



Fakulta špeciálnej techniky
Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne



Aditívne technológie od A po Z a ich vplyv na životné prostredie

doc. Ing. Maroš Eckert, PhD.



Obsah

- Úvod do aditívnych technológií
- História a vývoj 3D tlače
- Základné technológie 3D tlače
- 3D tlač technológiou *FFF*
- 3D tlač technológiou *VAT*
- 3D tlač spekania práškov
- Ďalšie technológie 3D tlače





Úvod do aditívnych technológií

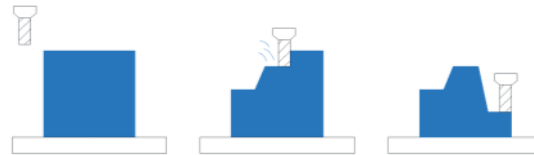
Výroba pomocou foriem

Výroba veľkého počtu rovnakých súčiastok



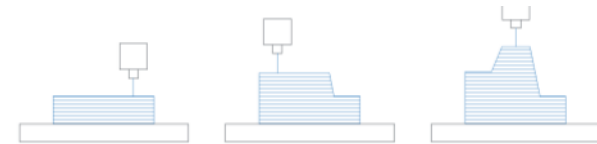
Subtraktívna výroba

Výroba malých a stredných objemov súčiastok



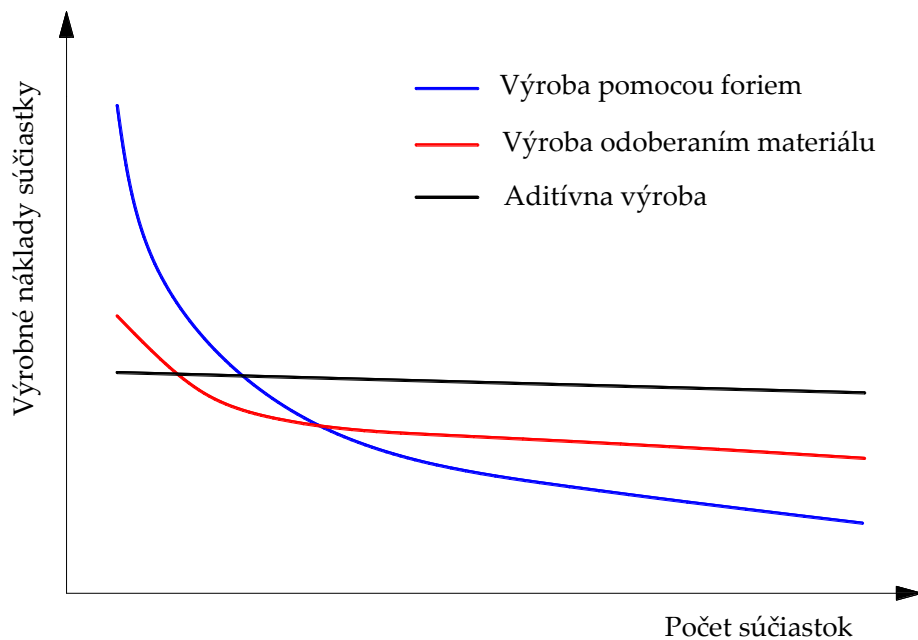
Aditívna výroba

Malé objemy súčiastok komplexných tvarov





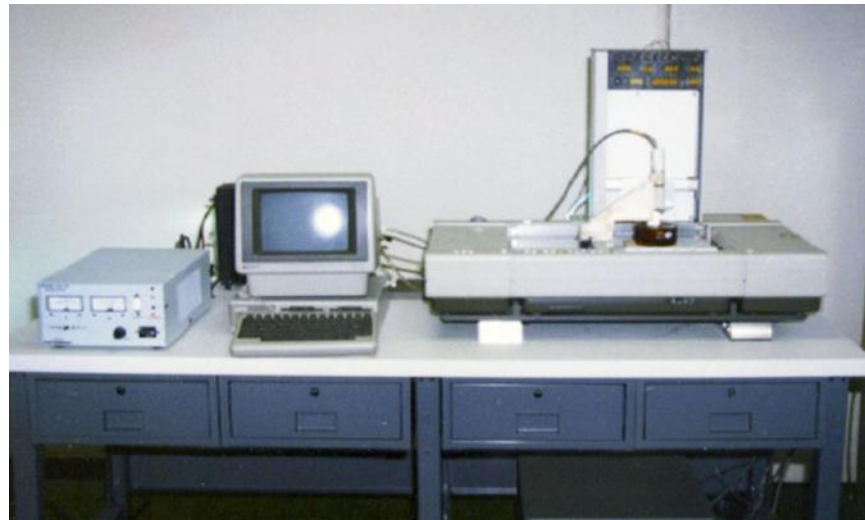
Úvod do aditívnych technológií





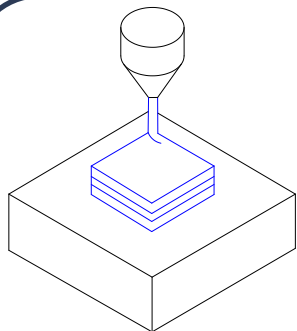
História aditívnej technológie

- 1983 Charles Hull prvá 3D tlačiareň pracujúca na princípe SLA
- 1989 spoločnosť Stratasys patentuje technológiu FDM
- Ďalšie patenty, spoločnosť DTM s technológiou SLS
