

Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3: Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Předmět: Technologie II (aditivní technologie) Přednáška č. 12: Přehled aditivních technologií – 1. část



Ing. Petr Keller, Ph.D.

Aditivní výroba

Norma ISO/ASTM 52900 uvádí schválené kategorie a názvy procesů aditivních technologií, které jsou uvedeny v následujícím seznamu:

- **vytlačování (extrudování) materiálu – proces aditivní výroby, ve kterém je materiál selektivně dávkován tryskou nebo otvorem,**
- **tryskání materiálu – proces aditivní výroby, ve kterém jsou selektivně nanášeny kapičky stavěného materiálu,**
- **tryskání pojiva – proces aditivní výroby, ve kterém je kapalné pojivo selektivně nanášeno pro spojení práškového materiálu,**
- **laminování deskového materiálu – proces aditivní výroby, ve kterém je pro vytvoření součásti spojován deskový materiál,**
- fotopolymerizace – proces aditivní výroby, při kterém je kapalný fotopolymer v nádobě selektivně vytvrzován polymerizací aktivovanou světlem,
- spojování prášku ve vrstvách teplem – proces aditivní výroby, při kterém tepelná energie selektivně spojuje oblasti ve vrstvě prášku,
- řízená energie natavování – proces aditivní výroby, při němž je tepelná energie soustředěna na spojení materiálů tavením v okamžiku nanášení.

