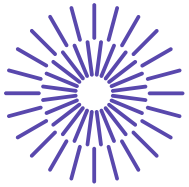
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A2: Rozvoj v oblasti distanční výuky, online výuky a blended learning

NPO_TUL_MSMT-16598/2022

CC BY SA

Počítačová grafika 3D

Zdeněk Kůs

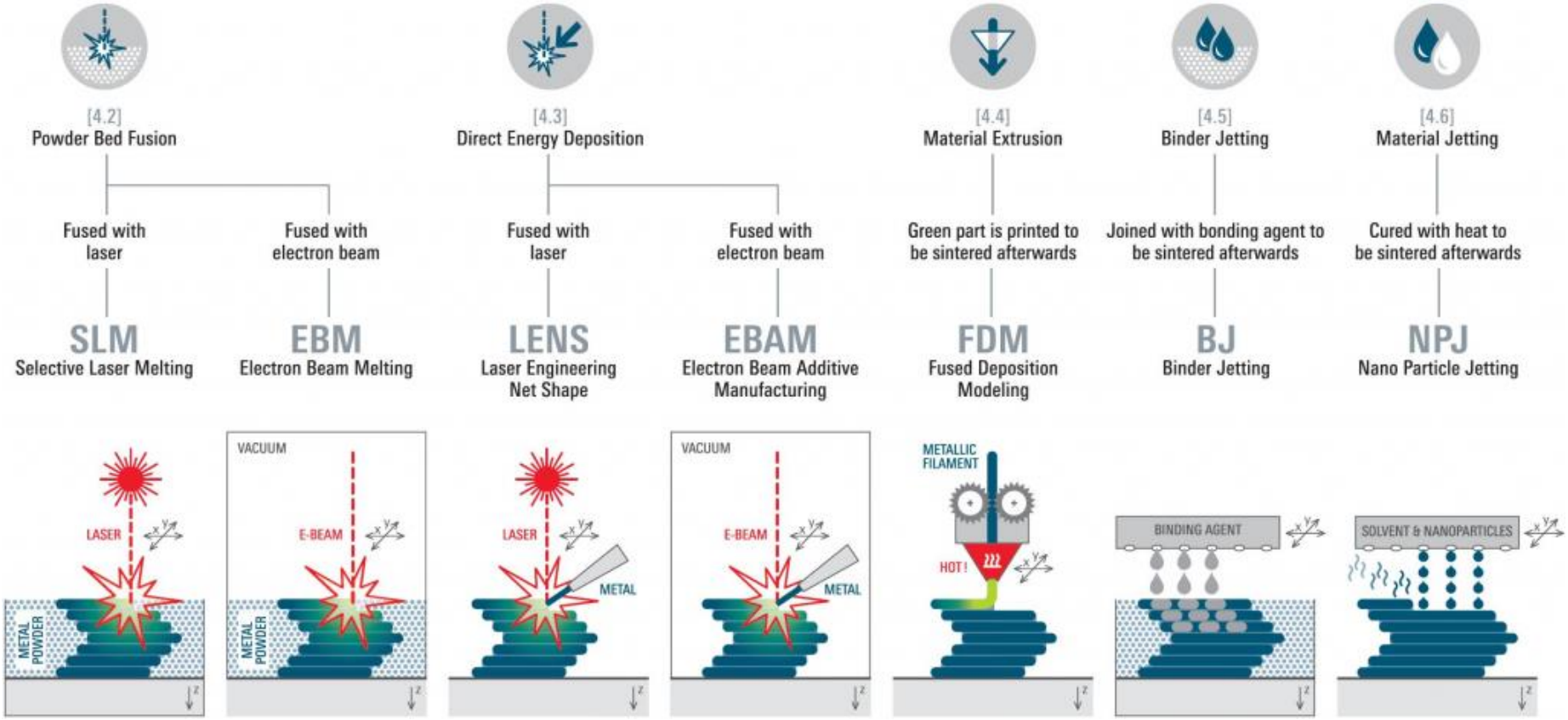
Financováno Evropskou unií NextGenerationEU

Národní plán obnovy

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

KOVY

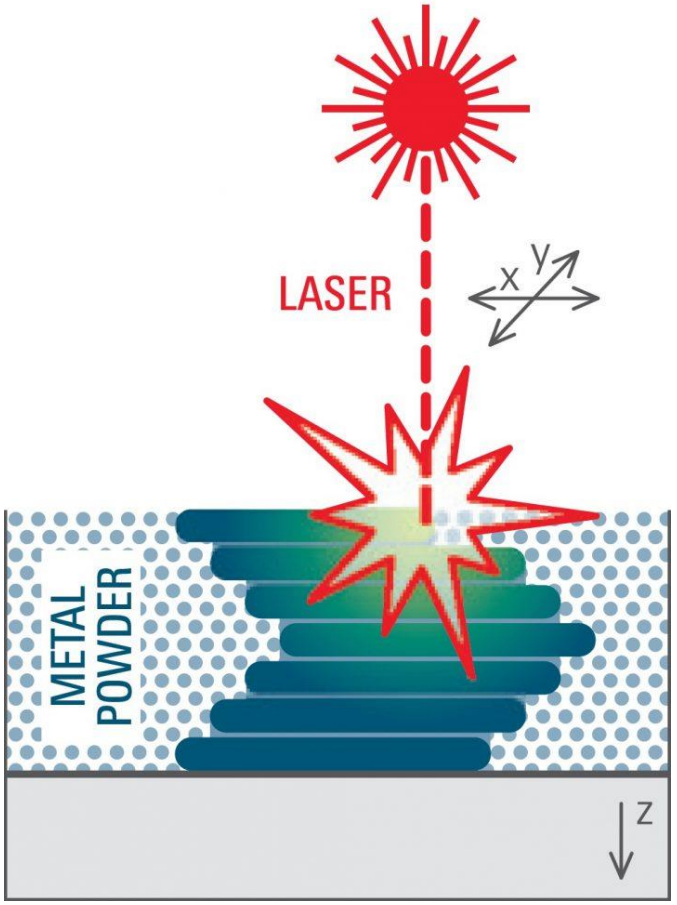
Kovy



https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/

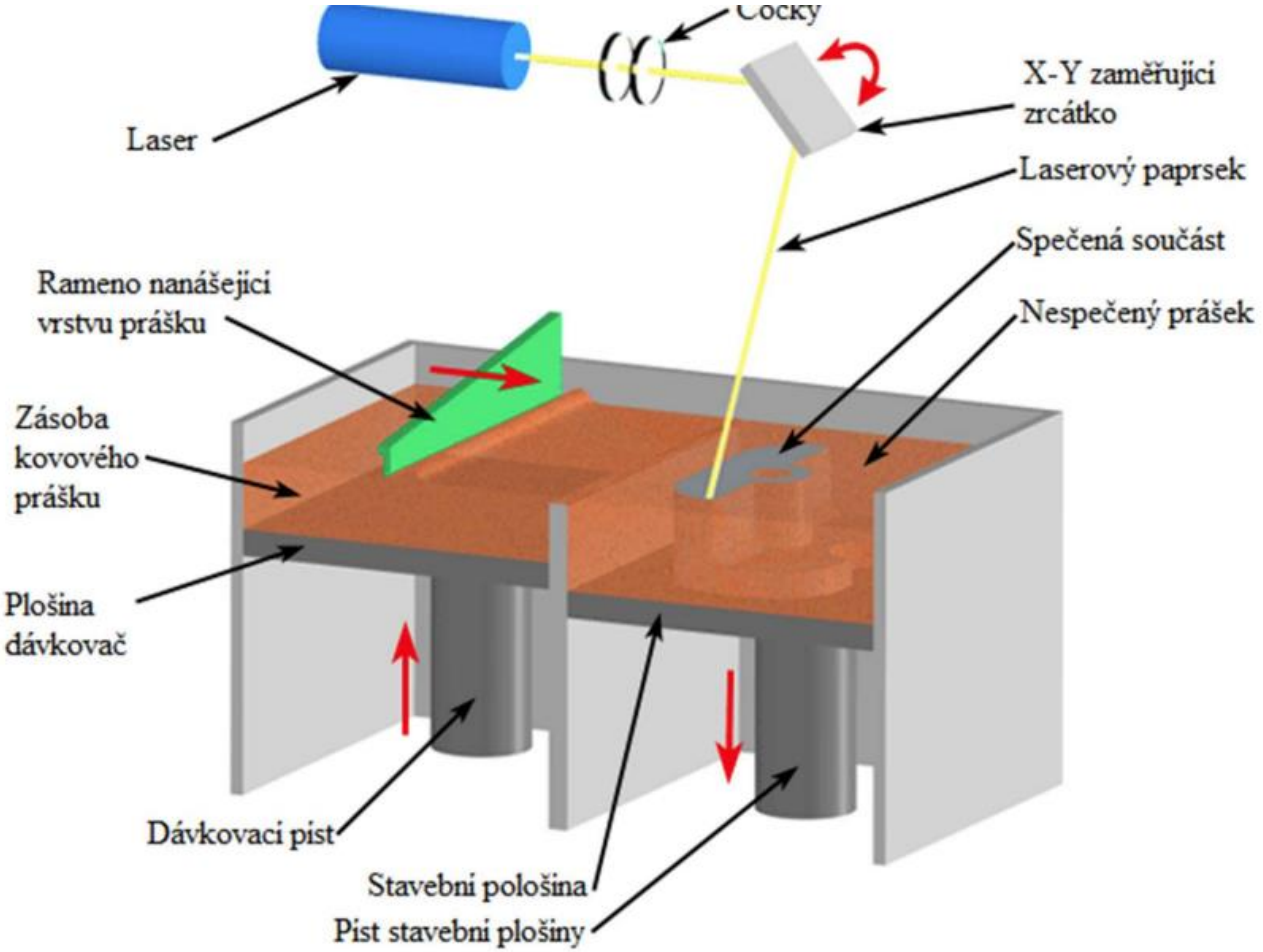
DMLS
SLM

Selective Laser Melting (SLM)



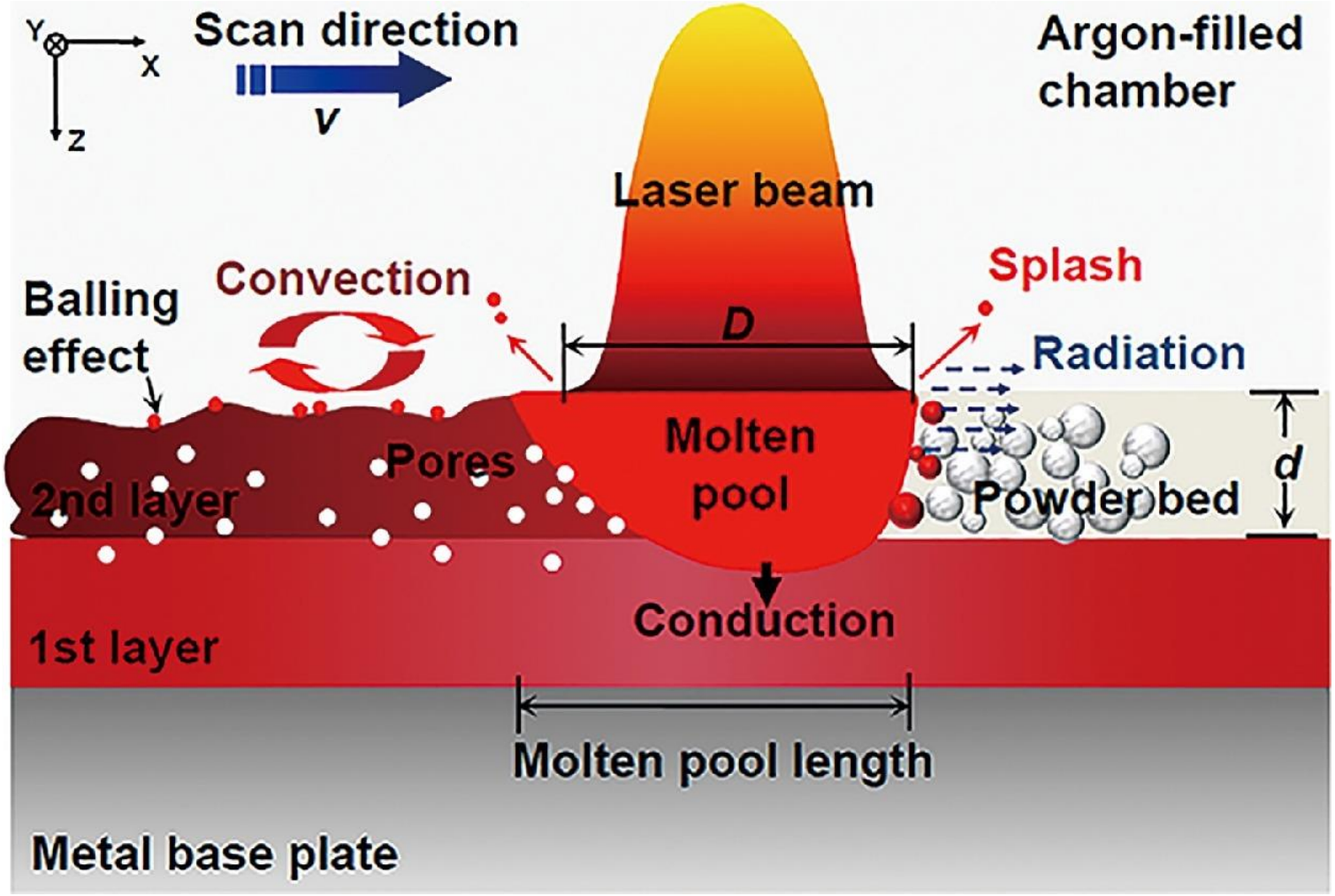
https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/

