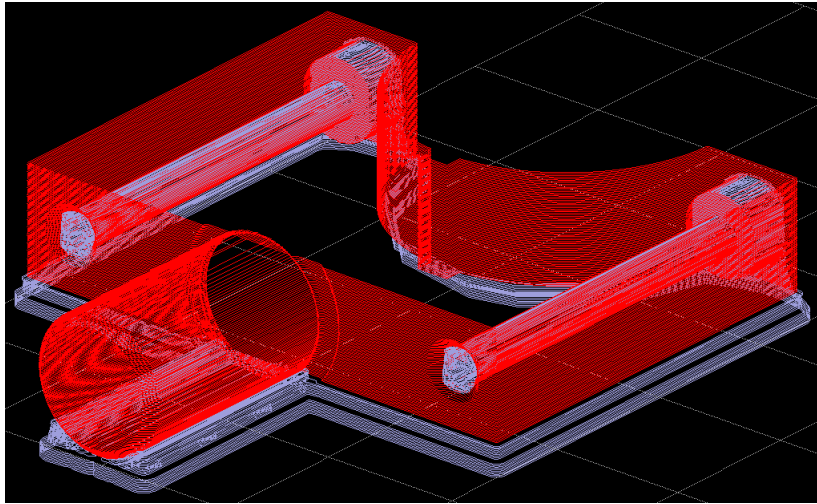
Podpůrný materiál:
12,0 cm³



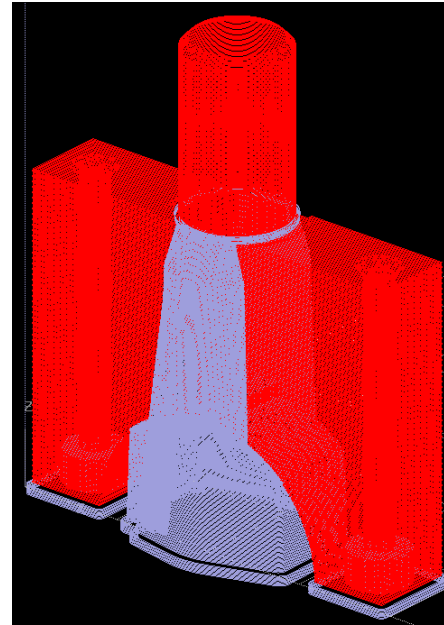
Stavební materiál:
131,2 cm³

Podpůrný materiál:
15,8 cm³

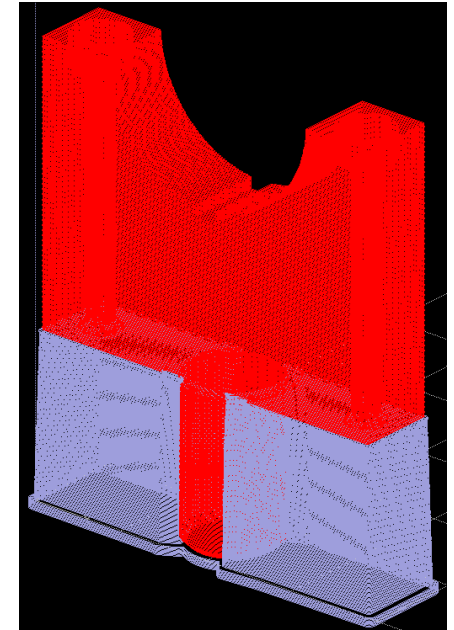
Příklad vlivu orientace dílu na jeho čas stavby