- Exspirovanie patentov pre kľúčové procesy = explózia dodávateľov a systémov



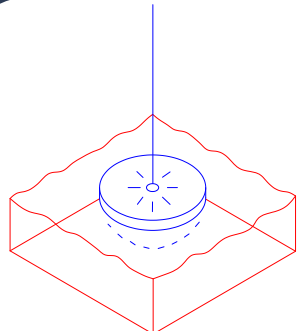


Základné technológie 3D tlače



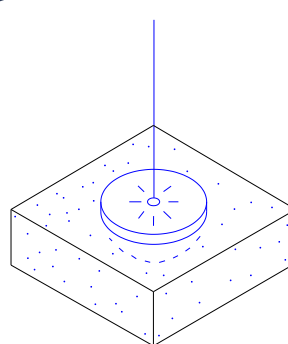
Extrúzia materiálu

FFF (Fused Filament Fabrication), viacej známy pod označením FDM (Fused Deposition Modeling)



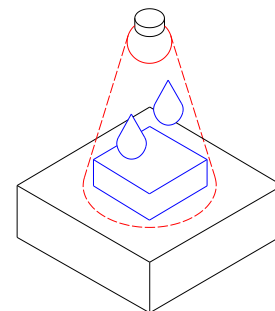
VAT foto-polymerizácia

SLA (Stereolithography), DPL (Direct Light Processing)



Spekanie práškového lôžka

SLS (Selective Laser Sintering), DMLS (Direct Metal Laser Sintering), SLM (Selective Laser Melting)

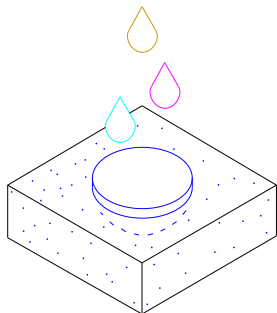


Nástrek materiálu

MJ (Material Jetting), DOD (Drop On Demand)

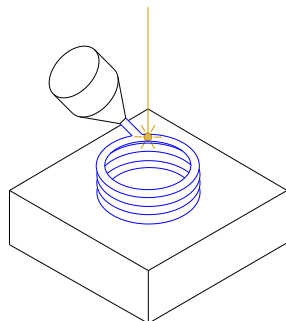


Základné technológie 3D tlače



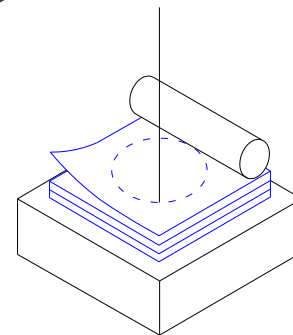
Nanášanie spojiva

BJ (Binder Jetting)



Priama depozícia energie

LENS (Laser Engineering Net Shaping), LBMD (Laser-Based Metal Deposition)



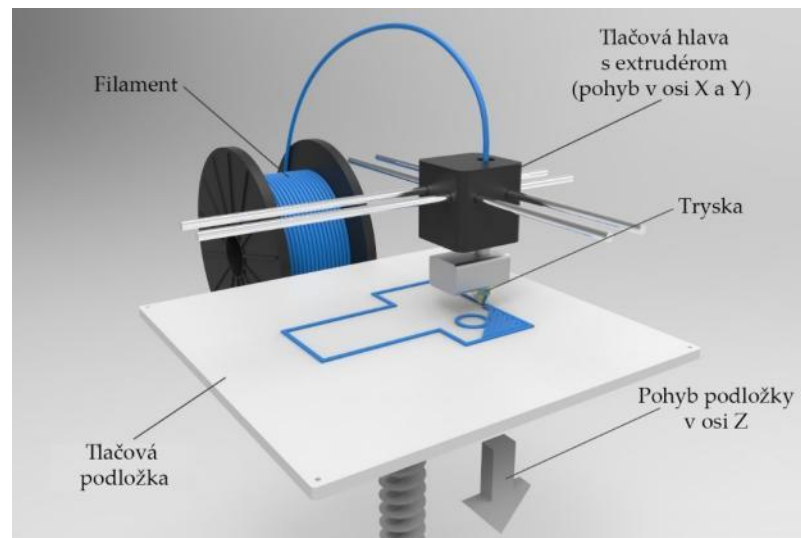
Laminovanie dosiek

UAM (Ultrasonic Additive Manufacturing), LOM (Laminated Object Manufacturing)