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



Obr.: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=193419

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



Obr.: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1005030218301804?via%3Dihub

DIRECT METAL LASER SINTERING (DMLS)
SELECTIVE LASER MELTING (SLM)

- patentováno 1987
- tisk kovových modelů,
- Vytištěné díly lze následně obrábět a zpracovávat.
- Práškový materiál je spékán po tenkých vrstvách laserem.
- DMLS - stejný princip jako SLS technologie.
- Pro tavení kovového prášku laserem, se musí vyvinout podstatně větší teplota než u SLS (tam pouze plastové materiály, nebo keramika).
- Rozdíl mezi DMLS a SLS - výkon laseru.
- Ochranná atmosféra (Argon).

Materiál: kovový prášek (nerezová ocel, titan, bronz, atd.)

DIRECT METAL LASER SINTERING (DMLS)

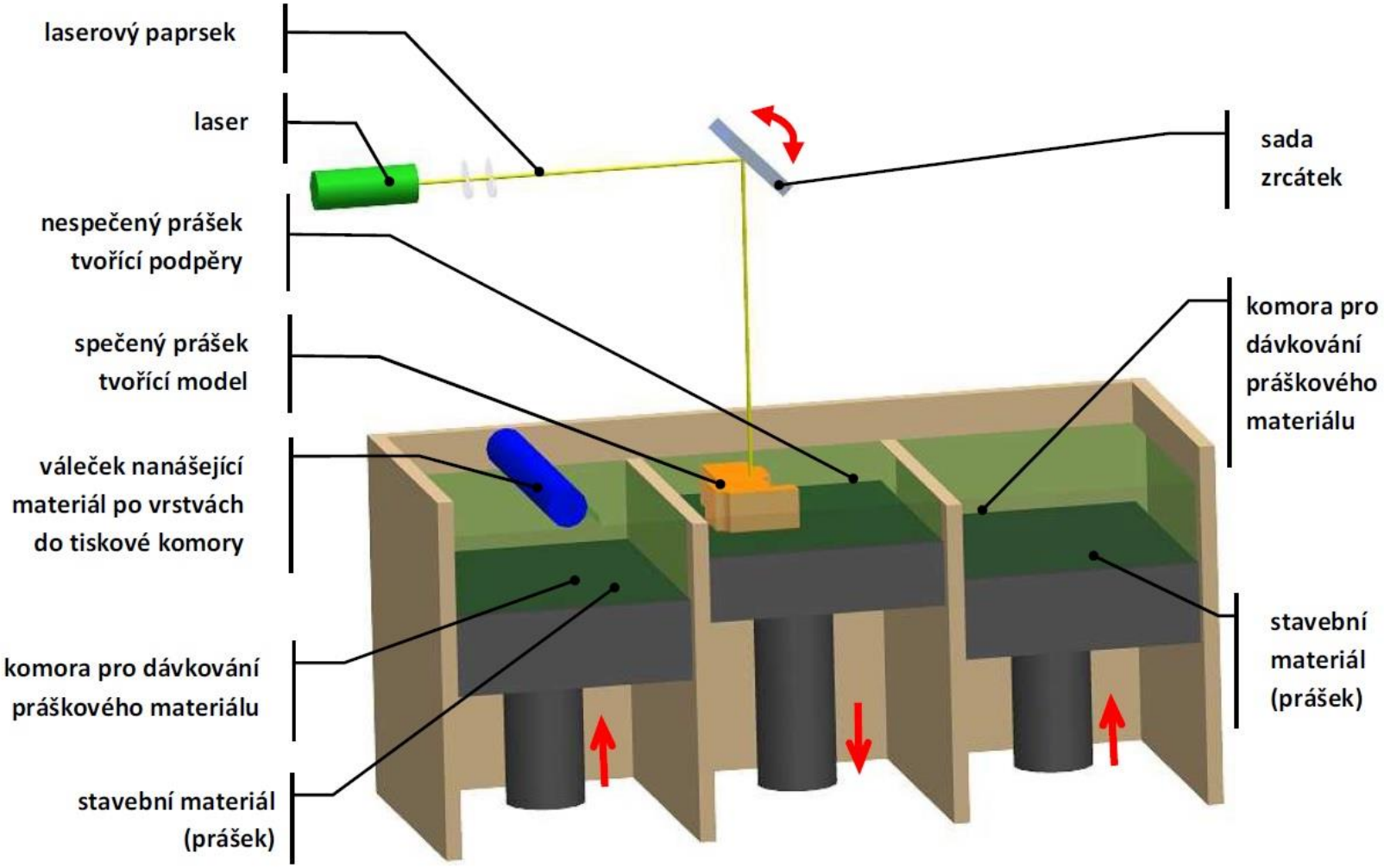
Výhoda:

- výroba složitých tvarů bez nutnosti podpory
- kvalitní povrch s vysokým rozlišením

Nevýhoda:

- vysoká pořizovací cena tiskárny
- Minimální velikost vrstvy: cca 0,02 mm
- Pořizovací cena tiskárny: cca 10 milionů Kč

Příklady realizace tiskárny



Obr.zdroj: Přehled technologií 3D tisku | dkmp Nový Jičín, Ostrava

EBM

Electron beam melting (EBM)

- Kovové díly vyráběné z kovového prášku
- Používá se elektronový svazek
- Elektronový paprsek roztaví vrstvu prášku, vysoká teplota (např. 2000 stupňů C)
- Nutné vakuum, vakuová komora
- Vakuum udržuje chemické složení materiálu
- Použitelné pro reaktivní materiály (slitiny titanu),
- Nutný vysoký výkon elektronového svazku pro vysokou rychlost nanášení a rovnoměrné rozložení teploty uvnitř dílu

Electron beam melting (EBM)

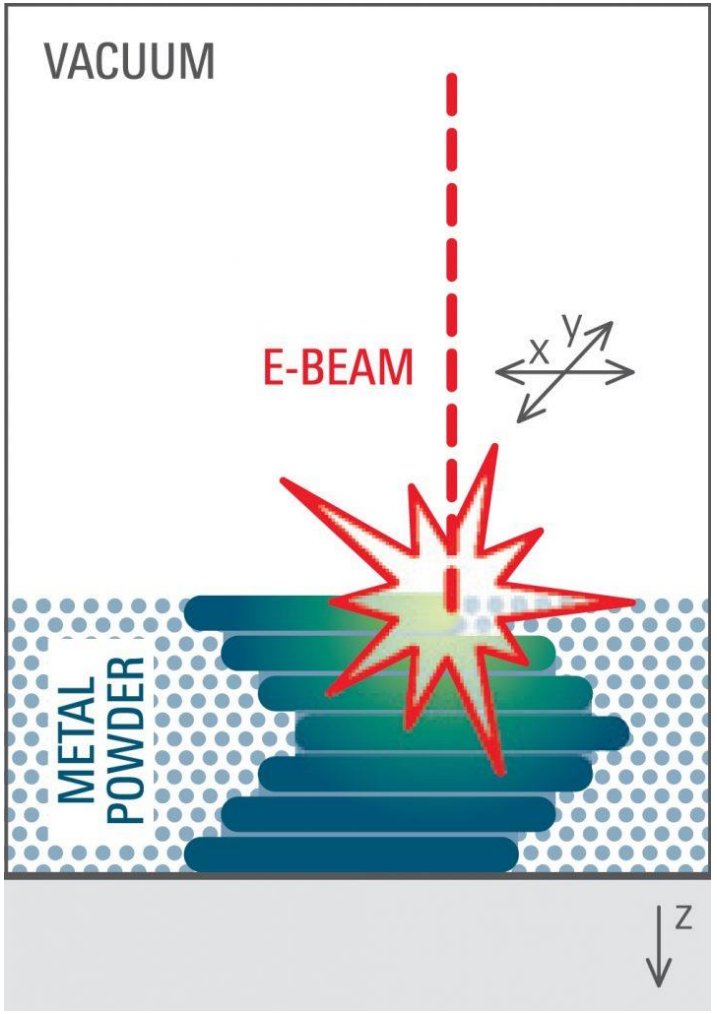
Výhody:

- Kovové díly bez dutin, vynikající pevnostní a materiálové vlastnosti.
- Vakuum poskytuje vhodné tepelné prostředí
- Vynikající kvalita povrchu.

Nevýhody:

- Proces vyžaduje vakuovou komoru
- Vysoká spotřeba energie
- Cena
- Elektronový paprsek využitý v procesu může produkovat gama záření.

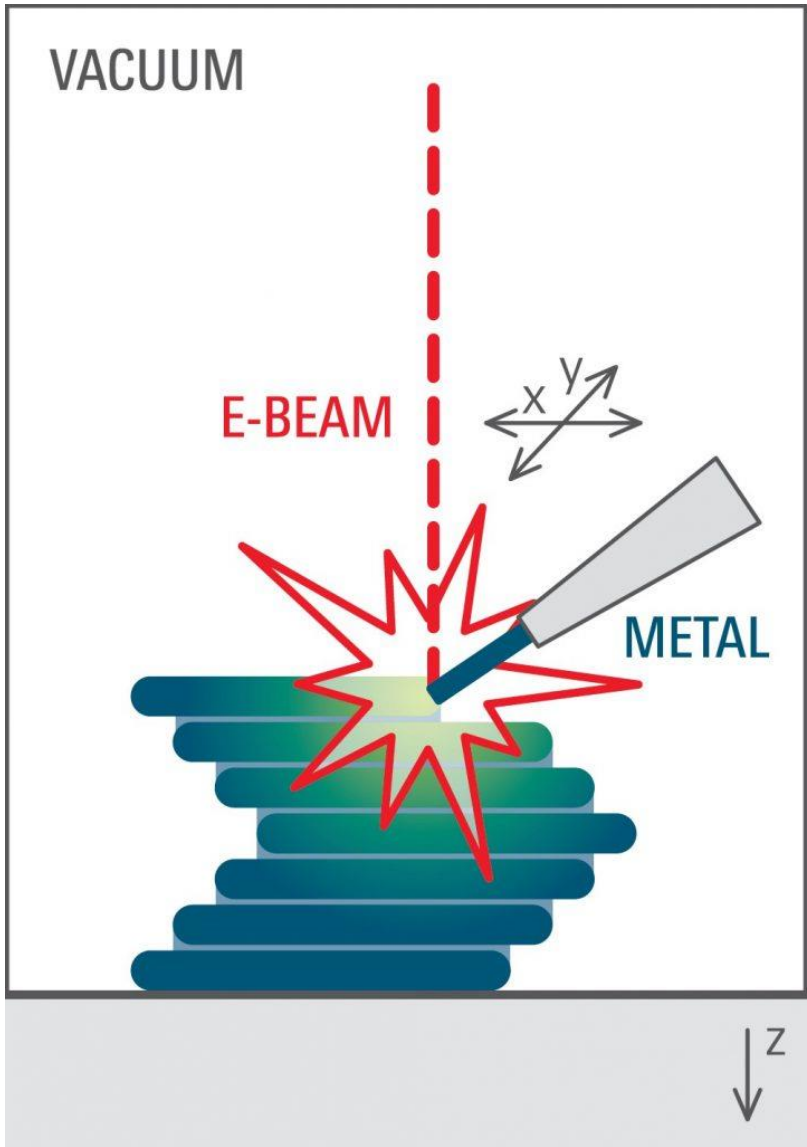
Electron beam melting (EBM)