Aditivní technologie

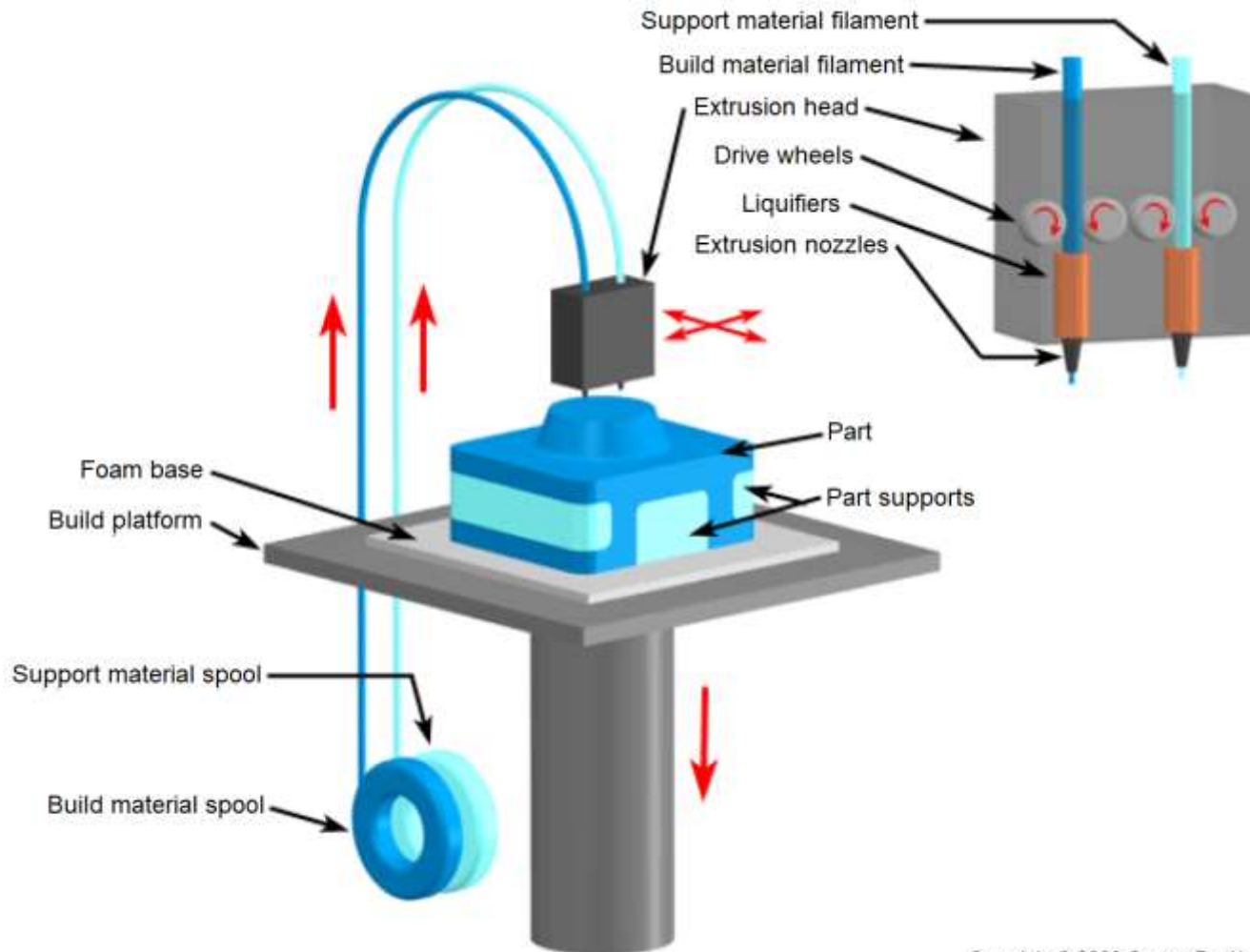
– vytlačování (extrudování) materiálu

- vytlačování (extrudování) materiálu – proces aditivní výroby, ve kterém je materiál selektivně dávkován tryskou nebo otvorem
- material extrusion – an additive manufacturing process in which material is selectively dispensed through a nozzle or orifice



Extrudování materiálu

- vstupní materiál ve formě „drátu“ z termoplastu – filament, ale i např. kompozitní materiály s termoplastem, dále beton, sklo aj.
- je třeba stavět podpory pod vlastní součásti



Aditivní technologie

Extrudování materiálů

Extrudování materiálu – příklady



Zdroj: MIT



Zdroj: www.3dees.cz

Extrudování materiálu

Typické technologie:

- **FDM** (Fused Deposition Modelling) – Stratasys
- **FFF** (Fused Filament Fabrication) – open source Rep Rap
- **FLM** (Fused Layer Modelling) – obecný název
- **BMD** (Bound Metal Deposition /Studio System) – Desktop Metal

Výhody extrudování materiálů

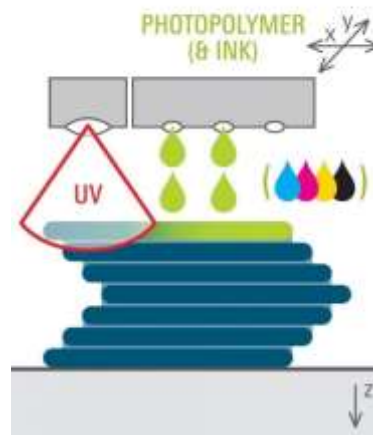
- **relativně jednoduchý proces** – velké rozšíření této technologie (FFF, FLM)
- poměrně levný tisk
- snadná dostupnost množství termoplastických materiálů (PLA, ABS, TPU, PETG, PA, kompozity PA-C, PA-GF...)
- nově též možnost 3D tisku z **kovem plněných filamentů** – po tzv. debindingu a sintrování plně funkční kovové díly

Nevýhody extrudování materiálů

- výrazná nehomogenita tištěných dílů v různých směrech
- relativně pomalý tisk
- **toxicita některých materiálů při tisku** v otevřeném pracovním prostoru

