

"Oporaba plastičnih materijala i ekstrudiranje"



Program stručnog osposobljavanja



Prof. dr. sc. Mladen Šercer



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.
Sadržaj ovog materijala isključiva je odgovornost Udruge VISOKI JABLANI.

Sadržaj

- Aditivni postupci proizvodnje
 - Definicija i značenje
 - Faze izrade
 - Materijali
- Postupak taložnog očvršćivanja (FDM)

Uvod

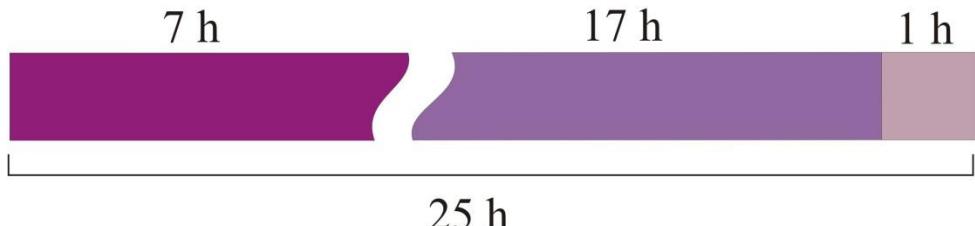
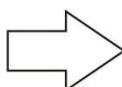
- od ideje do gotovog proizvoda u kratkom vremenu
 - **Brza proizvodnja prototipova** (e. *Rapid Prototyping – RP*) - orijentirana na razvoj novih proizvoda,
 - **Brza proizvodnja kalupa i alata** (e. *Rapid Tooling – RT*) - pomoću brze proizvodnje prototipa
 - **Brza izravna proizvodnja u slučaju pojedinačne i maloserijske proizvodnje** (e. *Rapid Manufacturing – RM*) koja se koristi za proizvodnju konačnih tvorevina
- relativno brza proizvodnja tvorevina komplikirane geometrije na temelju računalnog 3D modela

Povijest aditivnih postupaka

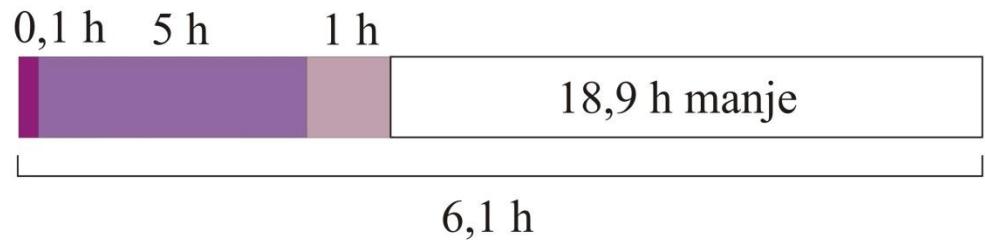
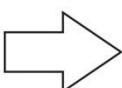
- **1987.** – prva industrijska primjena stereolitografije tvrtka *3D Systems* predstavila novi stroj koji očvršćuje tanki sloj polimera s pomoću UV lasera
- **1988.** – počinje razvoj fotoosjetljivih smola za primjenu u aditivnim postupcima
- **1991.** – postupak FDM tvrtke *Stratasys* i LOM tvrtke *Helisys*
- **1992.** – tvrtka *DTM* predstavlja stroj koji srašćuje polimerni prah pomoću lasera
- **1995.** – *Zcorp* predstavlja stroj za 3D tiskanje koji se temelji na inkjet pisačima (tvorevina nastaje od škroba, gipsa u obliku praha i veziva)
- **2007.** – počinje postupak normizacije postupaka i ostalih pojmova vezanih za aditivne postupke
- **2009.** – uvodi se pojam **Aditivna Proizvodnja** (e. *Additive Manufacturing - AM*)