Předpokládaný čas
stavby dílu:
6:41 hod:min



Předpokládaný
čas stavby dílu:
9:33 hod:min

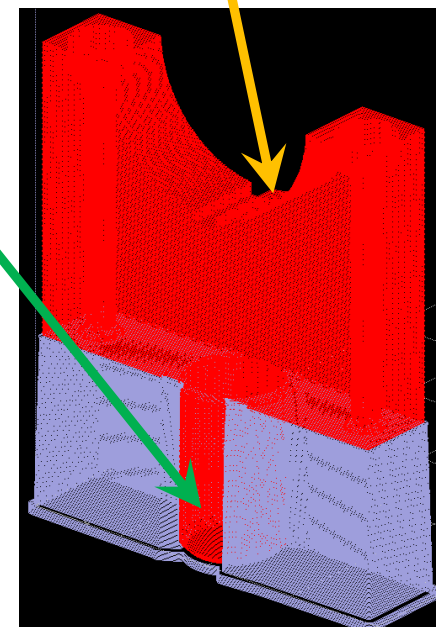
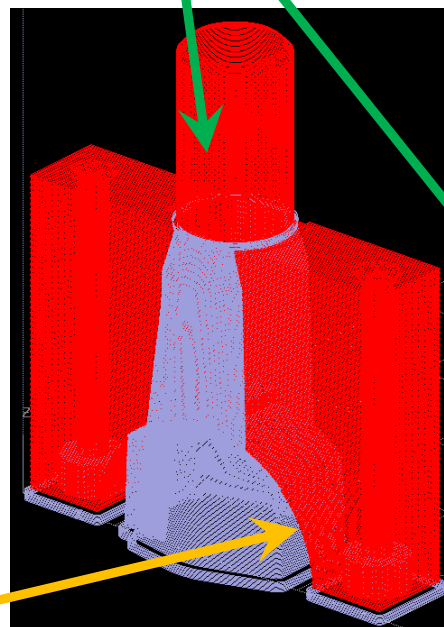
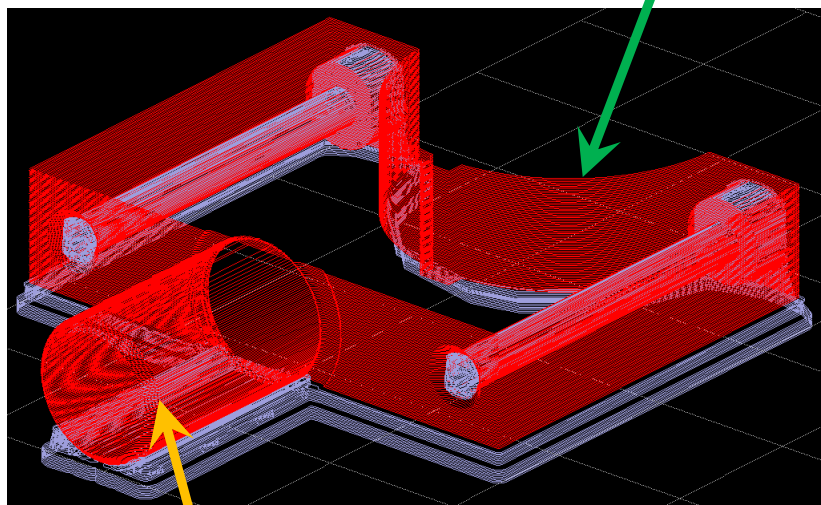