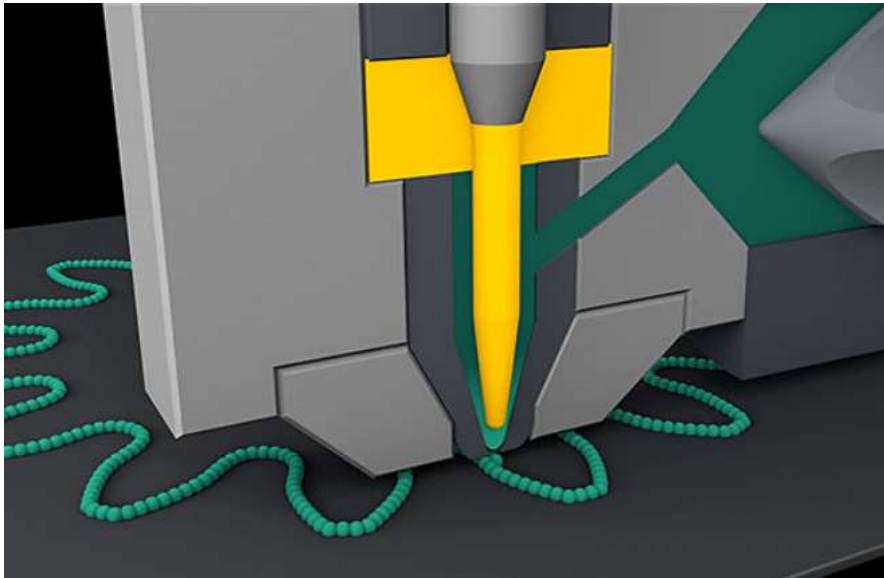
Aditivní technologie – tryskání materiálu

- tryskání materiálu – proces aditivní výroby, ve kterém jsou selektivně nanášeny kapičky stavěného materiálu
- material jetting – an additive manufacturing process in which droplets of build material are selectively deposited

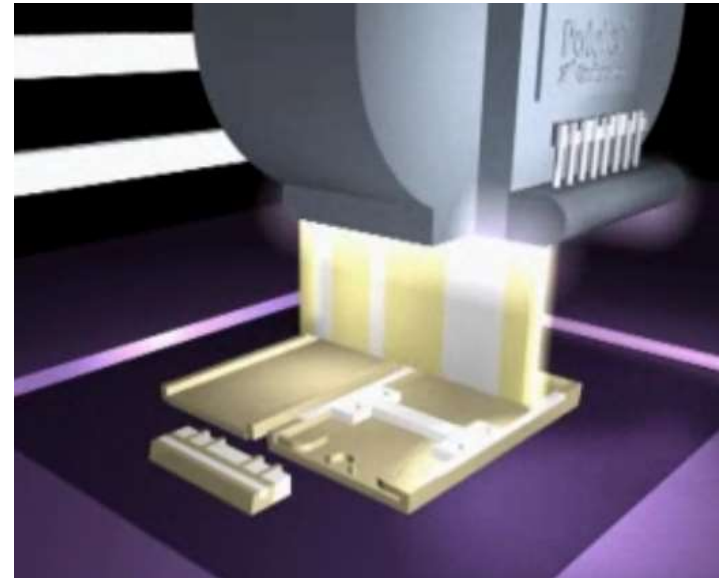


Tryskání materiálu

- vstupní materiály – termoplasty, vosky, fotopolymery (tekuté pryskyřice vytvrditelné světlem – na podobném principu, jako inkoustová tiskárna na papír)
- je třeba stavět podpory pod vlastní součásti



Zdroj: www.arburg.com



Zdroj: stratasys.com

Aditivní technologie

Tryskání materiálu

Tryskání materiálu – příklady

Termoplasty:



kombinace materiálů:
ABS, TPU a armat 21

tl. vrstvy: 0,2 mm

Zdroj: www.arburg.com



Fotopolymery:



Ize kombinovat až 6 stavebních
materiálů + podpůrný materiál

tl. vrstvy 14 μm nebo 27 μm
(high quality / high speed)