https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/

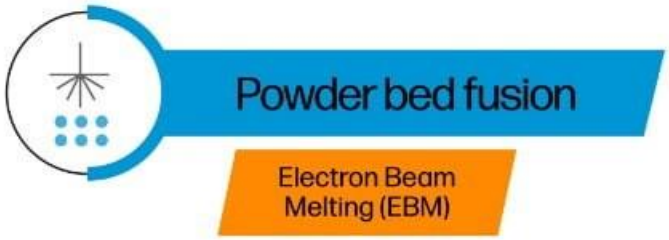
EBAM

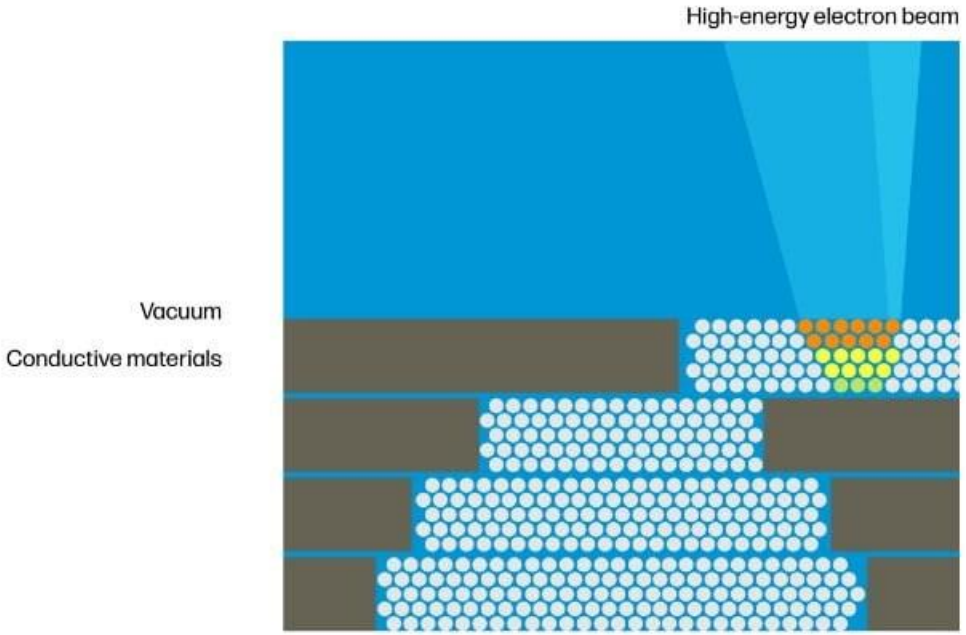
Electron beam aditive manufacturing (EBAM)



https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/

EBM



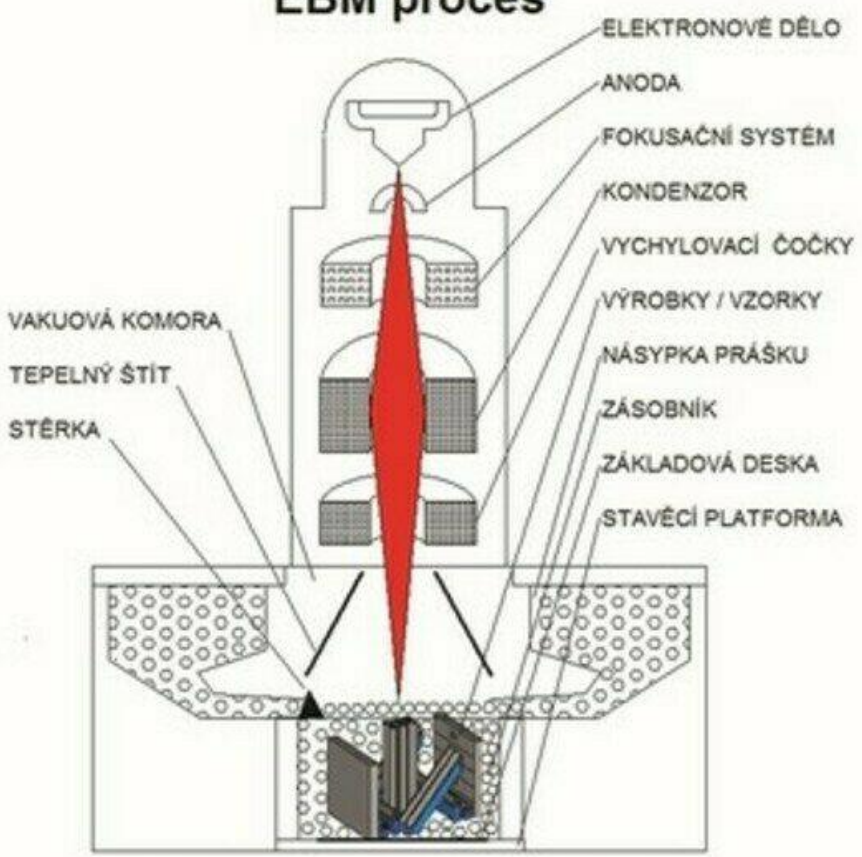


https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/learning-center/3d-printing-process.html#modal=sheet-lamination-modal

Příklady realizace tiskárny

Arcam Q10plus

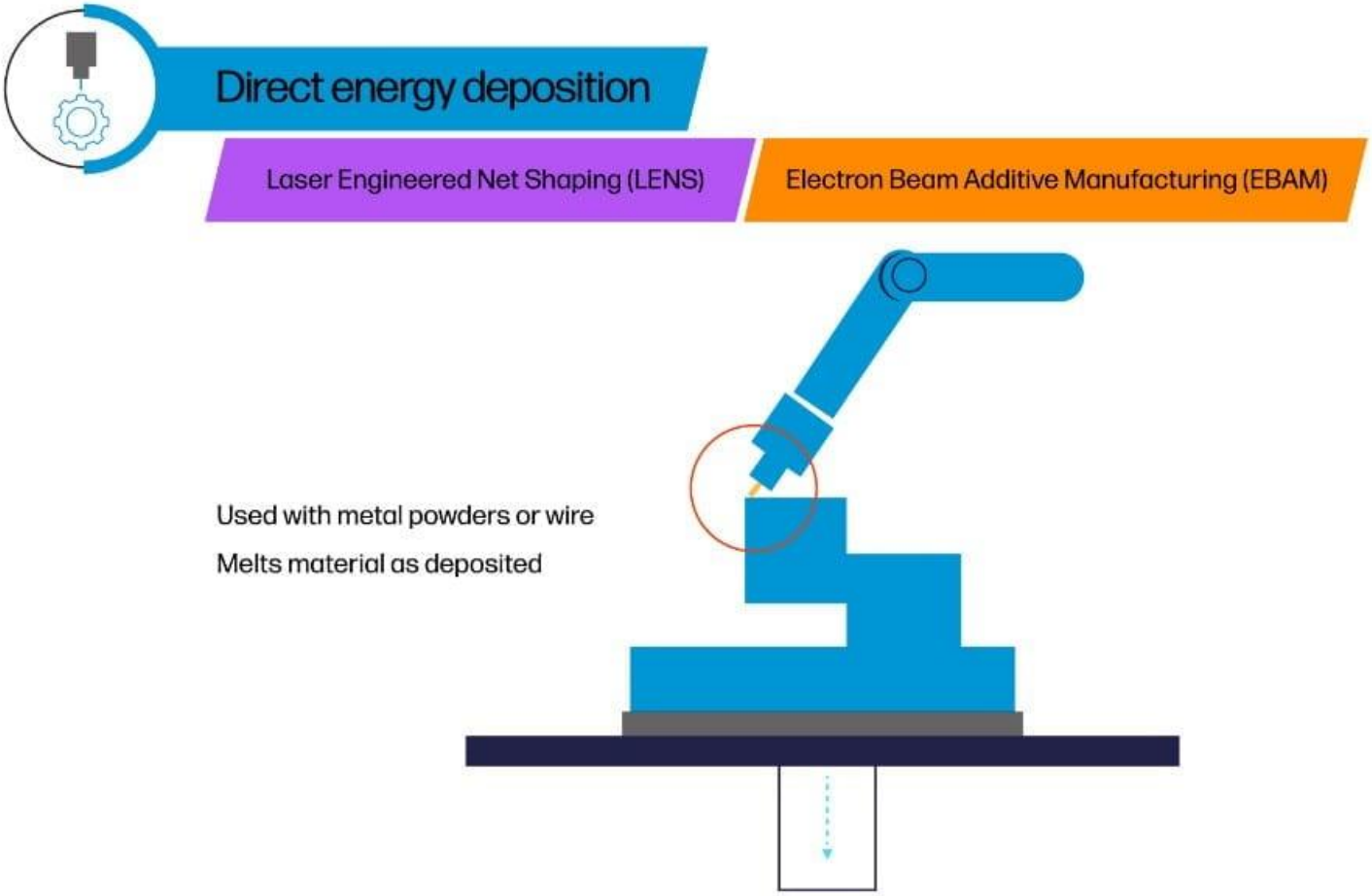
EBM proces



Obr. https://www.mmspektrum.com/clanek/ebm-prulomova-technologie-vyroby-exponovanych-soucasti

Laser Engineering Net Shaping (LENS)

DED (Direct Energy Deposition)



https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/learning-center/3d-printing-process.html#modal=sheet-lamination-modal

Electron Beam Additive Manufacturing (EBAM)