AM postupci

CNC glodanje



Polyjet



Izrada 3D modela

Priprema

Izrada

Dorada

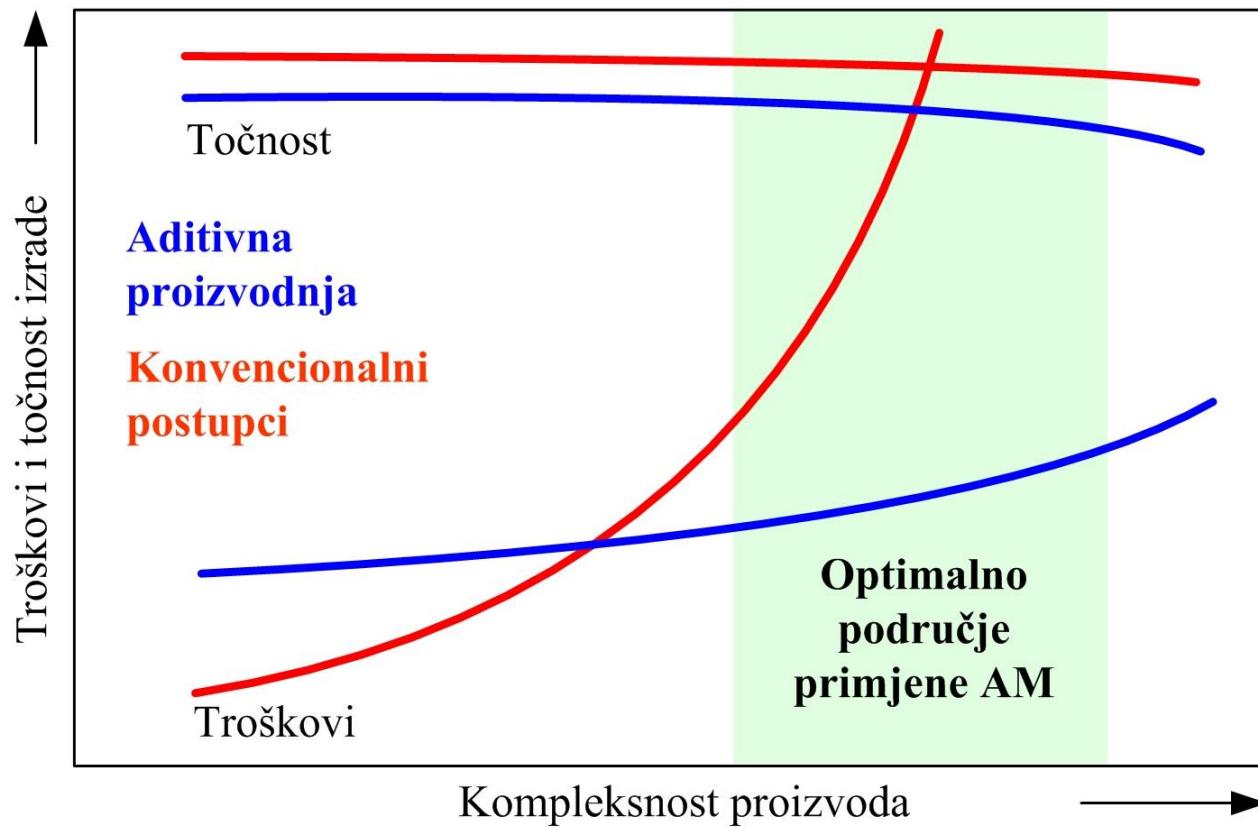


Usporedba vremena izrade tvorevine između CNC glodanja i Polyjet postupka



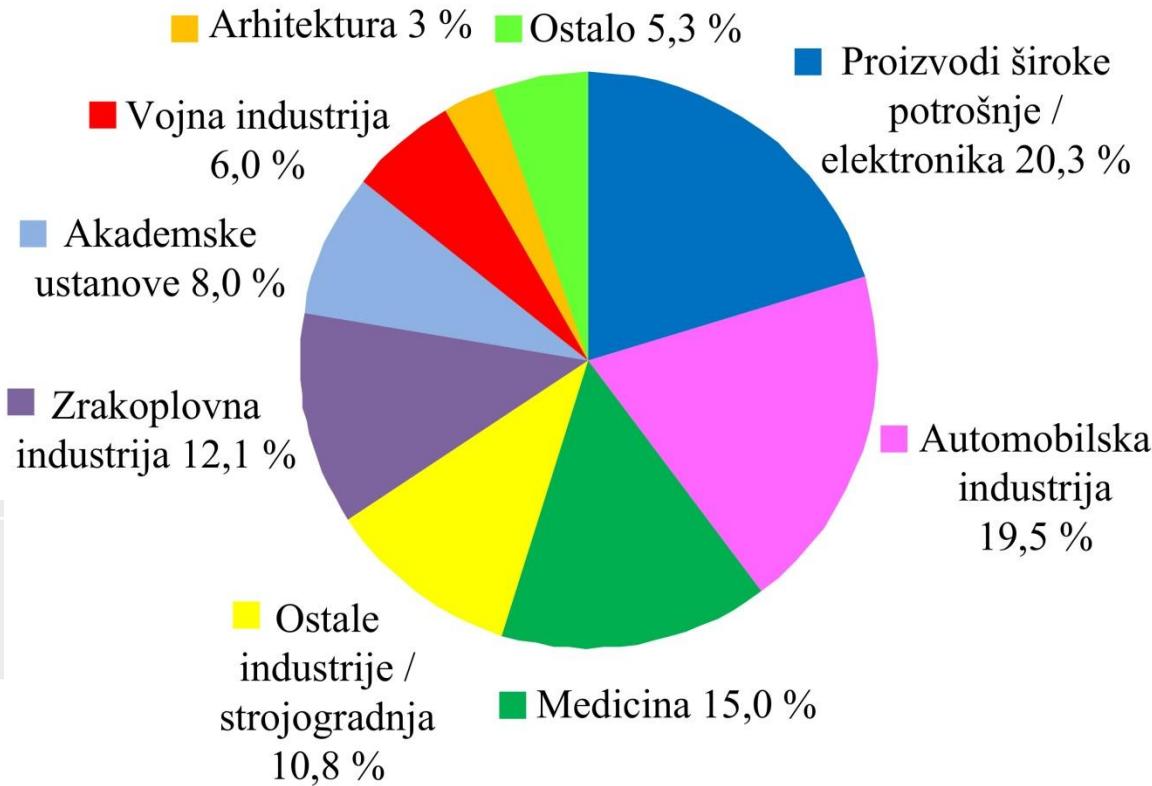
Brza proizvodnja tvorevina

Opravdanost primjene