3D tlač technológiou FFF

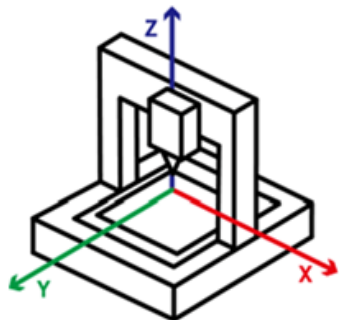
- Najrozšírenejšia technológia
- Nanášanie nataveného materiálu do jednotlivých vrstiev
- Materiál vo forme filamentu alebo prášku
- Tlačová hlava s výhrevným telesom a extrudérom
- Tuhnutie materiálu na tlačovej podložke



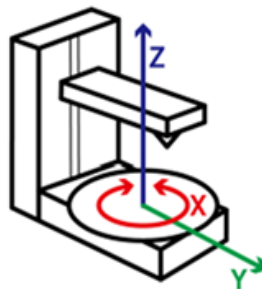


3D tlač technológiou *FFF*

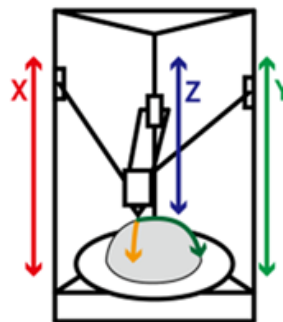
Karteziánsky typ
3D tlačiarne



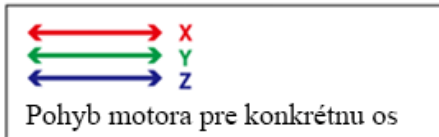
Polárny typ
3D tlačiarne



Delta typ
3D tlačiarne

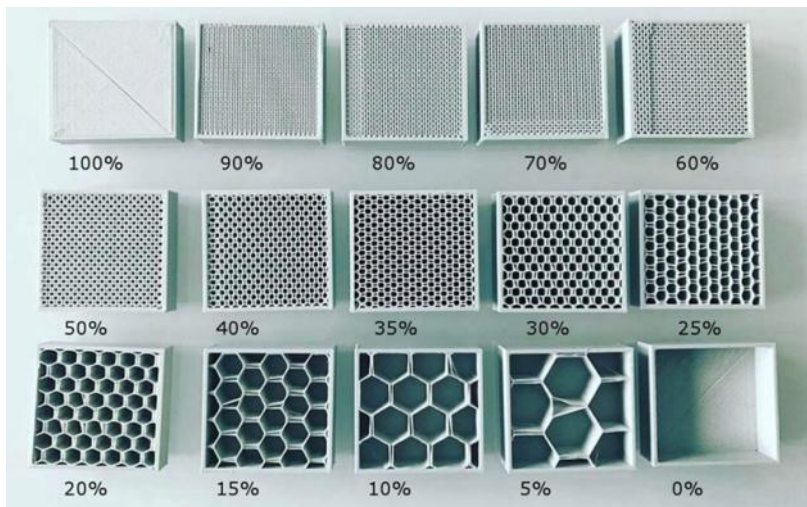


3D tlačiareň na
robotickom ramene

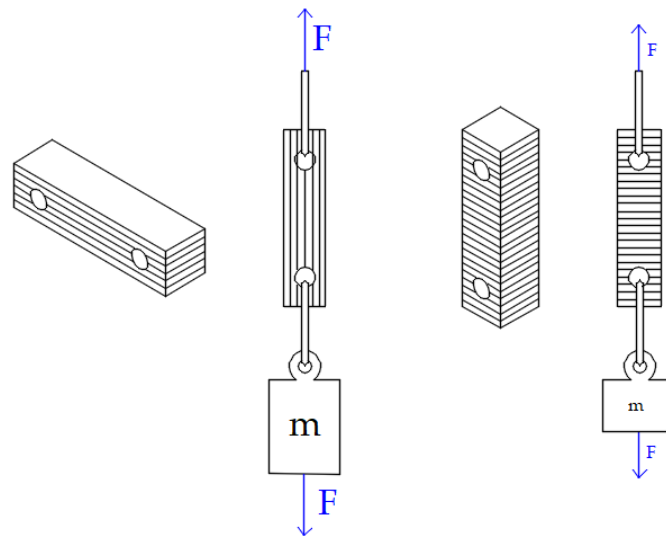




Tvar a hustota výplne pri FFF 3D tlači