Předpokládaný
čas stavby dílu:
8:59 hod:min

Příklad vlivu orientace dílu na kvalitu jeho povrchu

relativně hladký povrch

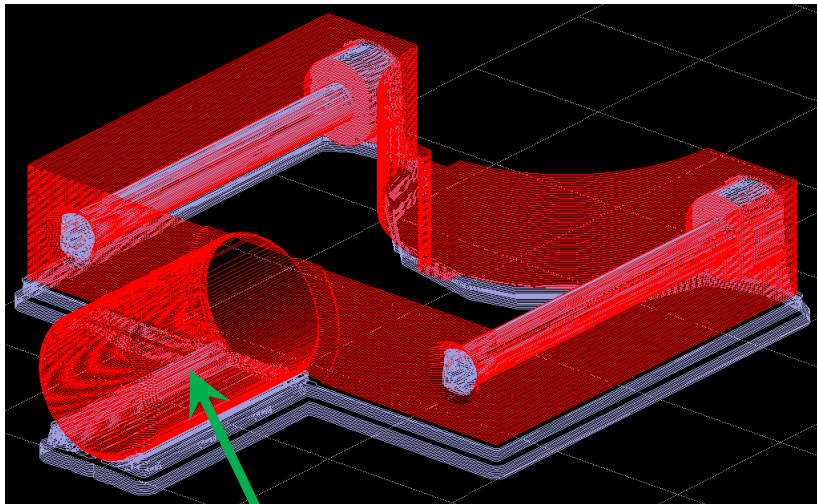
hrubý povrch



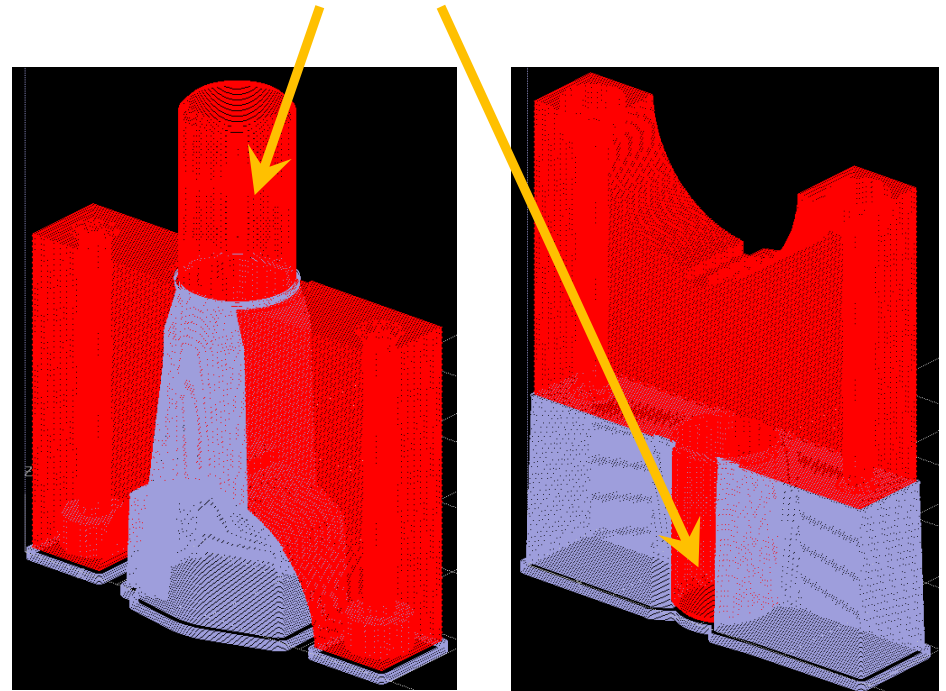
hrubý povrch

Příklad vlivu orientace dílu na jeho pevnost

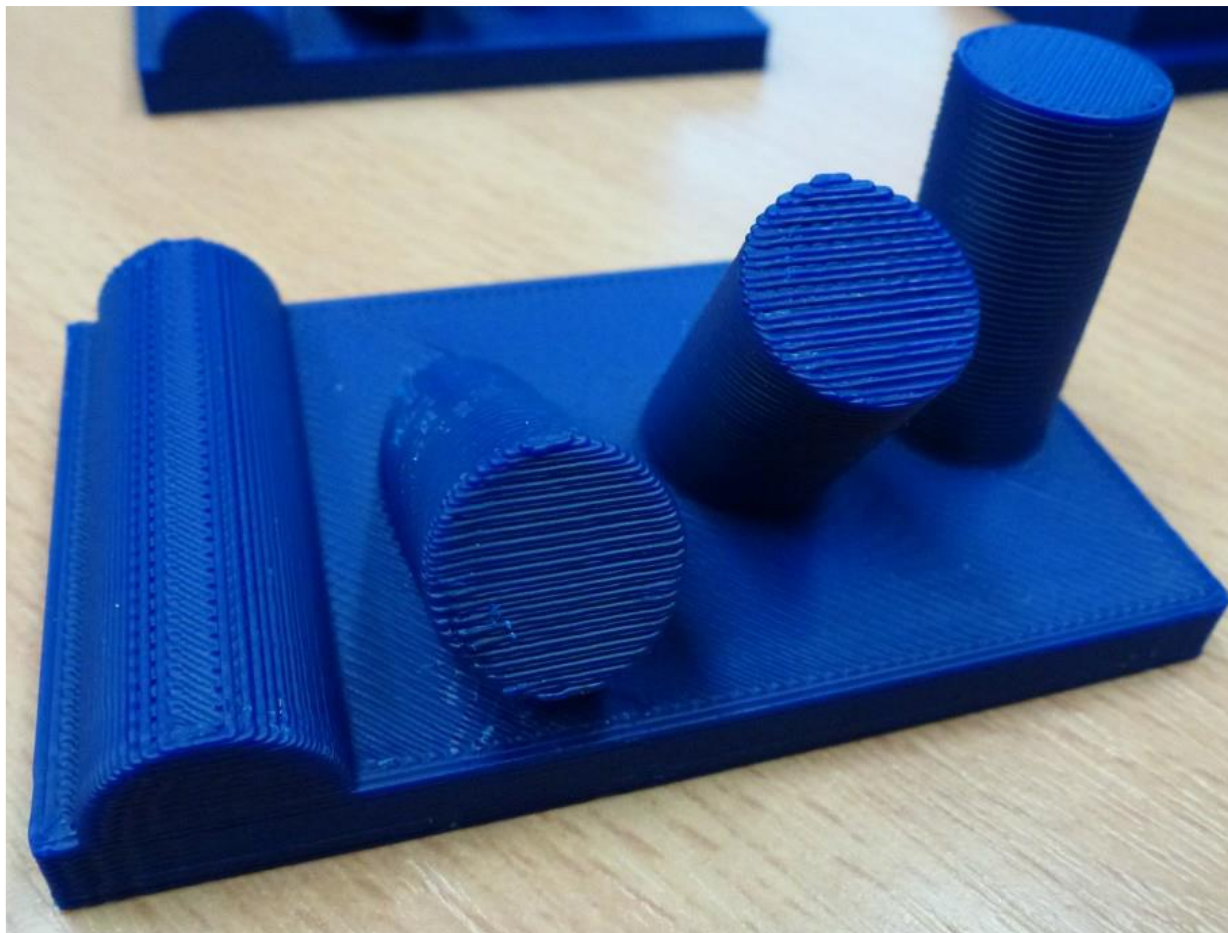
malá pevnost při axiálním zatížení čepu
(síla působí kolmo na rovinu vrstev)



dobrá pevnost čepu při jeho
zatížení v axiálním směru
(síla působí rovnoběžně
s rovinami vrstev)