Zdroj: www.4dconcepts.de



Tryskání materiálu

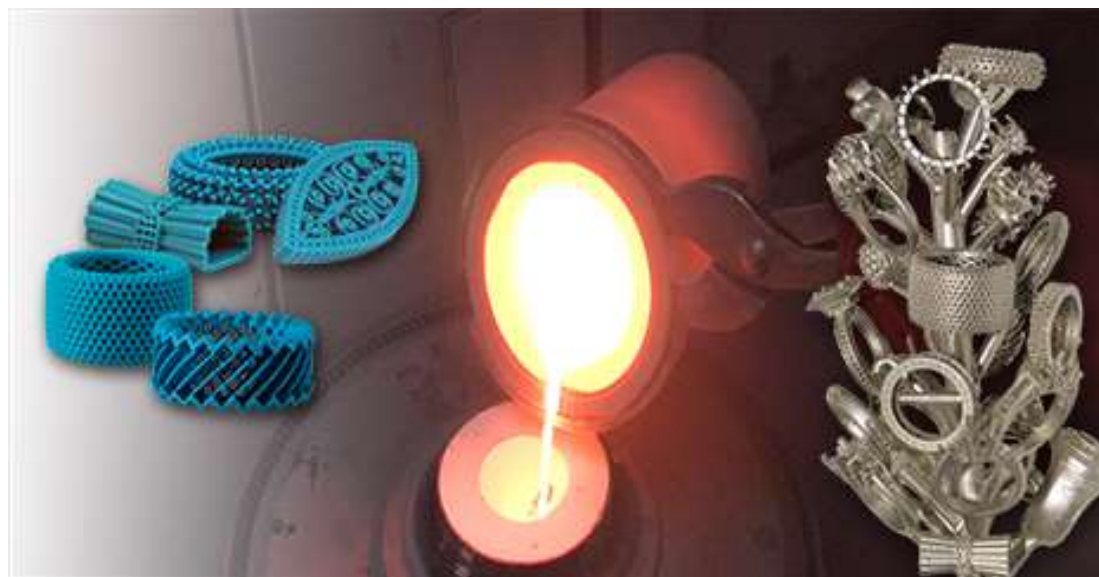
Vosky:



Zdroj: www.familyjewelers.com/services/custom-design



Zdroj: 3dprinting.com



Zdroj: www.tech-designsny.com/business

Tryskání materiálu

Typické technologie:

- **PolyJet Printing** – Stratasys, Objet
- **MJP** (MultiJet Printing) – 3D Systems
- **TIJ** (Thermoplastic InkJet) – Solidscape, 3D Systems
- **APF** (ARBURG Plastic Freeforming) – ARBURG

Výhody tryskání materiálu

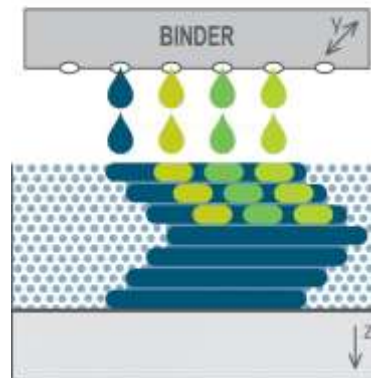
- **Často lze kombinovat různé materiály v rámci jednoho tisku**
- Technologie založená na fotopolymerech umožňuje plně barevný tisk s neznatelnou tloušťkou vrstev (14 μ m)
- Pro termoplasty – levný vstupní materiál (granulát)