Rôzna hustota výplne 6-uholníkového tvaru



Orientácia nanášania vrstiev vzhľadom na smer prevládajúceho zaťaženia



Podpory pri FFF 3D tlači



Podpora pri previse menšom ako 45°



Mriežková podpora



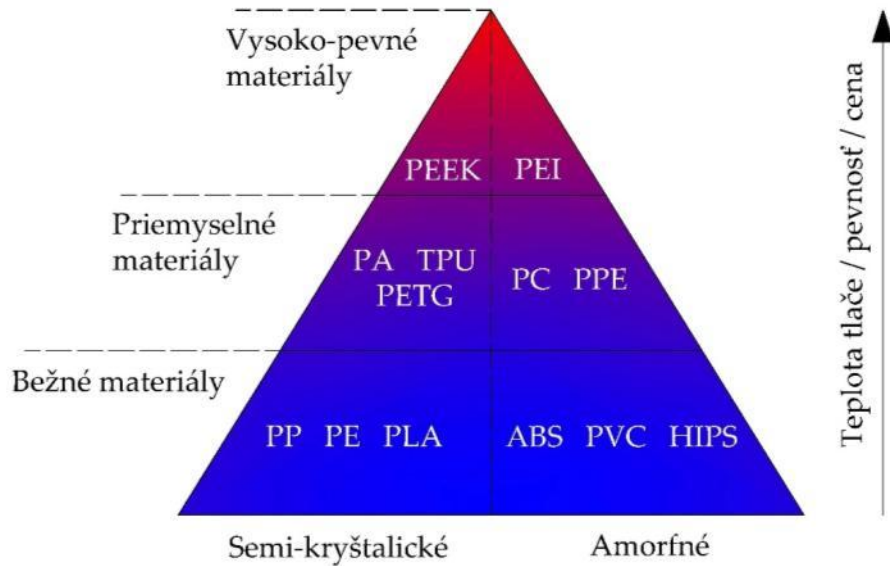
Stromová podpora



Rozpustná podpora



Materiály pri FFF 3D tlačí





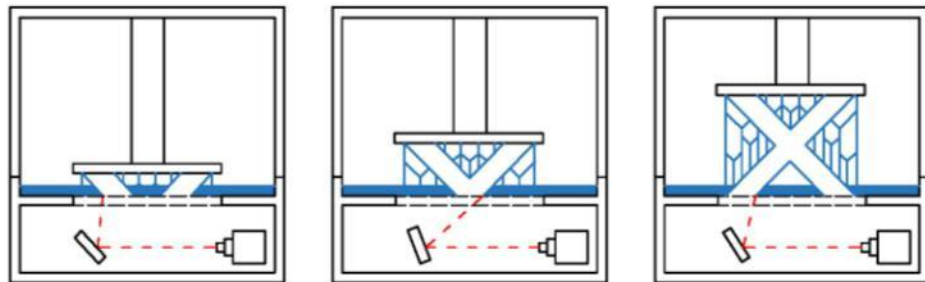
Využitie FFF 3D tlače





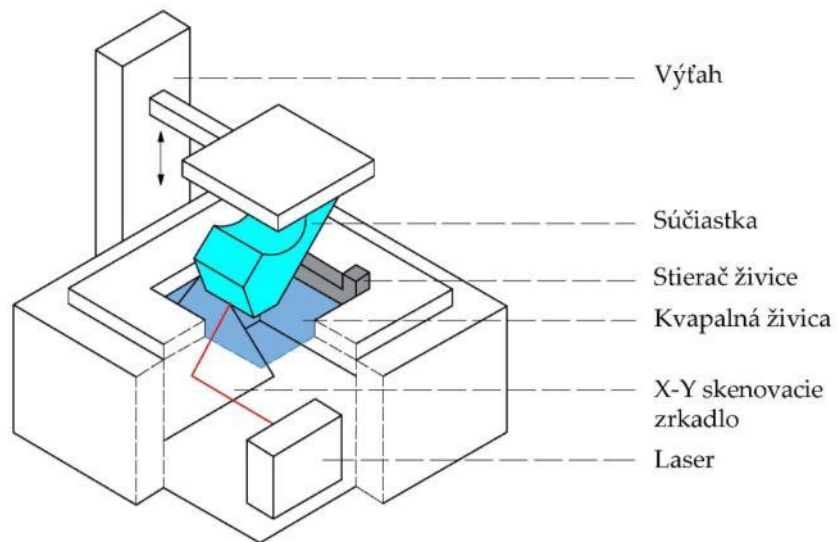
VAT fotopolymerizácia

- Tuhnutie živice alebo fotopolymérneho materiálu v kvapalnej fáze účinkom žiarenia
- Po ožiarení kvapalného materiálu nastáva chemická reakcia, pri ktorej materiál tuhne – fotopolymerizácia
- SLA (stereolitografia) a DPL (priame svetelné vytvrdzovanie)