Příklad vlivu orientace dílu na kvalitu jeho povrchu

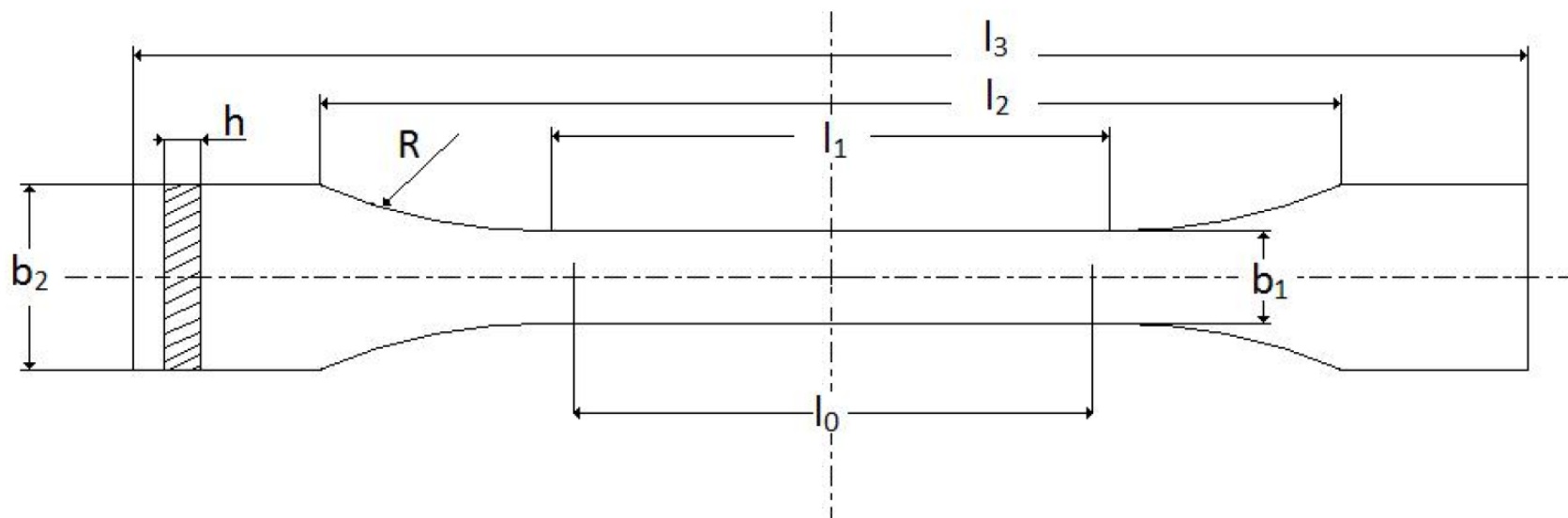


Experiment - vliv různých nastavení parametrů tisku na výsledné vlastnosti modelů

Cíle experimentu:

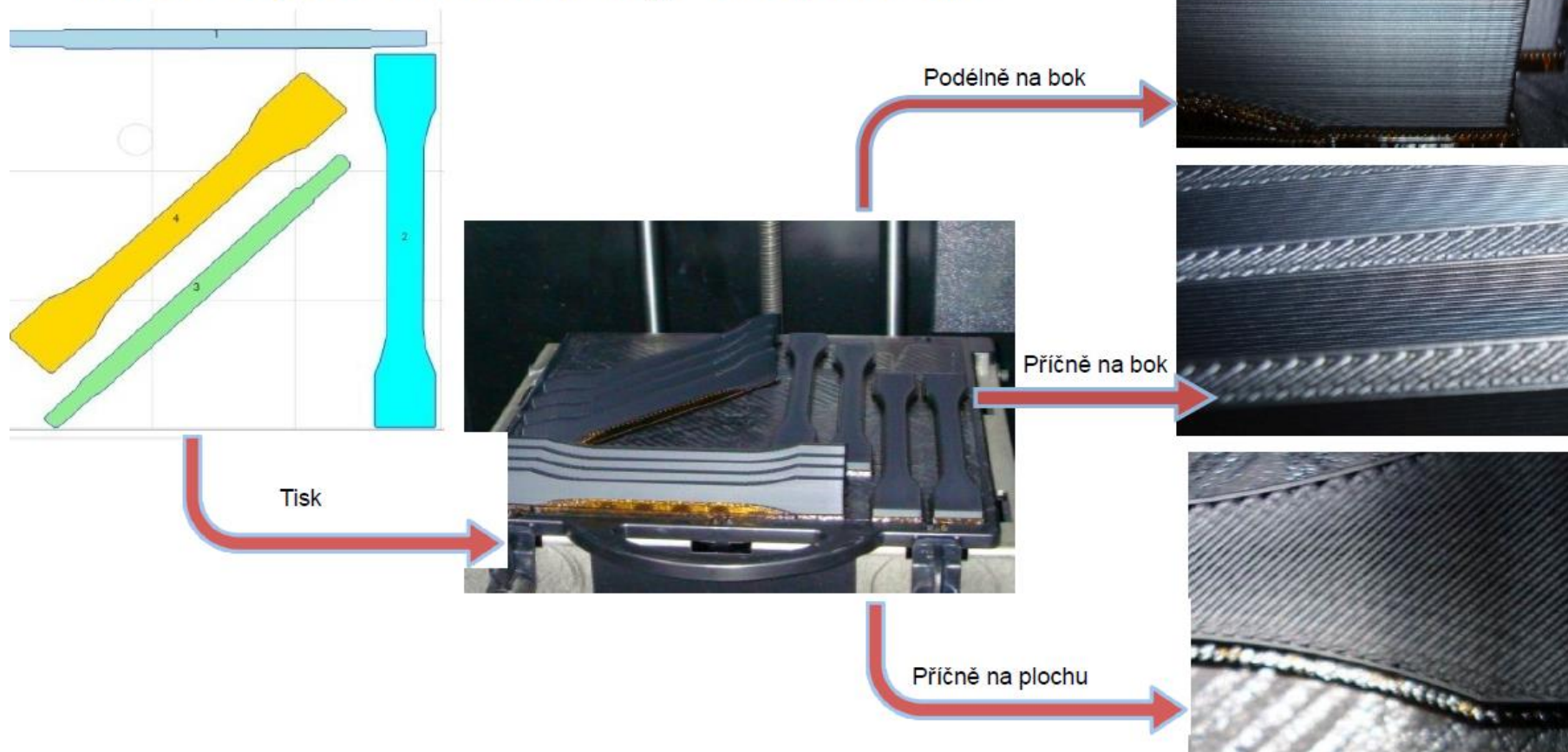
- Zjistit, jak velký vliv má orientace stavěného dílu v pracovním prostoru 3D tiskárny na výsledné mechanické vlastnosti dílu.
- Zjistit vliv následného teplotního zpracování (temperace) vytištěných dílů na mechanické vlastnosti.
- Zjistit vliv přirozeného stárnutí vytištěného dílu na jeho mechanické vlastnosti.
- Ověřit výrobcem uváděné parametry materiálu

Zkušební tělísko – dle ČSN EN ISO 527-2



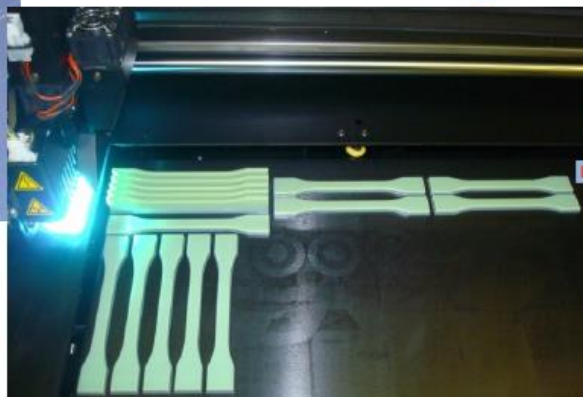
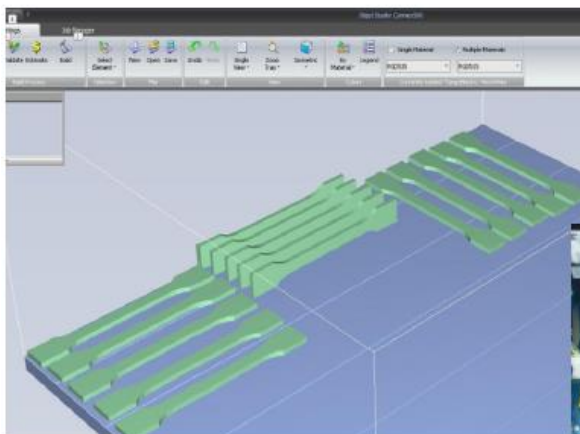
Způsoby orientace a výroba vzorků

Fused Deposition Modeling – materiál ABS

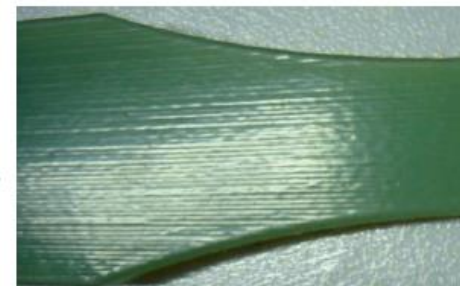
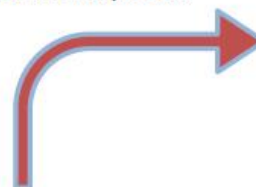