Nevýhody tryskání materiálu

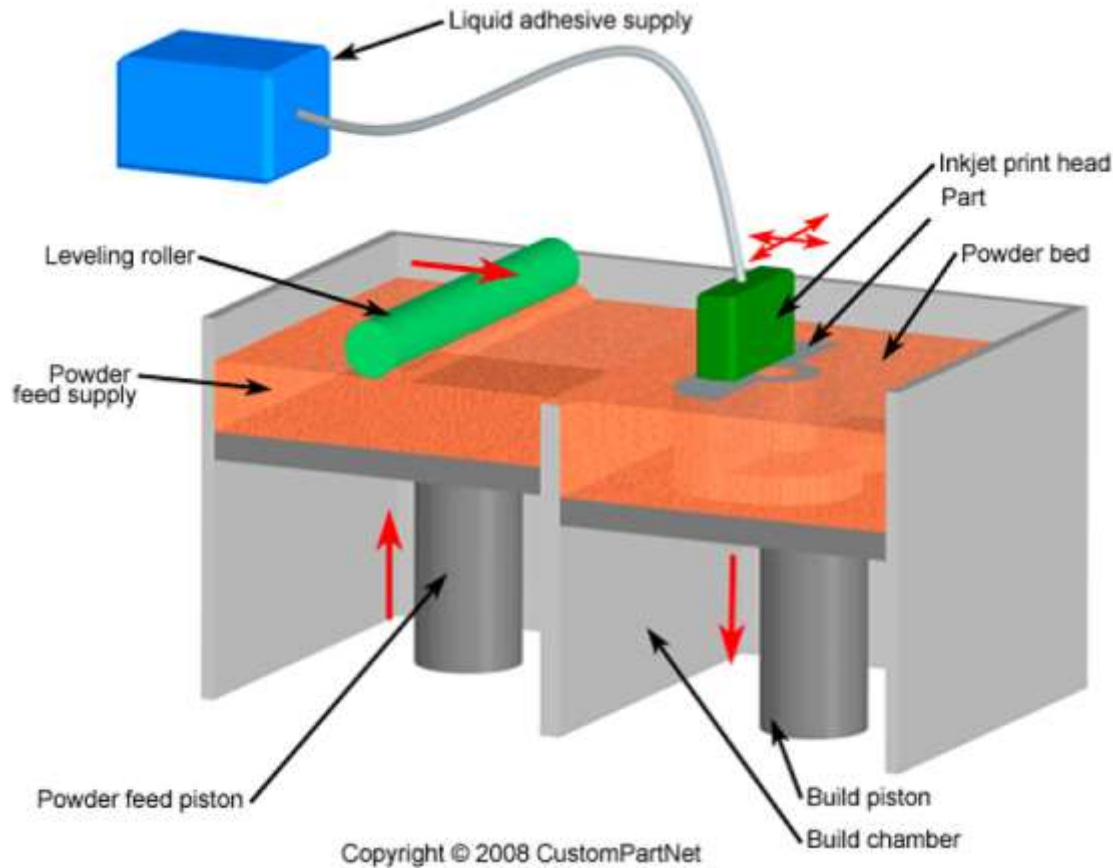
- Většinou horší mechanické vlastnosti dílů
- U technologie založené na fotopolymerech je nutné bezprostředně po skončení tisku vyčistit hlavy tiskárny

Aditivní technologie – tryskání pojiva

- tryskání pojiva – proces aditivní výroby, ve kterém je kapalné pojivo selektivně nanášeno pro spojení práškového materiálu
- binder jetting – an additive manufacturing process in which a liquid bonding agent is selectively deposited to join powder material