FDM

FMD – Fused Deposition Modelling

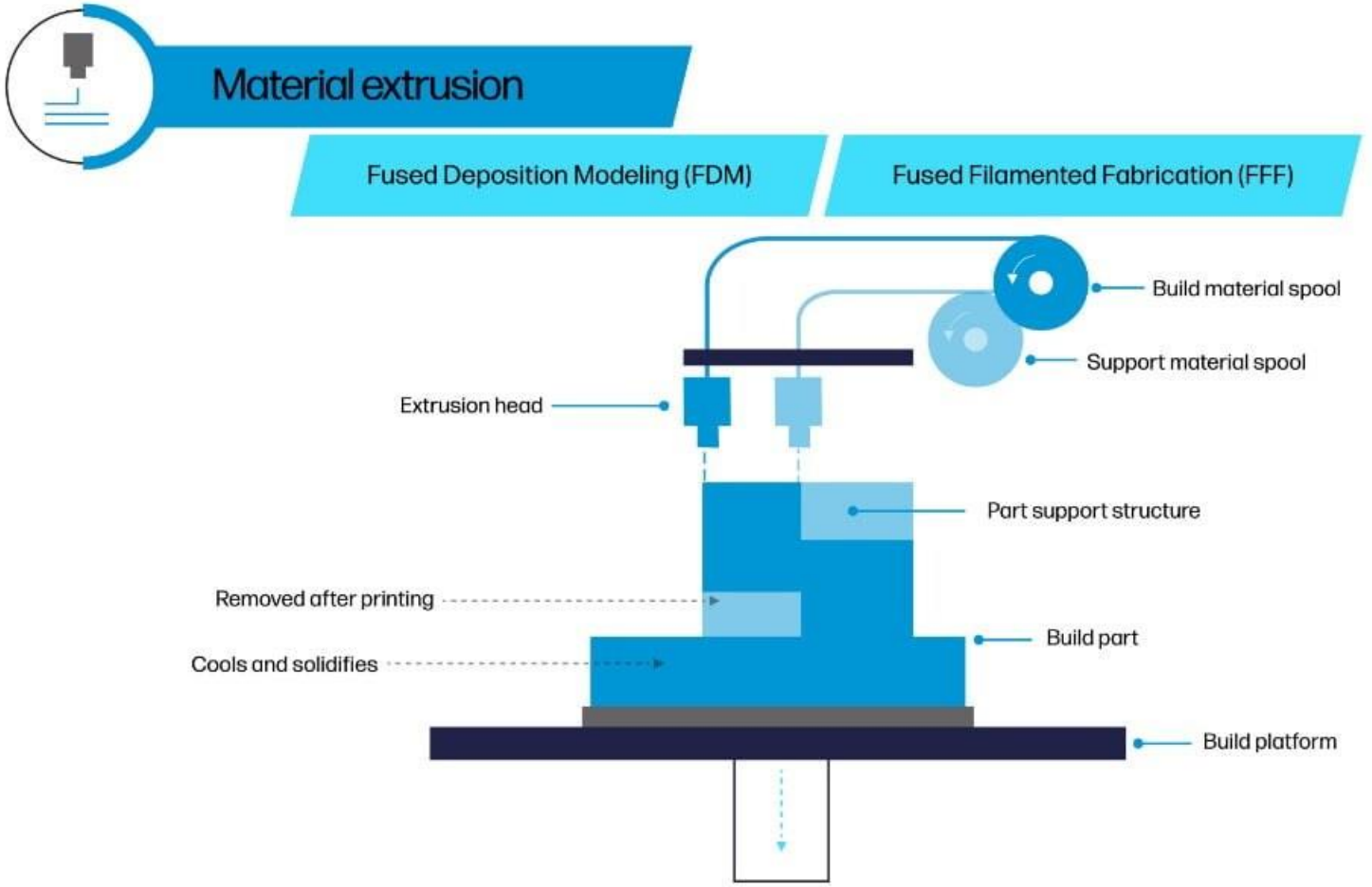
Vytváření tenkých vrstev z roztaveného materiálu, které jsou na sebe postupně nanášeny, dokud není dosaženo výsledného tvaru.

Vstupní materiál ve formě tenkých cívek, nebo prášků je roztaven tiskové hlavě, odkud je vytlačován malým otvorem na cílový povrch.

Oproti technologiím SLA nebo SLS je možné použít širší spektrum materiálů. Mezi nejběžněji tisknuté materiály patří polymery ABS, PLA, nylon, PET, ale technologie umožňuje tisk vosků, keramických hmot.

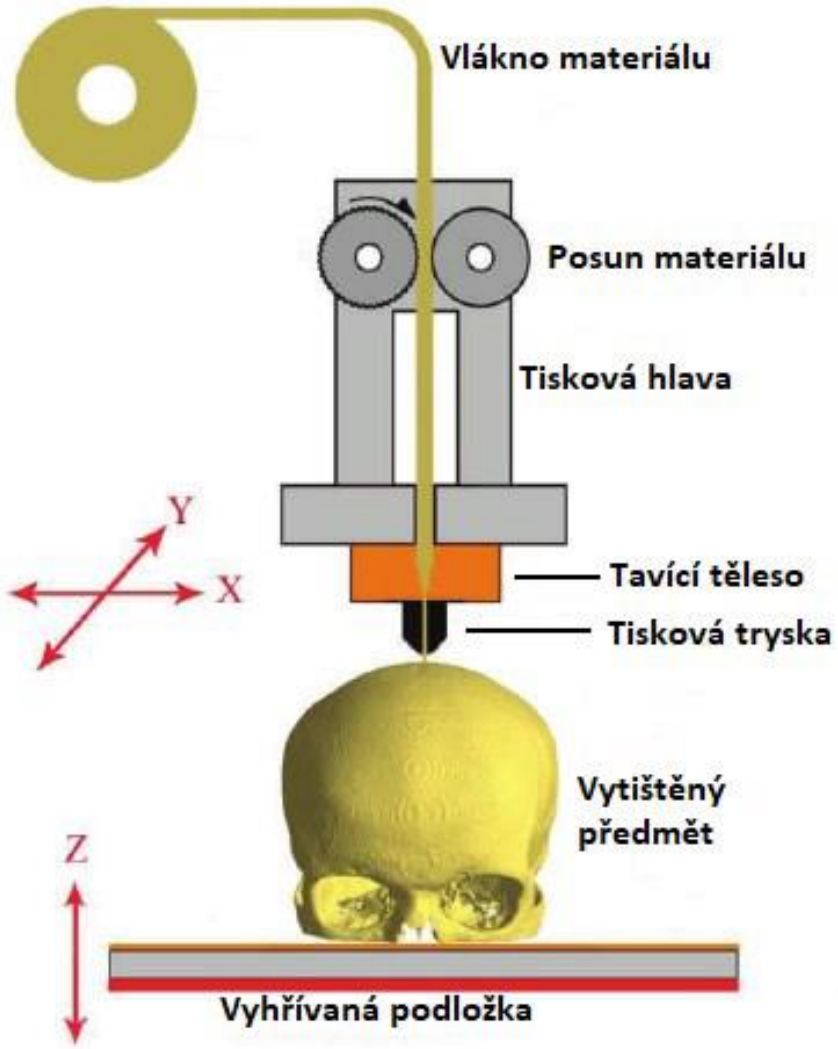
Díly vytištěné metodou FDM jsou díky silným vazbám mezi jednotlivými vrstvami vhodné pro výrobu funkčních dílů.
Nevýhodou technologie je špatný povrch součástí. Na vytištěných dílech jsou vidět jednotlivé vrstvy a na vodorovných plochách jde vidět dráha nástroje

FDM

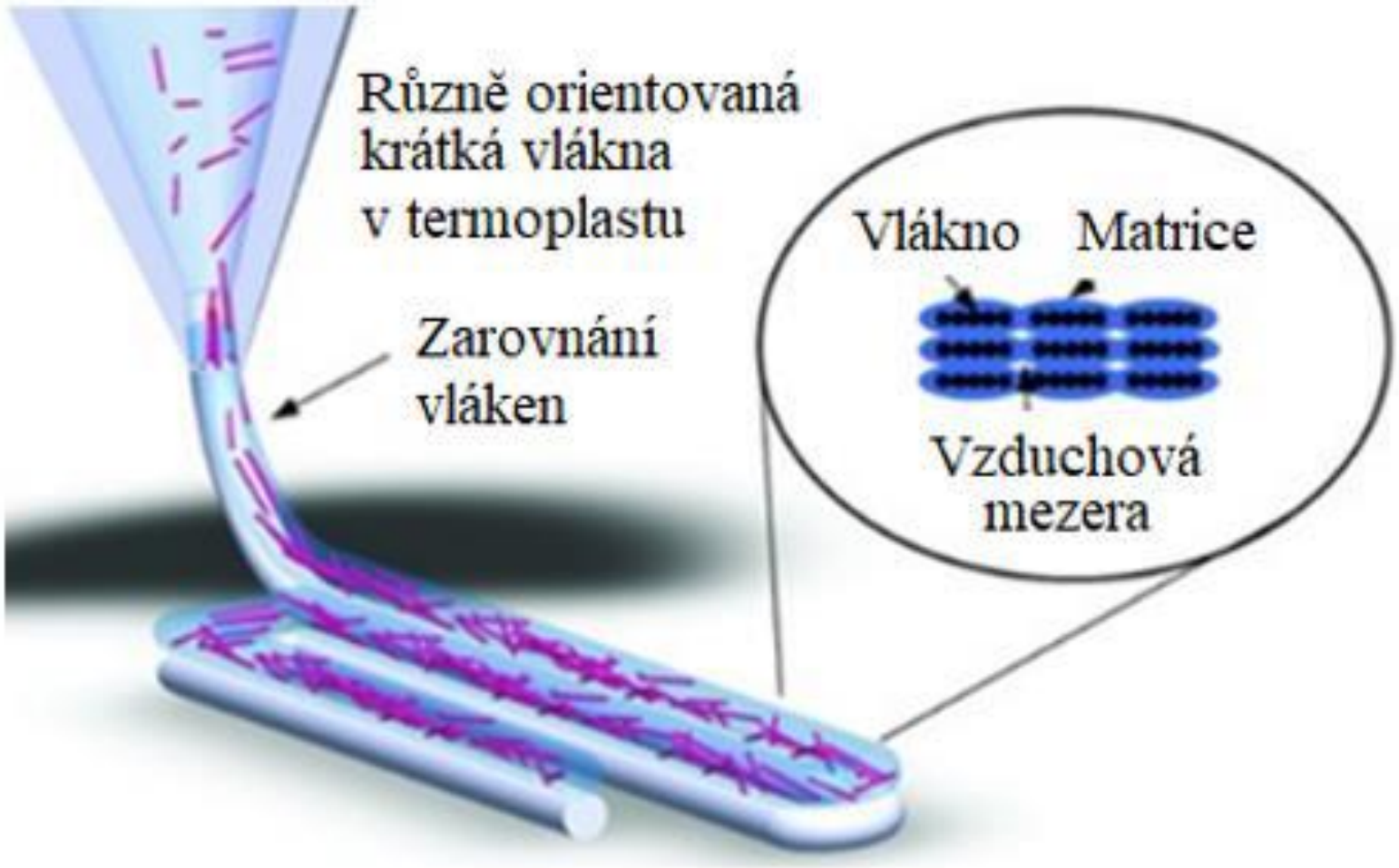


https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/learning-center/3d-printing-process.html#modal=sheet-lamination-modal