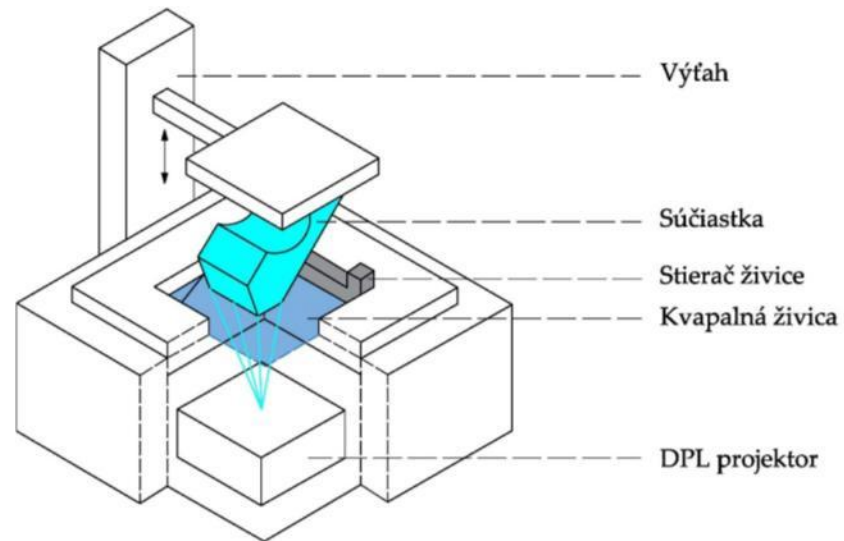




VAT fotopolymerizácia SLA vs. DPL



Technológia SLA

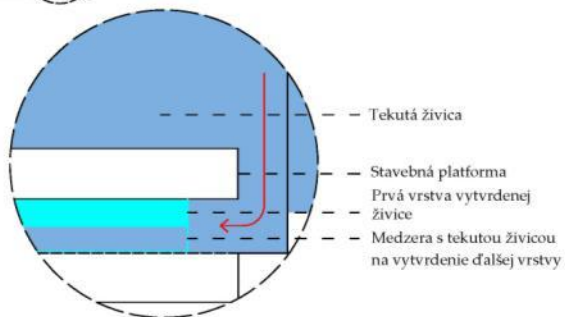
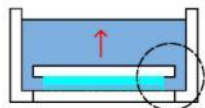
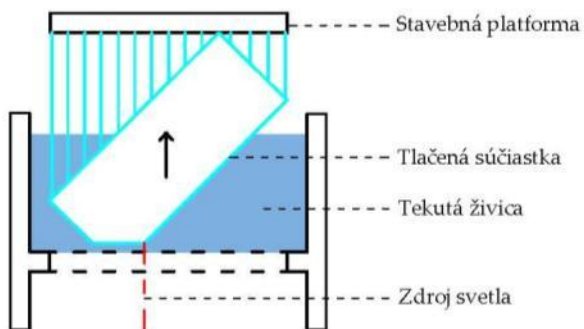


Technológia DPL

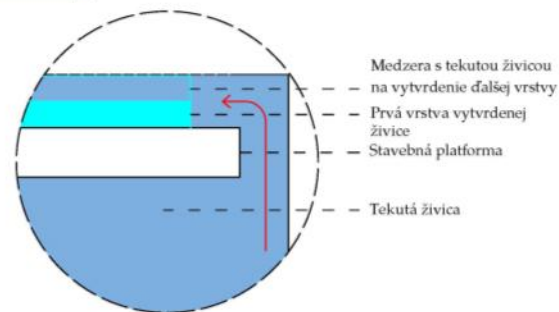
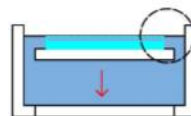
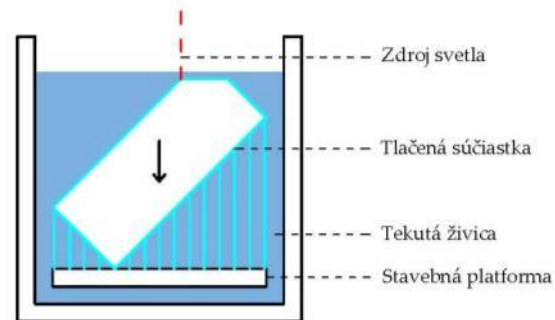