Tryskání pojiva

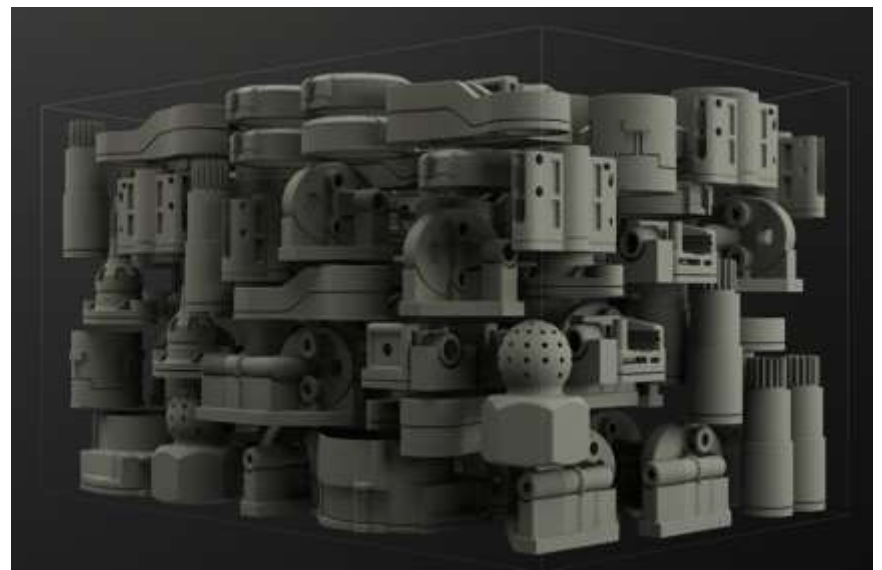
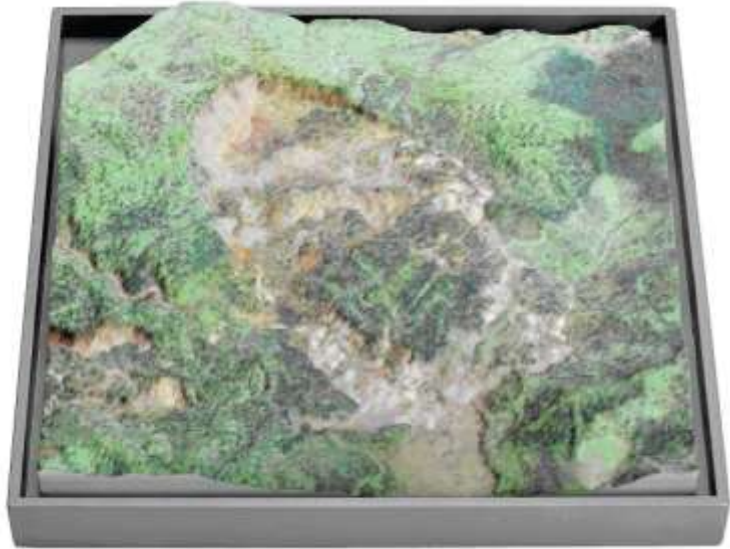


- na podobném principu, jako inkoustová tiskárna na papír
- materiál je prášek, do kterého se selektivně tryská pojivo
- nezpracovaný prášek zůstává v pracovním prostoru a slouží zároveň jako podpora pro další vrstvy, po ukončení tisku se recykluje

Aditivní technologie

Tryskání pojiva

Tryskání pojiva – příklady



<https://www.desktopmetal.com/products/shop>



<http://www.modelarna-liaz.cz/technologie/44-sandprint-3d-tisk-pisku/>

Tryskání pojiva

Typické technologie:

- **3DP** (Three Dimensional Printing) – Z Corporation
- **CJP** (ColorJet Printing) – 3D Systems
- **BJT** (Binder Jetting) – Desktop Metal
- **Sand Printing** – VoxelJet, ExOne

Výhody tryskání pojiva

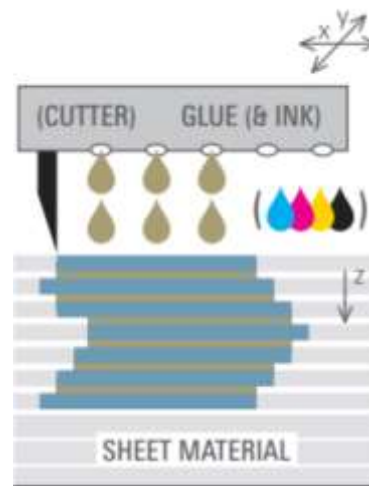
- Levná a relativně rychlá výroba
- Široká škála využití, dle použité technologie:
 - Některé technologie umožňují vytvářet plně barevné modely
 - Jiné technologie slouží pro výrobu kovových dílů nebo např. pískových forem (viz předchozí strana)
- Není třeba stavět podpory, podpírá nezpracovaný prášek