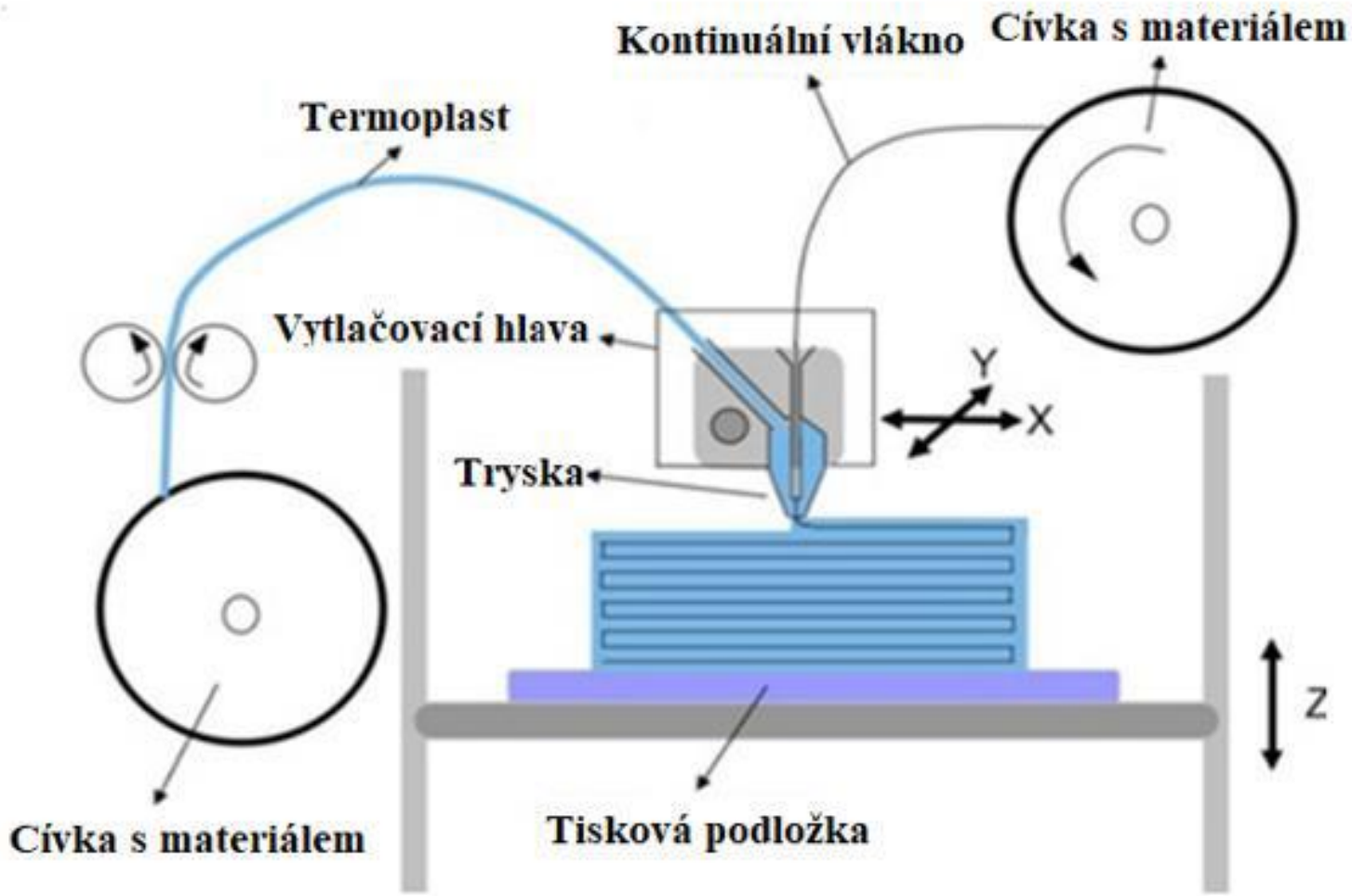
FDM – Fused Deposition Modelling



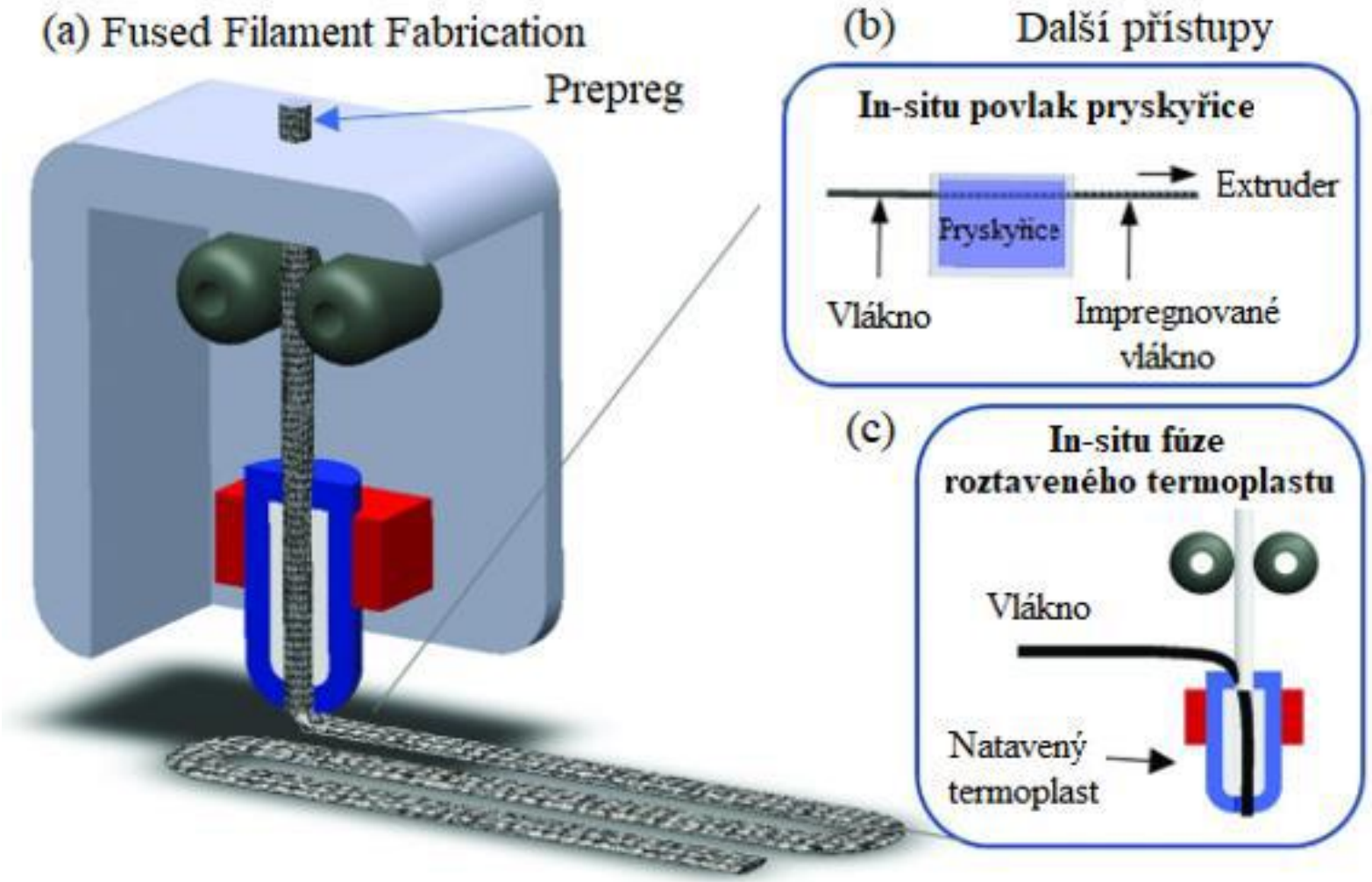
FDM – Fused Deposition Modelling



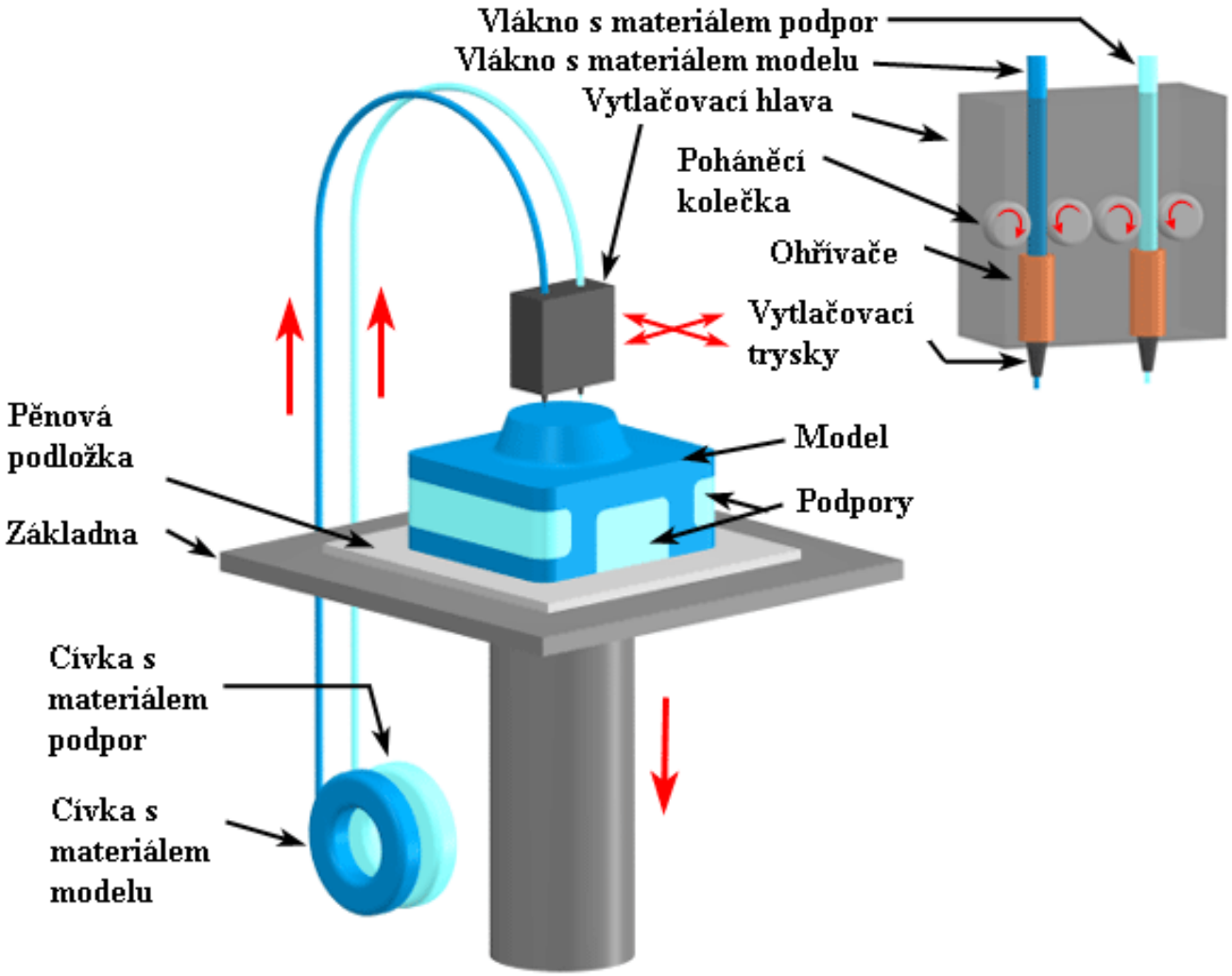
FDM – Fused Deposition Modelling



FDM – Fused Deposition Modelling



FDM – Fused Deposition Modelling



FUSED DEPOSITION MODELING (FDM)

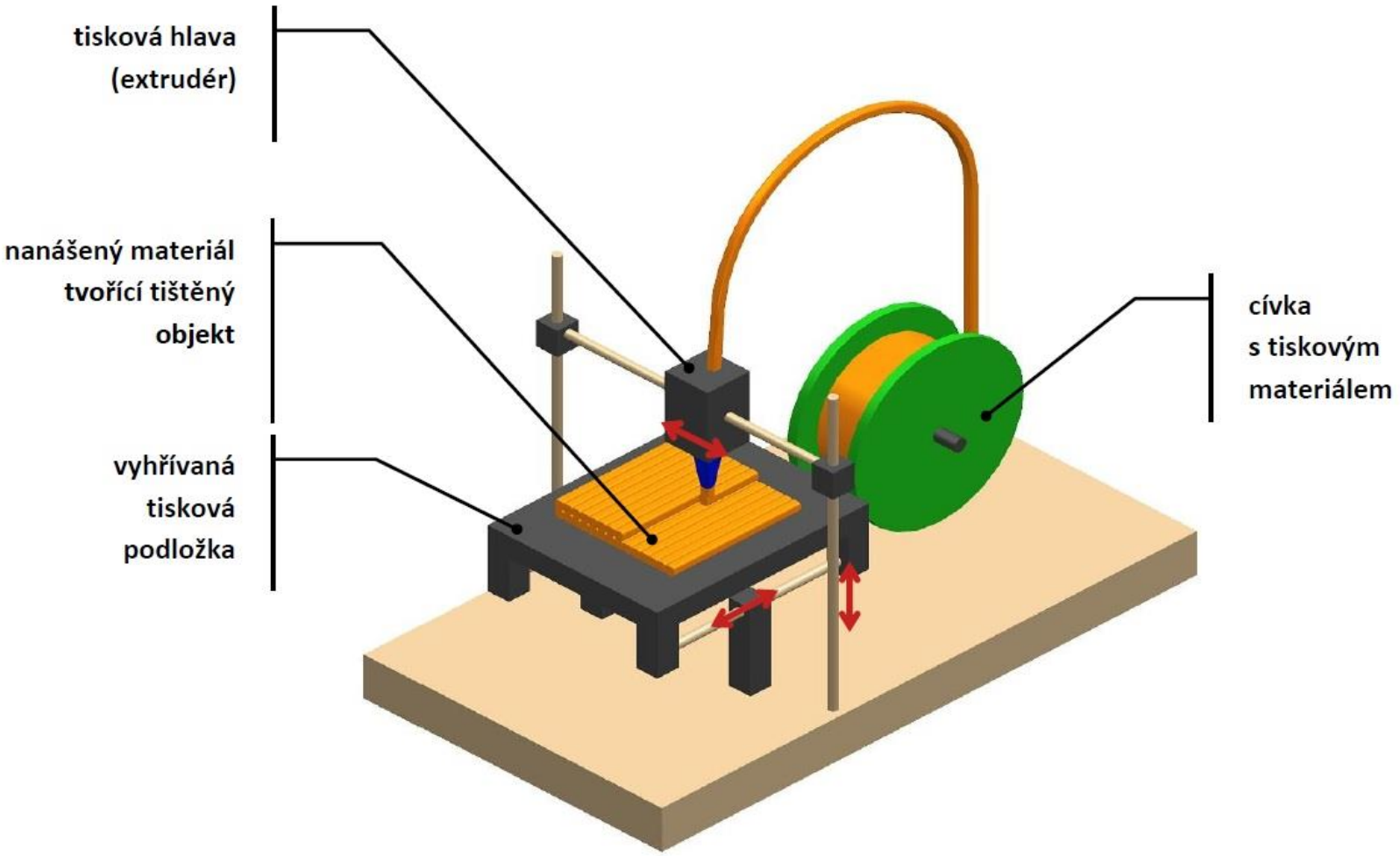
- Patent, pro tuto technologii 3D tisku, byl podán roku 1989. FDM je v dnešní době nejrozšířenější technologie 3D tisku.
- Princip: Roztavený materiál se, ve formě tenkého vlákna, nanáší na pracovní stůl pomocí trysky. Nanášení probíhá po vrstvách. Materiál, který se využívá pro výrobu modelu, musí být ve formě struny (filamentu).Pro tisk složitějších součástí se musí navíc použít podpůrný materiál.
- Druhy materiálu - PLA, ABS, PC, PC-ABS, PET, XT, ASA, FDM Nylon 12 a mnoho dalších. Dále se mohou využívat filamenty s příměsí bronzu, uhlíkového vlákna, nebo například dřeva.