Způsoby orientace a výroba vzorků

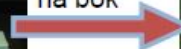
Poly Jet Matrix – materiál ABS-like



Podélně na plochu



Podélně na bok



Příčně na plochu



Způsoby orientace a výroba vzorků

Poly Jet Matrix – následné operace

- Temperace

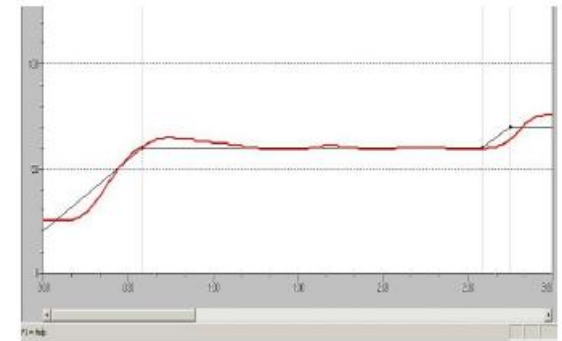


Požadovaná teplota:

80°C

Doba:

7 hodin



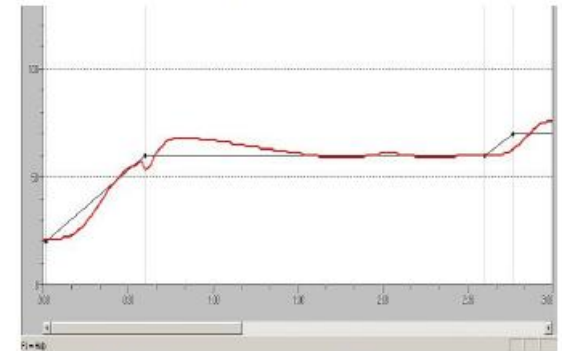
Průběh temperace 1

Požadovaná teplota:

100°C

Doba:

9 hodin



Průběh temperace 2

- Stárnutí

Pokojová teplota:

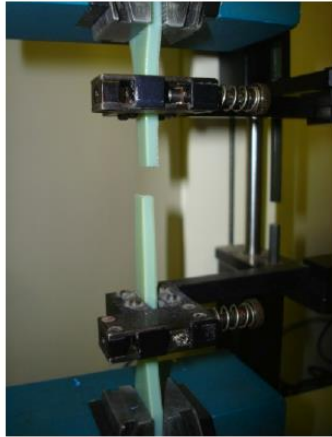
22°C

Doba:

3 měsíců

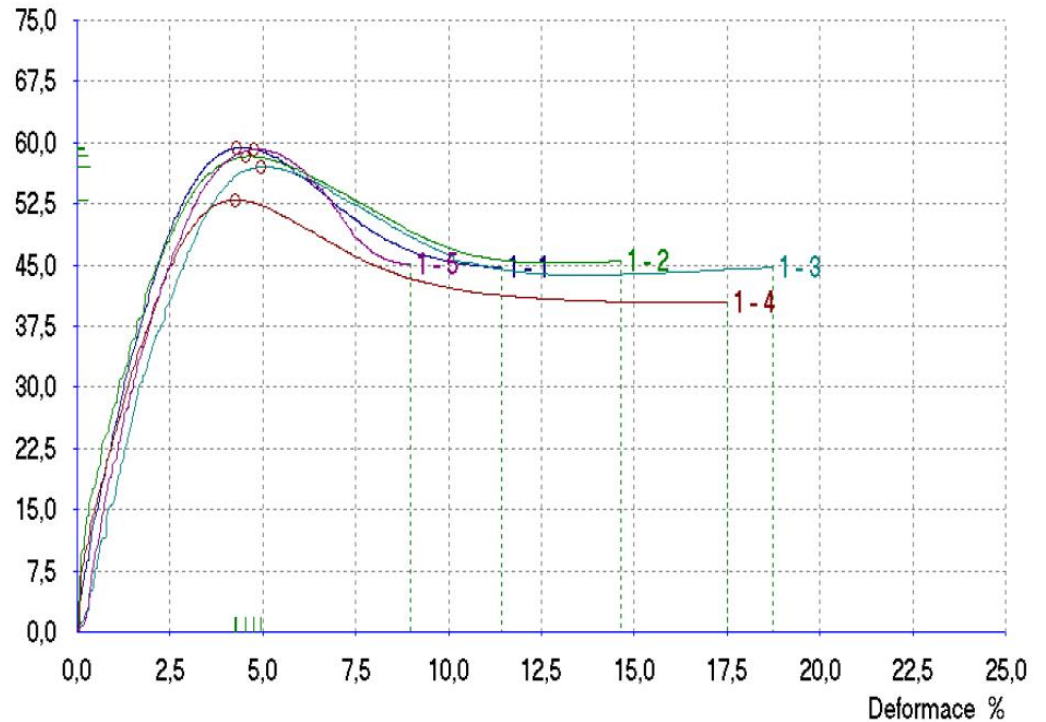
Zkouška tahem

Trhací zařízení Hounsfield H10KT



Napětí MPa

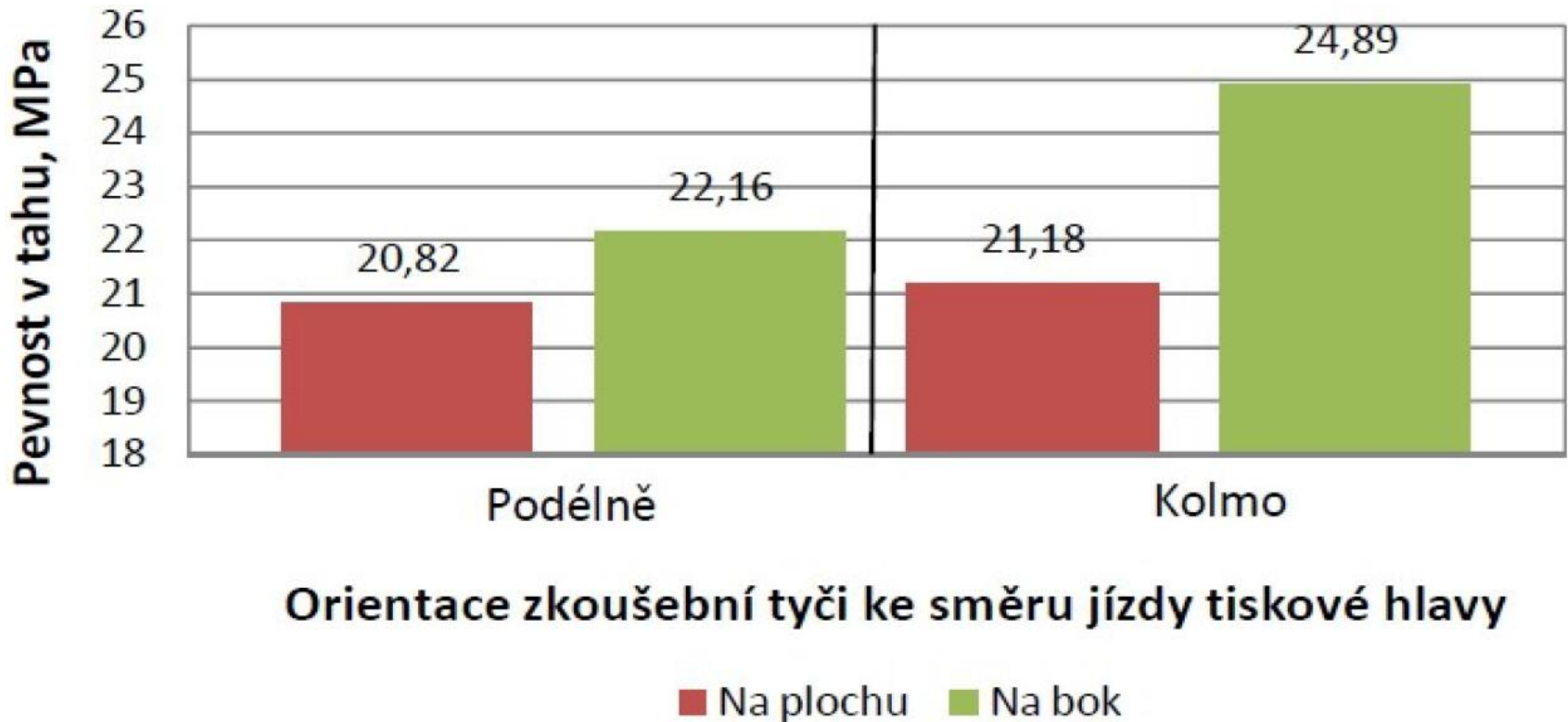
Křivka pro Výrobek: ABS like_LveSmeru



Výsledky

Pevnost v tahu uváděná výrobcem materiálu: 34,5 MPa.