Nevýhody tryskání pojiva

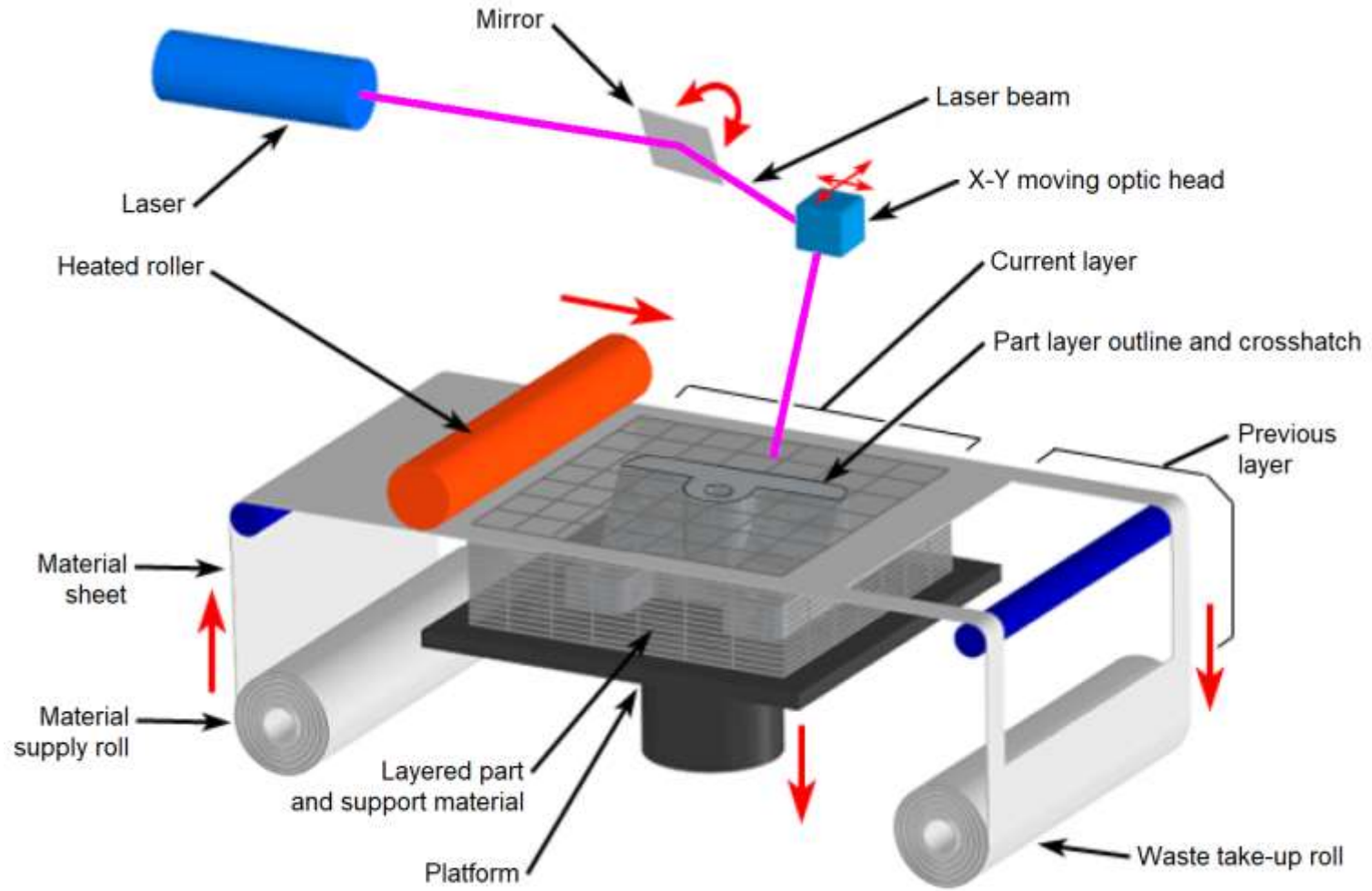
- Řada technologií je spíše jen pro posouzení vizuálního vzhledu
- Bezprostředně po skončení tisku je model velmi náchylný na poškození, je třeba počkat – nechat pojivo vytvrdit
- U kovového tisku jsou třeba následné operace