Výhoda:

- minimální odpad
- vyrobený model dosahuje dobré pevnosti

Nevýhoda:

- hrubá struktura
- odstraňování podpůrného materiálu
- Minimální velikost vrstvy: cca 0,1 mm
- Pořizovací cena tiskárny se odvíjí od technických parametrů tiskárny. Základní modely mají cenu kolem 20 tisíc, za to cena lepších tiskáren se může pohybovat ve stotisících Kč.


tisková hlava
(extrudér)
nanášený materiál
tvořící tištěný
objekt
vyhřívaná
tisková
podložka
cívka
s tiskovým
materiálem

BJ

BINDER JETTING (BJ)

Jedná se o technologii, při které dochází k vytvrzování materiálu chemicky, a to pomocí pojiva. Patentováno roku 1993. Společnost vlastnící technologii BJ je 3D Systems.

Princip:

Na pracovní stůl se nanese tenká vrstva prášku. Práškový materiál je v tomto případě spojován pojivem. Pojivo je na tenké vrstvy materiálu vstřikováno z tiskové hlavy. Výrobek je tak tvořen slepováním jednotlivých částic prášku.

Materiály, které se mohou použít pro výrobu modelu jsou například: keramika, hliník, nerezová ocel, nebo různé kompozitní materiály jako třeba Visijet PXL.

BINDER JETTING (BJ)

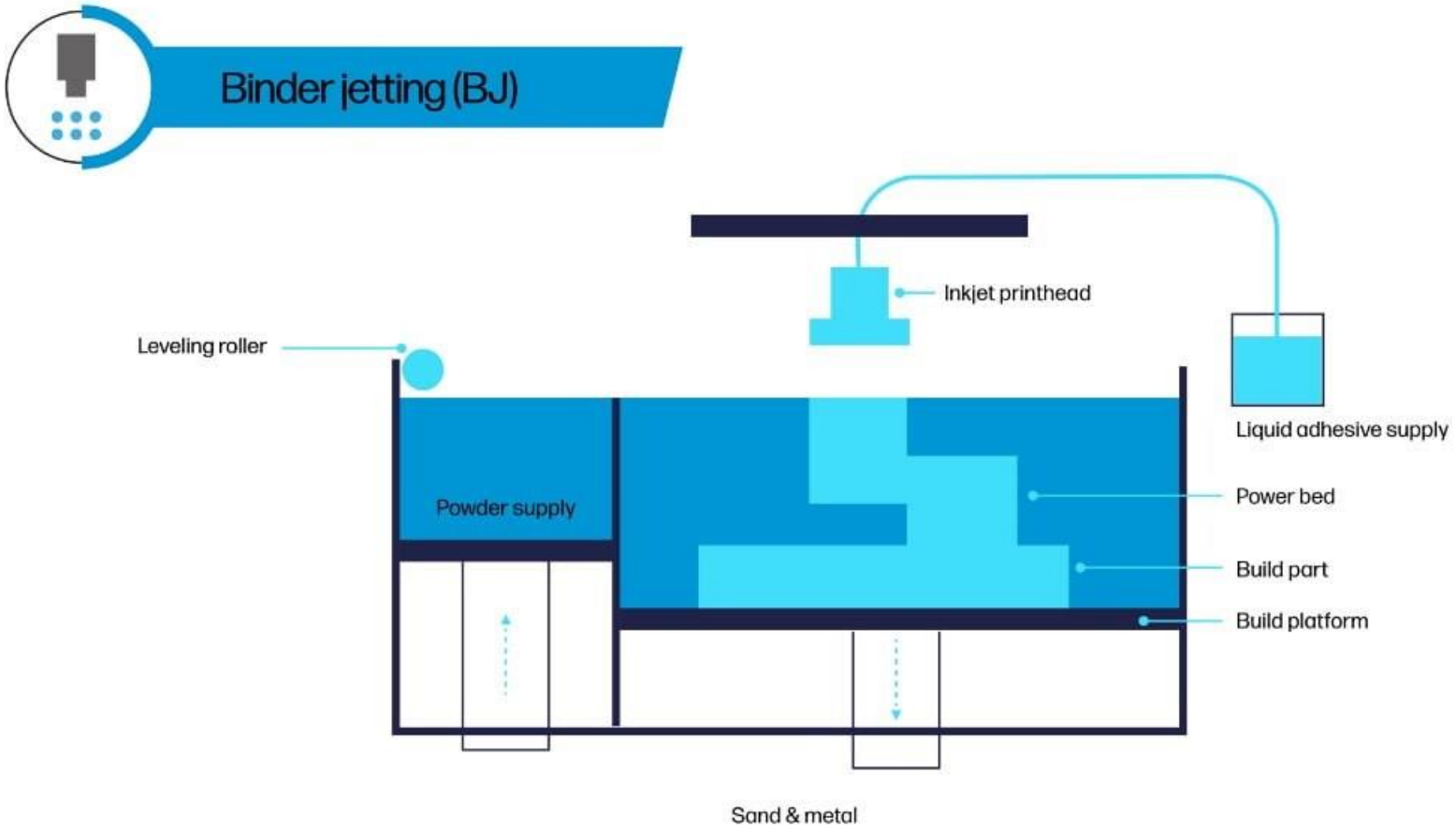
Výhoda:

- široký výběr materiálu
- možnost výroby barevných modelů
- rychlost tisku

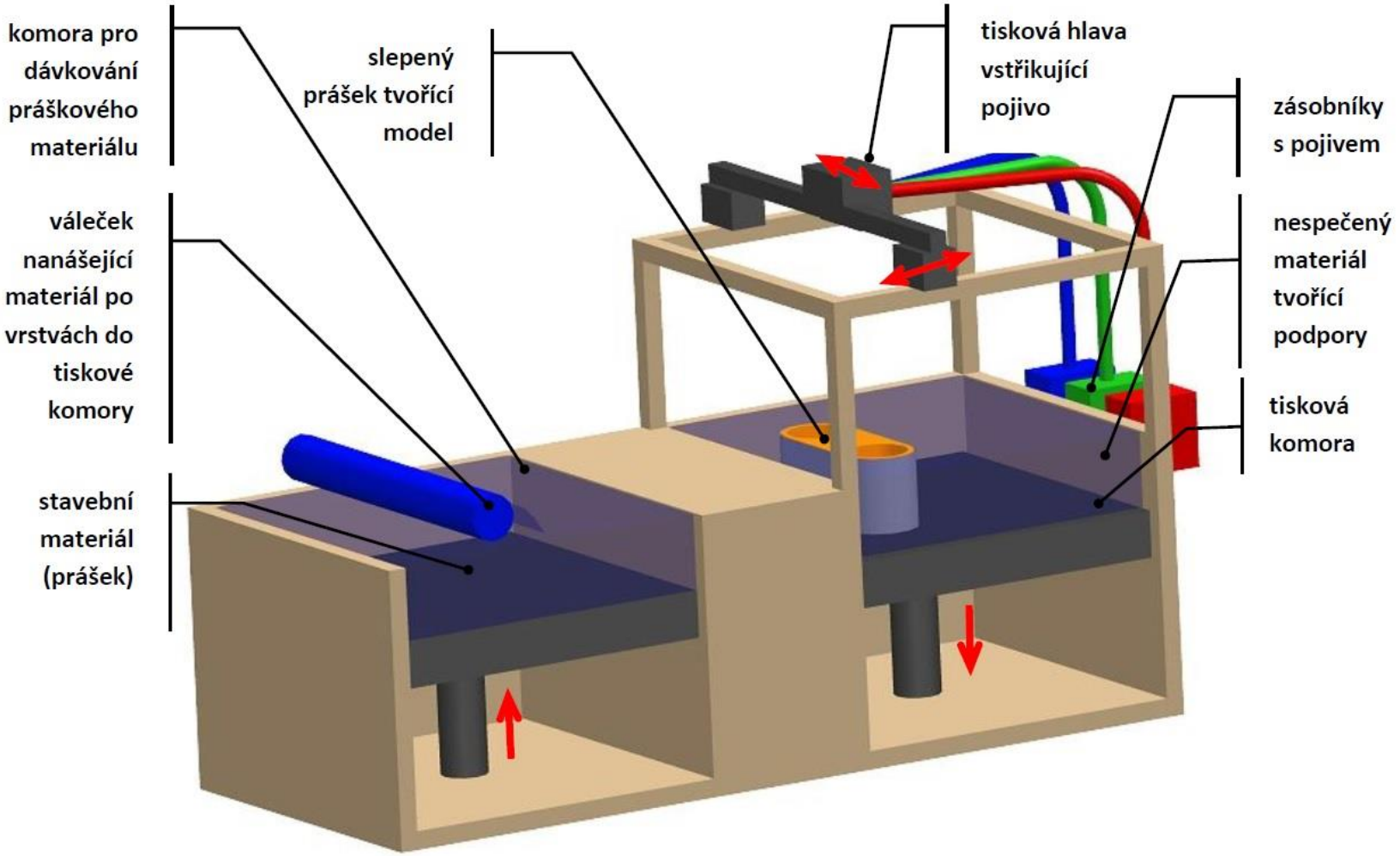
Nevýhoda:

- dodatečné úpravy povrchu, za účelem zlepšení mechanických vlastností
- vysoká cena tiskárny
- Minimální velikost vrstvy: cca 0,09 mm
- Pořizovací cena tiskárny: cca 6 milionů Kč

BJ



https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/learning-center/3d-printing-process.html#modal=sheet-lamination-modal