VAT fotopolymerizácia - konfigurácia

Konfigurácia
zdola nahor



Konfigurácia
zhora nadol

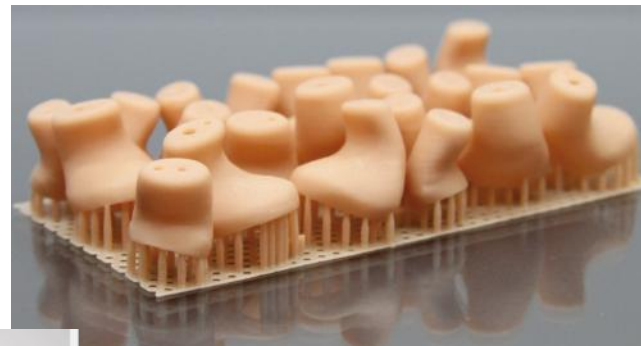




VAT fotopolymerizácia – využitie



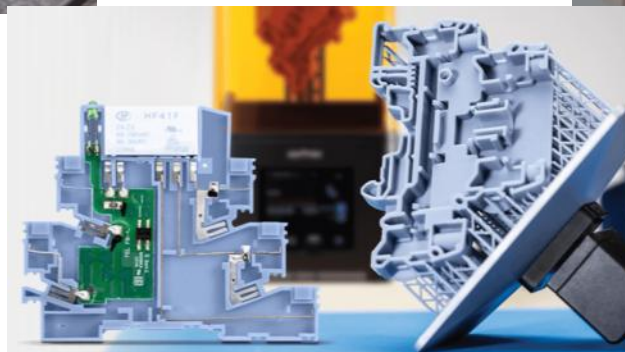
Kryt motora
automobilu



Personalizované sluchové pomôcky



Dentálny model

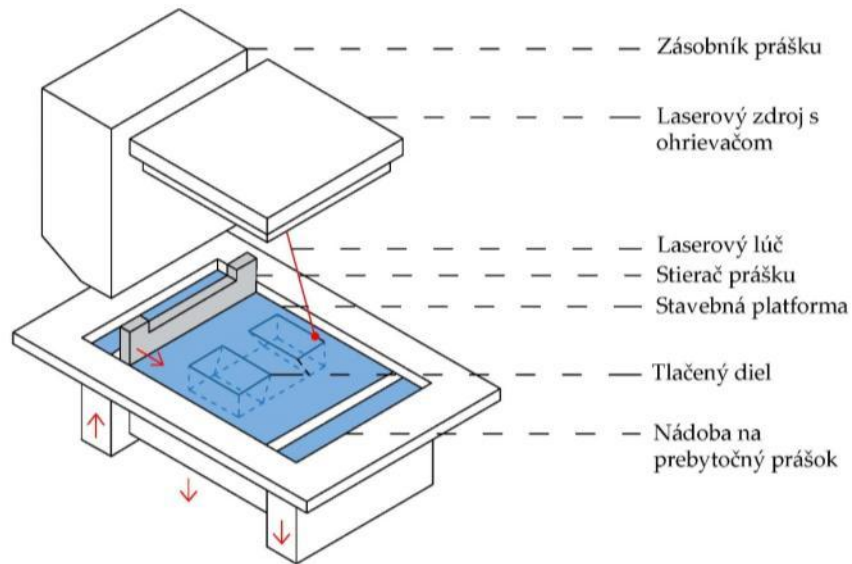


Obal nadprúdového chrániča



3D tlač spekaním práškov

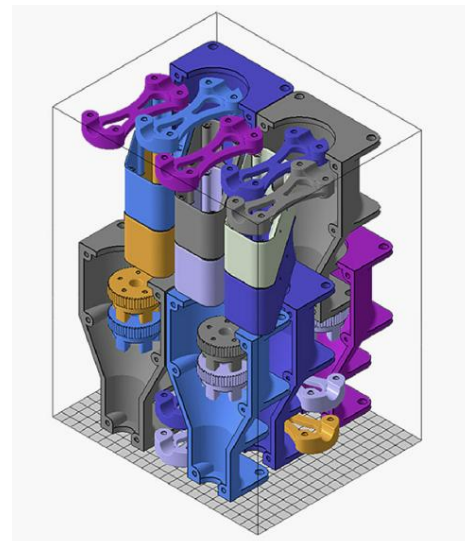
- Využitie tepelného zdroja na vytvorenie spojenia medzi časticami prášku
- Nanášania prášku po jednotlivých vrstvách s následným spekaním a vyhladzovaním prášku
- Spekanie polymérnych práškov SLS
- Spekanie kovových práškov SLM/DMLS