Aditivní technologie – laminování deskového materiálu

- laminování deskového materiálu – proces aditivní výroby, ve kterém je pro vytvoření součásti spojován deskový materiál
- sheet lamination – an additive manufacturing process in which sheets of material are bonded to form a part



Laminování deskového materiálu



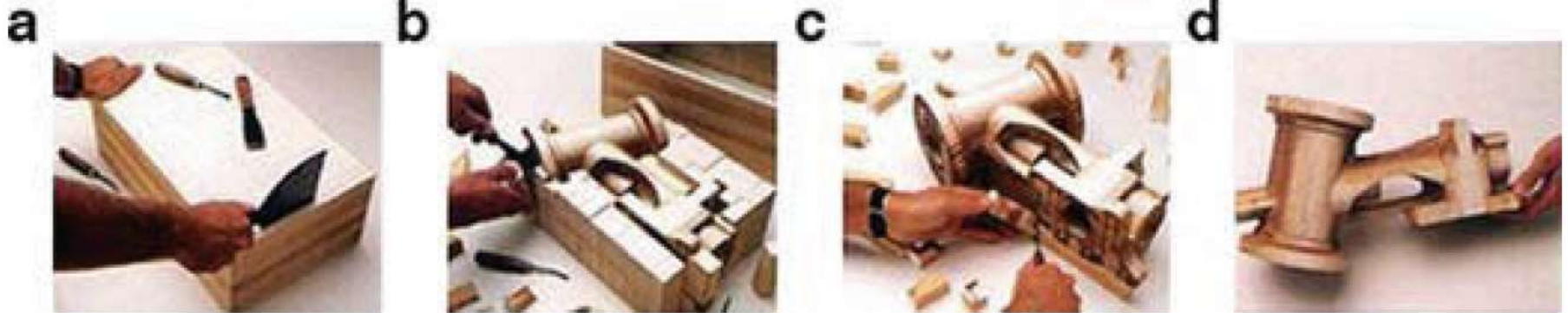
Aditivní technologie

Laminování

Laminování deskového materiálu

- vytváření dílů vyřezáním obrysů z deskového materiálu a jejich slepením, svařováním, stavením nebo slisováním
- možné materiály: papír, termoplasty, kovy

Postprocessing – „decubing“



Zdroj: Academic library - free online college textbooks

Laminování deskového materiálu

Typické technologie:

- **LOM** (Laminated Object Manufacturing)
– Helisys, Mcor Technologies, Solido
- **UAM** (Ultrasonic Additive Manufacturing) – Fabrisonic

Výhody technologie laminování

- rychlý, levný a poměrně přesný tisk
- v originále určeno zejména na velké objekty (modely karoserie aut, části letadel apod.) – speciální papír
- nově i **kovové díly** (hliník) bez působení tepla – tj. **bez vnitřního pnutí v dílu**

Nevýhody technologie laminování

- v originále nutnost použití speciálního papíru
- náročný postprocessing
- velký objem odpadu (čím menší využitý pracovní objem, tím více odpadu)
- málo materiálů

Děkuji za pozornost!

Ing. Petr Keller, Ph.D.

TU v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů a automatizace

petr.keller@tul.cz