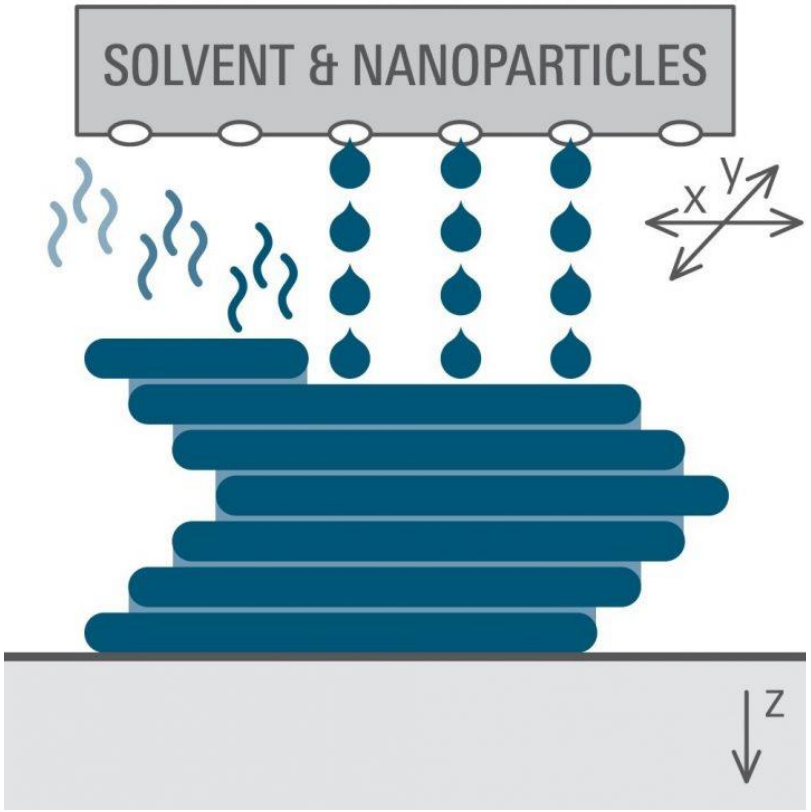


Obr.zdroj: https://www.dkmp.cz/o-nas/detail/prehled-technologii-3d-tisku

Nano Particle Jetting (NPJ)

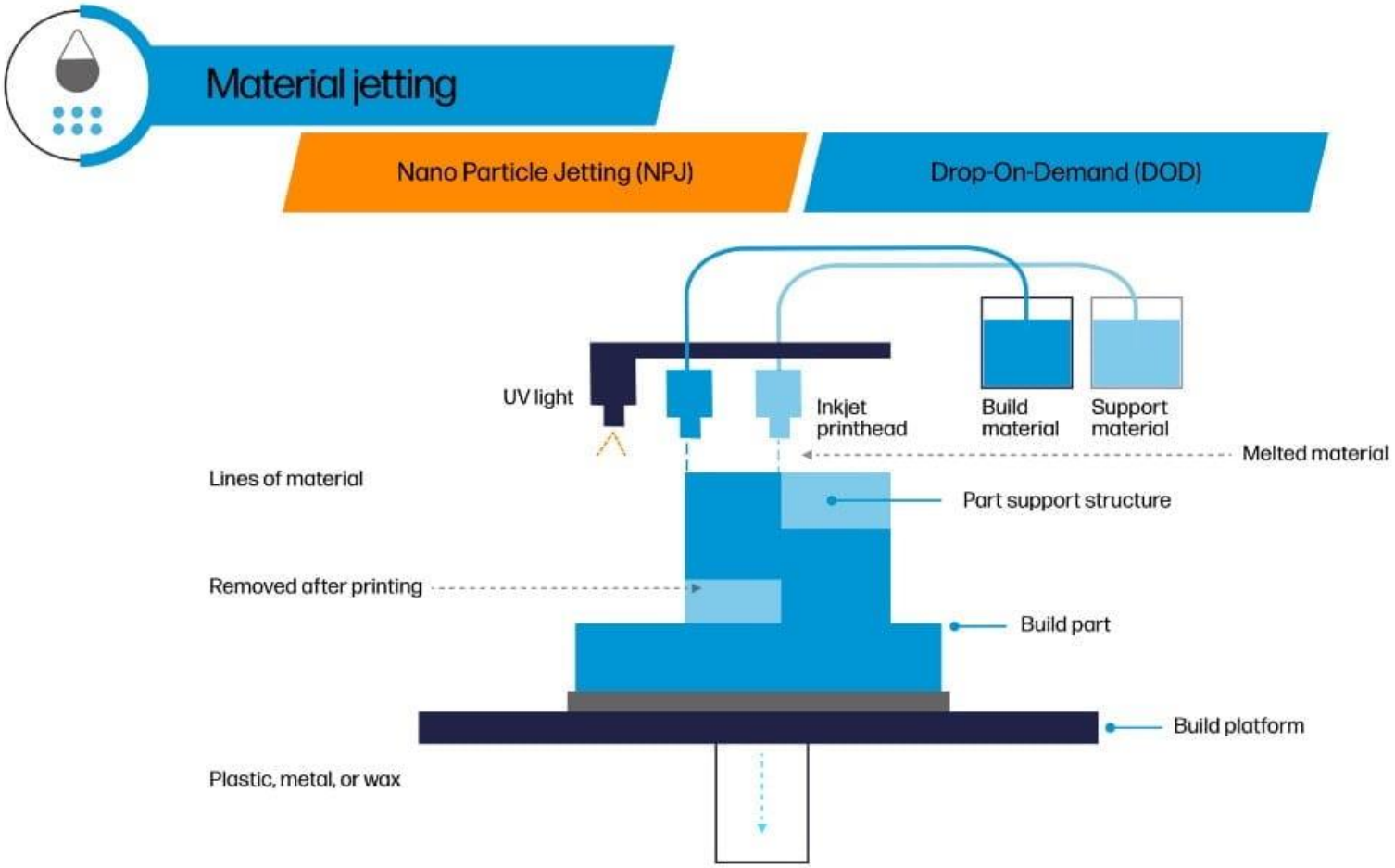
Nano Particle Jetting (NPJ)

- nanášení kovových nanočástic
- společně s kapalným rozpouštědlem jsou nanášeny vrstvu po vrstvě
- po nanesení vrstvy se téměř ihned většina rozpouštědla odpaří a zůstává pouze nezbytné množství, které drží součást pohromadě
- teplota při tisku relativně nižší oproti podobným procesům



https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/

NPJ, DOD



https://www.hp.com/us-en/printers/3d-printers/learning-center/3d-printing-process.html#modal=sheet-lamination-modal

Prášek

Inkjet

ColorJet printing (CJP)

- 3D technologie (3DP™ - three-dimensional printing technology)
- 1993 MTI.
- Později se technologie přejmenovala na nový název ColorJet printing (CJP).
- Podobné SLS.
- Místo spékání laserem je zde tisková hlava, rovnoměrně nanáší lepidlo, to spojí tiskový materiál.
- Materiál – kovový prášek, např. nerezová ocel, bronz, nebo elastomery, kompozity nebo keramický prášek.

ColorJet printing (CJP)

- Tisk - začíná posuvem podávacího pístu s tiskovým materiálem směrem vzhůru.
- Po stavěcí desce se roznoměrně rozprostře materiál (vyrovnávací válec)
- InkJet hlava nanese vrstvu tekutého lepidla na určená místa po stavěcí desce. Vrstvu může být dosti tenká (setiny mm)
- Přebytečný prášek okolo objektu není opatřen lepidlem, je jonom podpůrnou konstrukcí.
- Po dokončení vrstvy se stavěcí píst i s deskou posune o jednu tloušťku směrem dolů.
- Po dokončení tisku se podpůrný prášek odstraní (odmete) odmetením a model je hotový.

ColorJet printing (CJP)

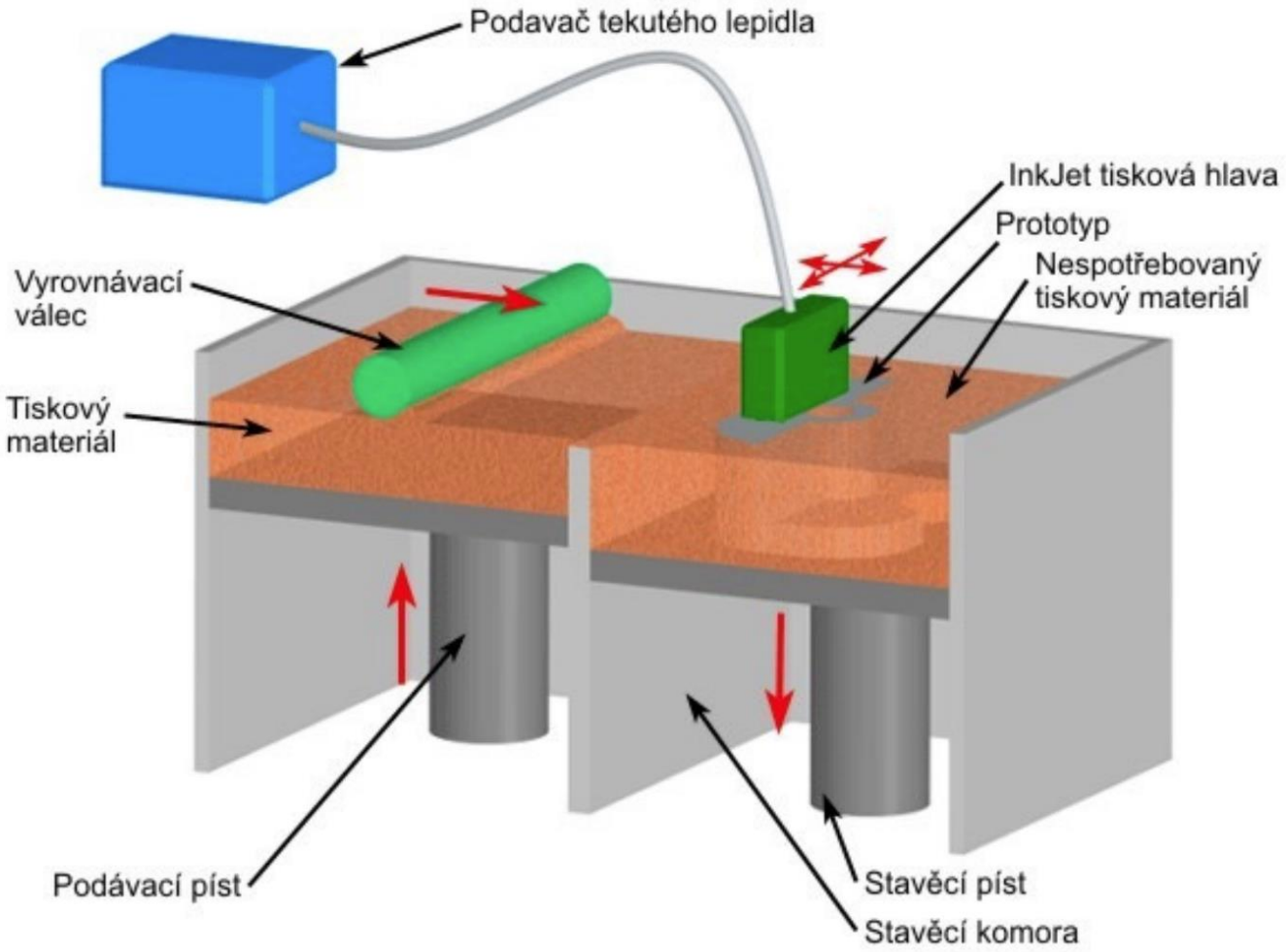
Výhody :

- Nízké náklady na materiál.
- Možnost vytisknutí plnobarevných až fotorealistických objektů.
- Vzhledem k práškové technologii není nutné stavět podpůrnou konstrukci, podpůrný prášek se snadno odstraní.