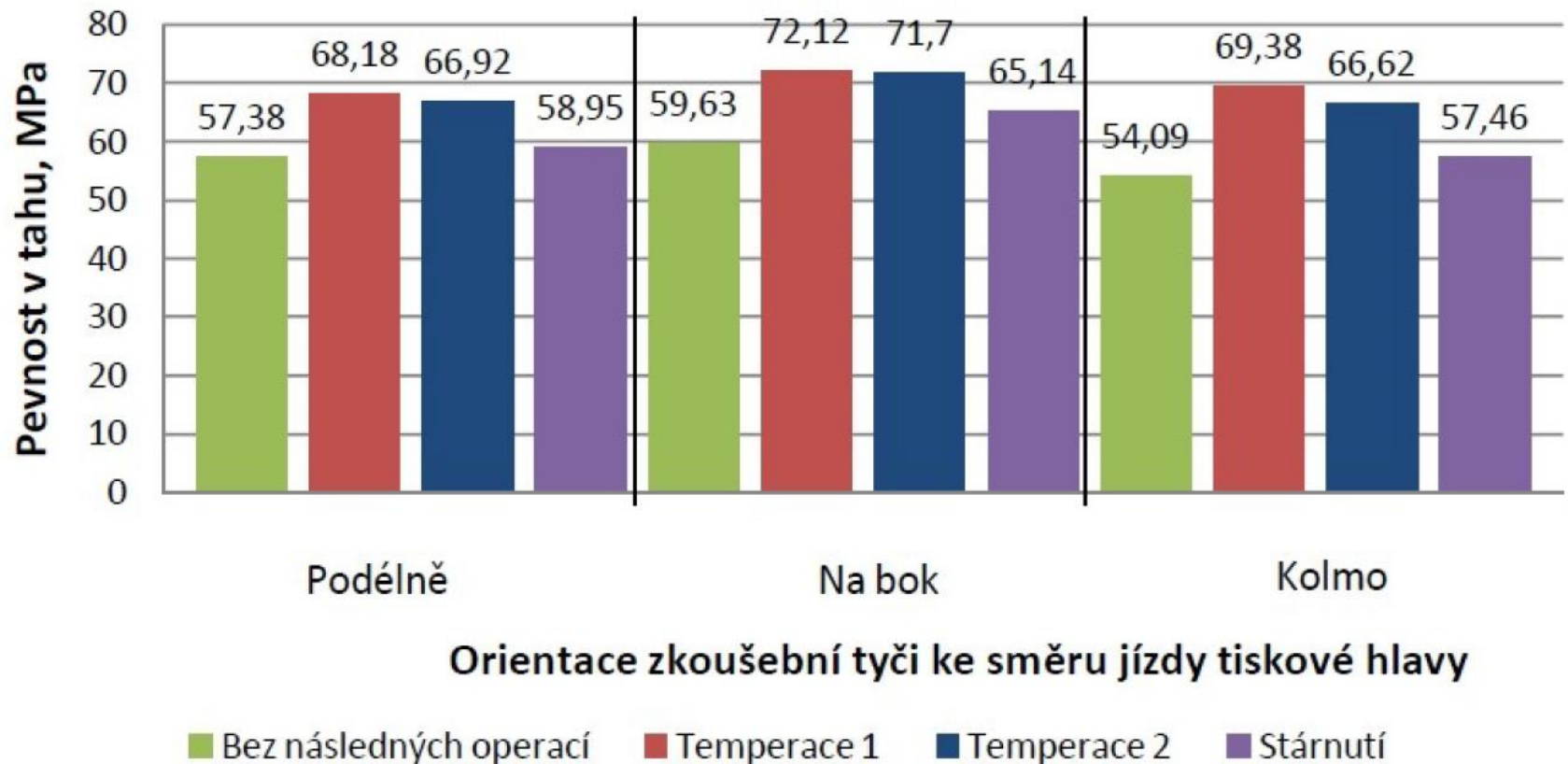
Výsledky z tahové zkoušky materiálu ABS z 3D tiskárny Dimension SST 768 (FDM)



Výsledky

Pevnost v tahu uváděná výrobcem materiálu: 55-60 MPa.

Výsledky z tahové zkoušky materiálu ABS-like z 3D tiskárny
Objet Connex 500 (PolyJet Printing)



Výsledky - zhodnocení

- Orientace stavěného dílu v pracovním prostoru 3D tiskárny má u obou testovaných aditivních technologií vliv na výsledné mechanické vlastnosti dílu. U pevnosti v tahu až 20% u FDM a až 10% u PolyJet Printing.
- Následné teplotní zpracování (temperace) vytištěných dílů má vliv na mechanické vlastnosti. Až 20% navýšení pevnosti v tahu u ABS-like.
- Přirozené stárnutí vytištěného dílu z ABS-like má sice vliv na jeho mechanické vlastnosti, ale je výraznější jen u orientace na bok (cca 10% navýšení pevnosti v tahu).
- Výrobce uváděné parametry materiálu odpovídají pro ABS-like a u ABS pro FDM se nedosáhlo pevnosti v tahu (30% rozdíl v pevnosti tahu).

Výsledky - zhodnocení

- Výsledky experimentů umožňují lépe rozhodovat při přípravě výroby o orientaci dílů v pracovním prostoru stroje a tím zvýšit užité vlastnosti vyráběných dílů.
- Usnadní také rozhodování o případné nutnosti temperace dílů – bez temperace kratší doba výroby.
- Je porovnání s údaji výrobců v materiálových listech.

Zdroje:

ZELENÝ, P. a J. ŠAFKA, I. ELKINA. The mechanical characteristics of 3D printed parts according to the build orientation. *In. Applied Mechanics and Materials*, Vol. 474 (2014), Trans Tech Publications, Switzerland, pp 381-386 ISSN 1660-9336

Elkina, I. Influence of different print settings on the mechanical properties prototype parts. Diploma work, TUL-MF-DMS, Liberec (2012)