Spekanie polymérnych práškov

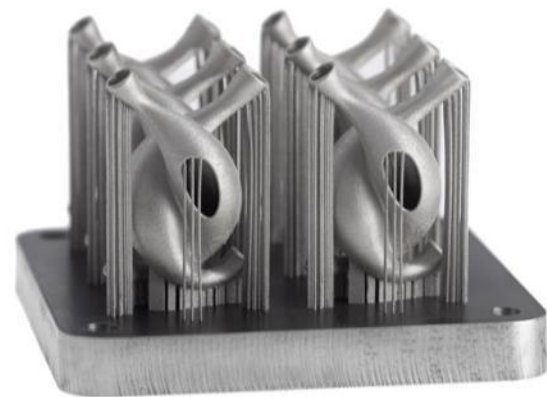
- Výroba komplexných funkčných súčiastok vďaka izotropnosti mechanických vlastností
- Dobrá úroveň presnosti
- Nie je potrebné tlačiť podporné štruktúry, nespekaný prášok funguje ako podpora
- Vyššia cena zariadení





Spekanie kovových práškov

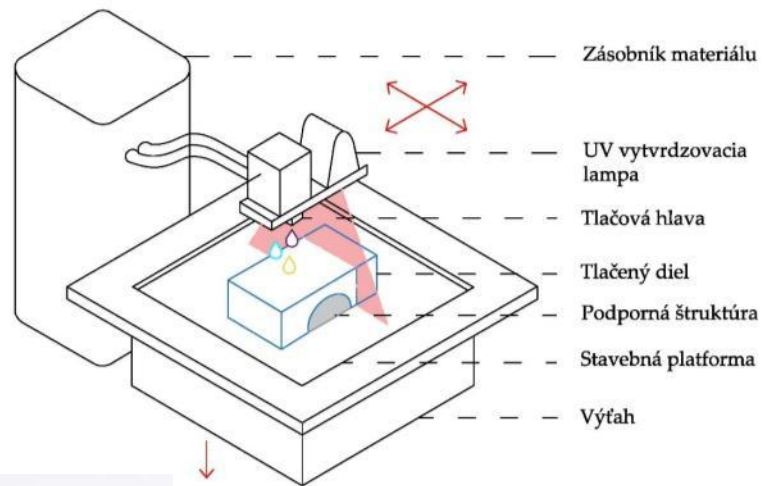
- Komplexné, vysoko sofistikované priemyselné zariadenia
- Prísny postup kalibrácie, manipulácie s materiálom a následným spracovaním
- Potreba tlačiť podporné štruktúry
- Vysoká cena zariadení ≠ domáce použitie





Technológia nanášania materiálu - MJ

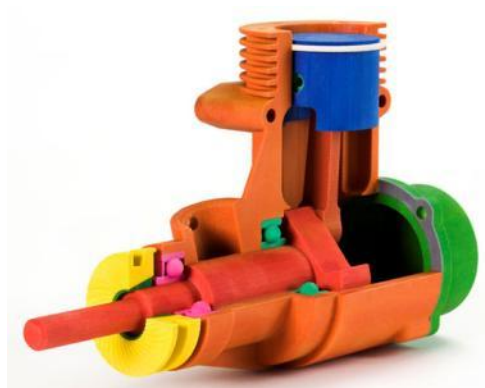
- Podobne ako 2D tlačiareň nanáša kvapôčky fotopolyméru
- Možnosť tlačiť plnofarebné objekty
- Vytvrdenie UV svetlom
- Tlač rozpustných podporných štruktúr





3D tlač nanášaním spojiva - BJ

- Nanášanie spojiva na práškové lôžko vrstvu po vrstve
- Spojenie jednotlivých vrstiev do pevného objektu
- Piesková a kovová *BJ* technológia



Objekty vytlačené pieskovou *BJ*

Objekt vytlačený kovovou *BJ*





Výber vhodnej technológie

- Pri funkčných polymérnych súčiastkach - *FFF* a *SLS* technológie, kde *SLS* dosahuje vynikajúce vlastnosti, ale za vyššie cenové náklady. Pri veľmi zložitých dieloch je však *SLS* jediná možnosť
- Pri nefunkčných súčiastkach, kde je kladený dôraz na vizuálnu stránku - *SLA/DLP* a *MJ*, pri ktorých *MJ* dosahujú lepšiu kvalitu, ale na úkor vyššej ceny
- Pri kovových súčiastkach - *DMLS/SLM* a *BJ* kovových práškov. V tomto prípade sú diely vyrobené *BJ* až 10-násobne lacnejšie, ale ich mechanické vlastnosti a rozmerová presnosť nie sú tak dobré. V prípade veľkých súčiastok však *BJ* bude jedinou možnosťou.