Nevýhody :

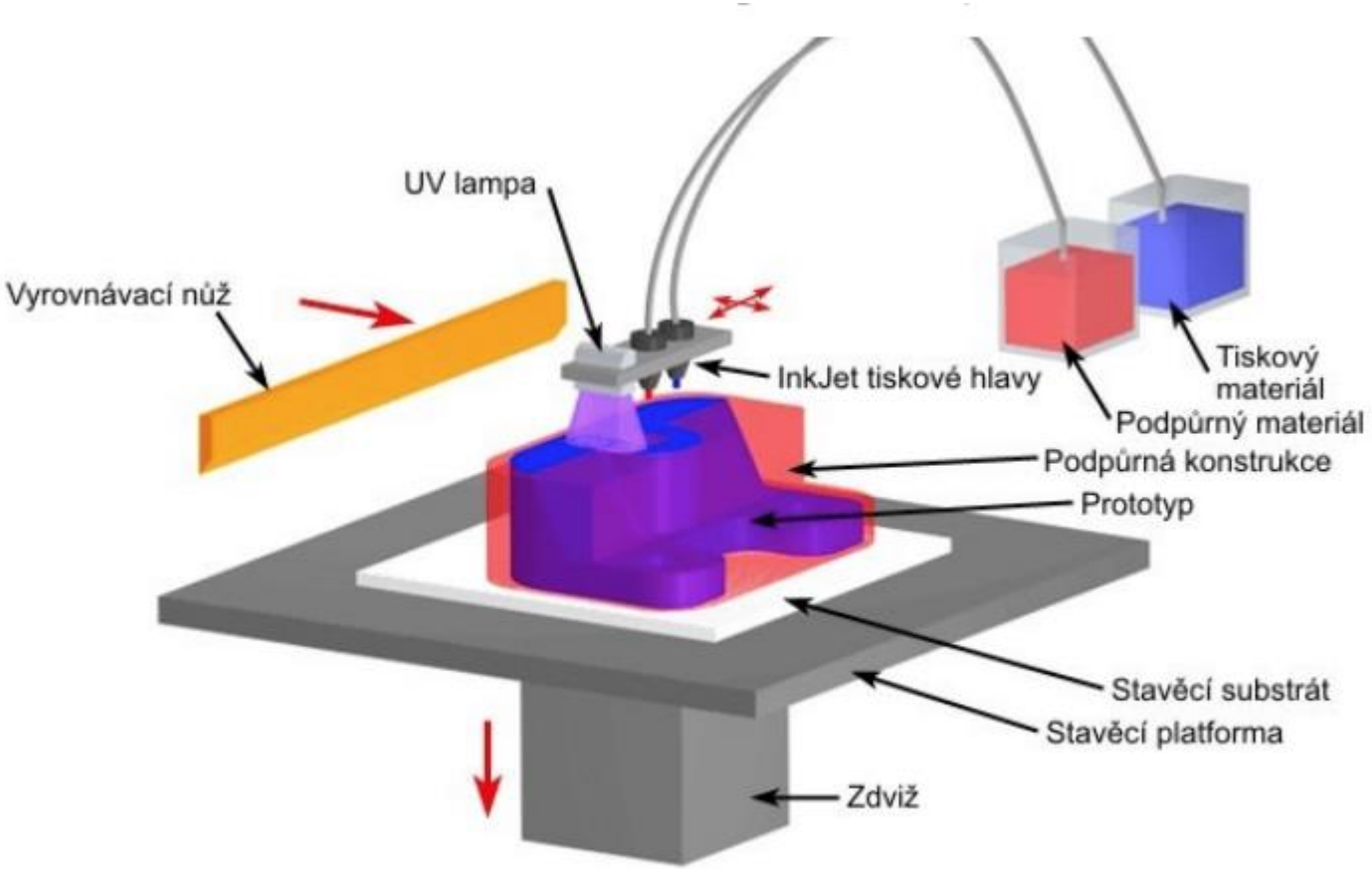
- Ve srovnání s metodou SLS horší mechanické vlastnosti
- Hrubý povrch, nutná povrchová úprava

ColorJet printing (CJP)



Zdroj: custompartnet, 2018

Polyjet



Zdroj: custompartnet, 2018

MJP

MULTIJETPRINTING (MJP)

MJP

- možnost vytvořit model různými barvami,
- model o několika různých tuhostech.

Patentováno (1991) - 3D Systems.

MULTIJETPRINTING (MJP)

Princip:

Práškový materiál je nanášen na podložku.

Na nanesenou vrstvu se nanese pojivo.

Práškový materiál je s pojivem vytvrzen UV zářením. Následně další vrstva prášku a proces se opakuje.

Podpůrný materiál je vosk, lze jej snadno odstranit působením tepla v peci.

Materiály pro výrobu modelů - od výrobce tiskárny 3D Systems.

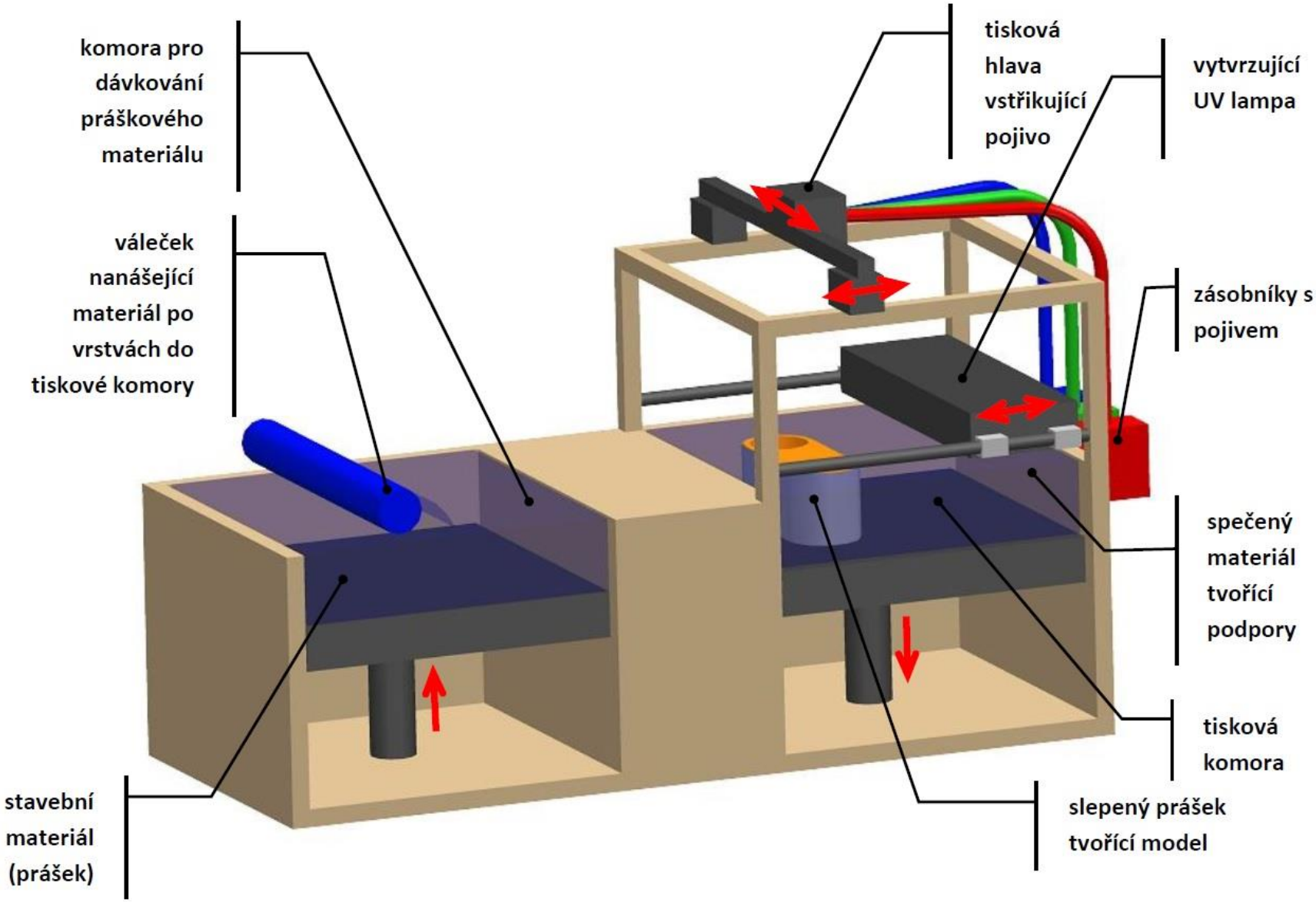
Například: VisiJet M3, nebo Visijet M5.

MULTIJETPRINTING (MJP)

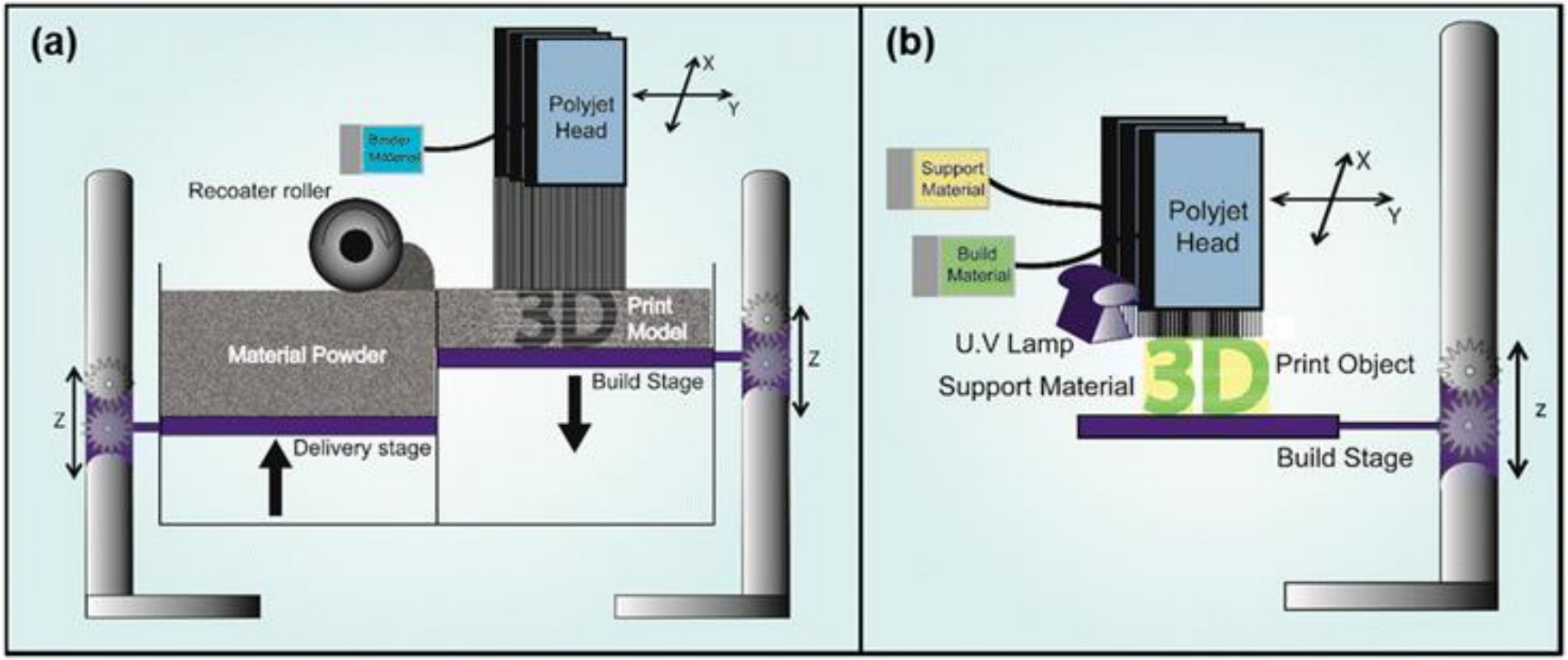
Výhoda:

- kvalitní a přesný povrch
- dobré mechanické vlastosti
- rychlý tisk
- minimální velikost vrstvy: cca 0,016 mm
- pořizovací cena tiskárny: cca 1,5 miliónu Kč

Příklady realizace tiskárny



Obr.: https://www.dkmp.cz/o-nas/detail/prehled-technologii-3d-tisku

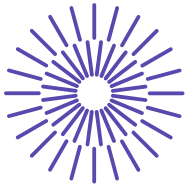


Obr.:https://roboticsbiz.com/3d-printing-different-methods-pros-and-cons/

Literatura

- https://roboticsbiz.com/3d-printing-different-methods-pros-and-cons/
- https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=191231
- https://openwetware.org/wiki/Stereolithography
- https://www.akademienunion.de/fileadmin/au-uploads/publikationen/Publikationen_PDFs/2017/2017_Stellungnahme_Additive-Fertigung_EN.pdf
- https://matca.cz/technologie/aditivni-technologie/
- https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=191231

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A2: Rozvoj v oblasti distanční výuky, online výuky a blended learning

NPO_TUL_MSMT-16598/2022

Předmět Počítačová grafika 3D

Prof.Dr.Ing. Zdeněk Kůs

Financováno Evropskou unií NextGenerationEU

Národní plán obnovy

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Konec