Servis a opravy automobilov

Údržba automobilov, automobilové systémy,
konštrukcia automobilov.



Špeciálna strojárská technika

Konštrukcia špeciálnej techniky, zbraňové
systémy, základy balistiky.



Špeciálna strojárská technika

Konštrukcia obrannej techniky, balistika, výroba a skladovanie munície.



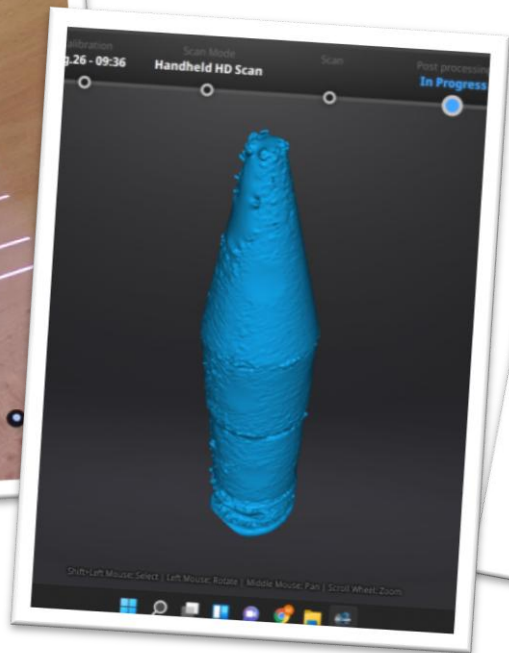
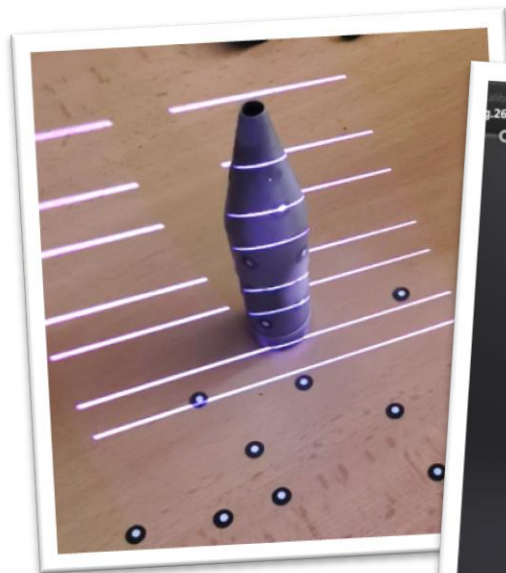
Údržba špeciálnej mobilnej techniky

Systémy a techniky pre prevádzku, údržbu, opravu a kontrolu mobilnej techniky.

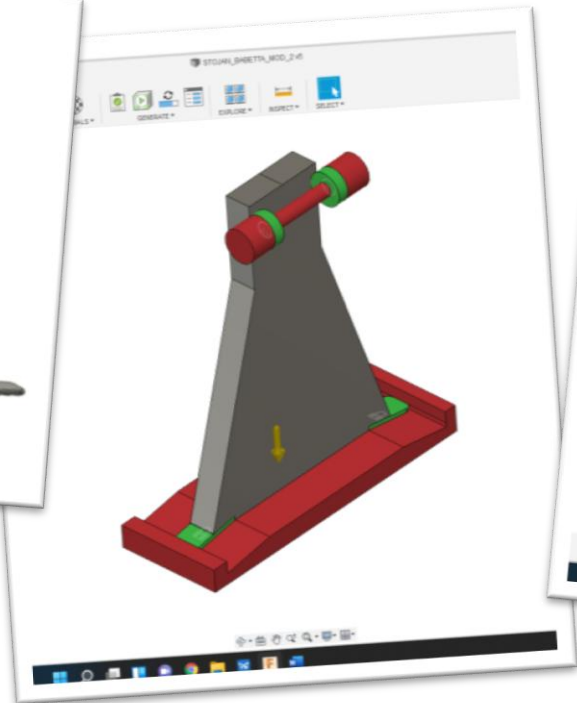
Aditívne technológie a RP na FŠT



Aditívne technológie a RP na FŠT



Aditívne technológie a RP na FŠT



Aditívne technológie a RP na FŠT





ĎAKUJEM!

OTÁZKY?

maros.eckert@tnuni.sk