Aditivna proizvodnja tvorevina

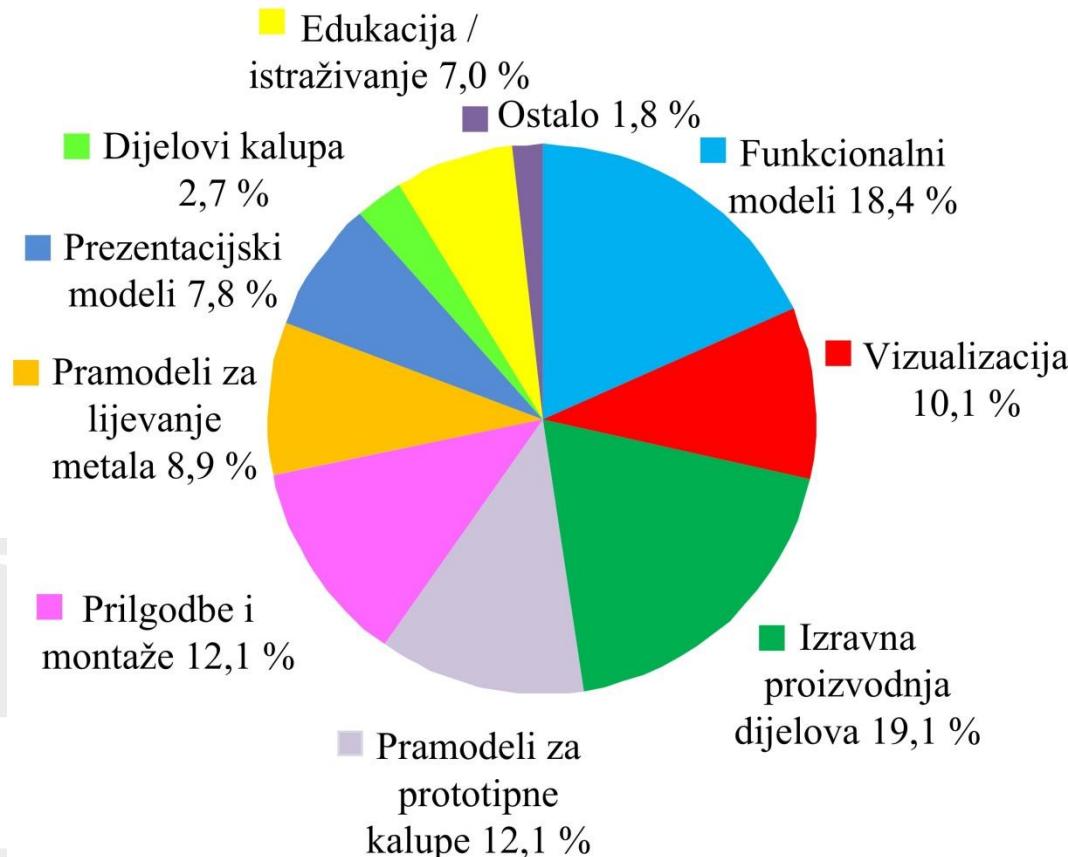
Područja primjene



(Wohlers Report 2012)

Aditivna proizvodnja tvorevina

Sistematizacija primjene



(Wohlers Report 2012)

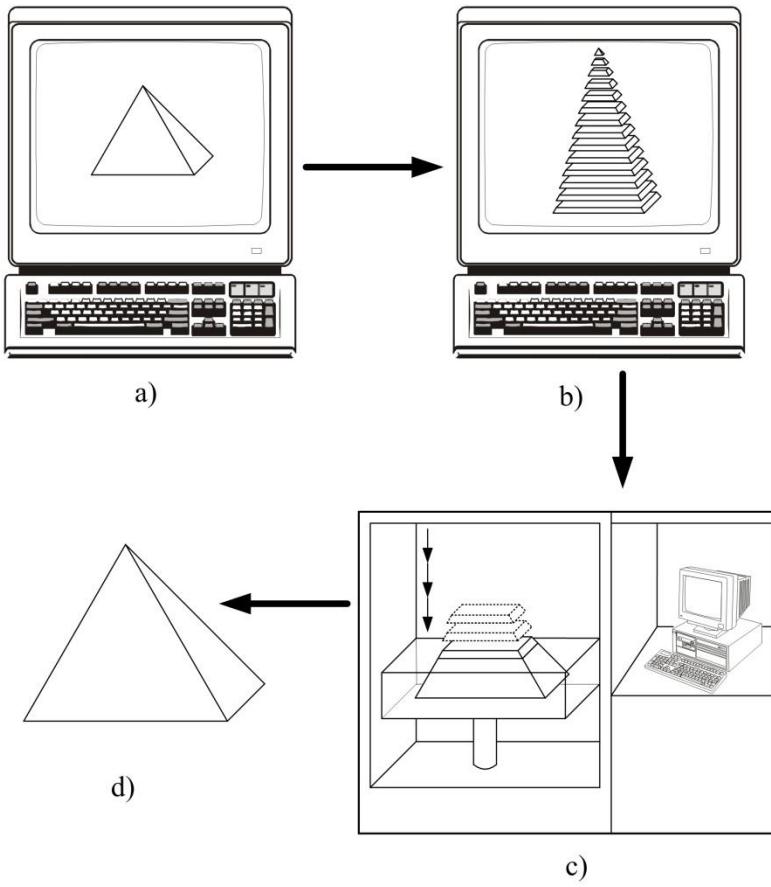
Aditivna proizvodnja tvorevina

Slojevita izrada/proizvodnja

- Većina postupaka brze proizvodnje tvorevina temelji se na generativnom načelu gradnje tvorevina **sloj-po-sloj**.
- Postupcima se stvaraju trodimenzijski oblici postavljanjem pojedinačnih dvodimenzijskih slojeva jedan na drugi.
- (e. Additive Layer Manufacturing - ALM)

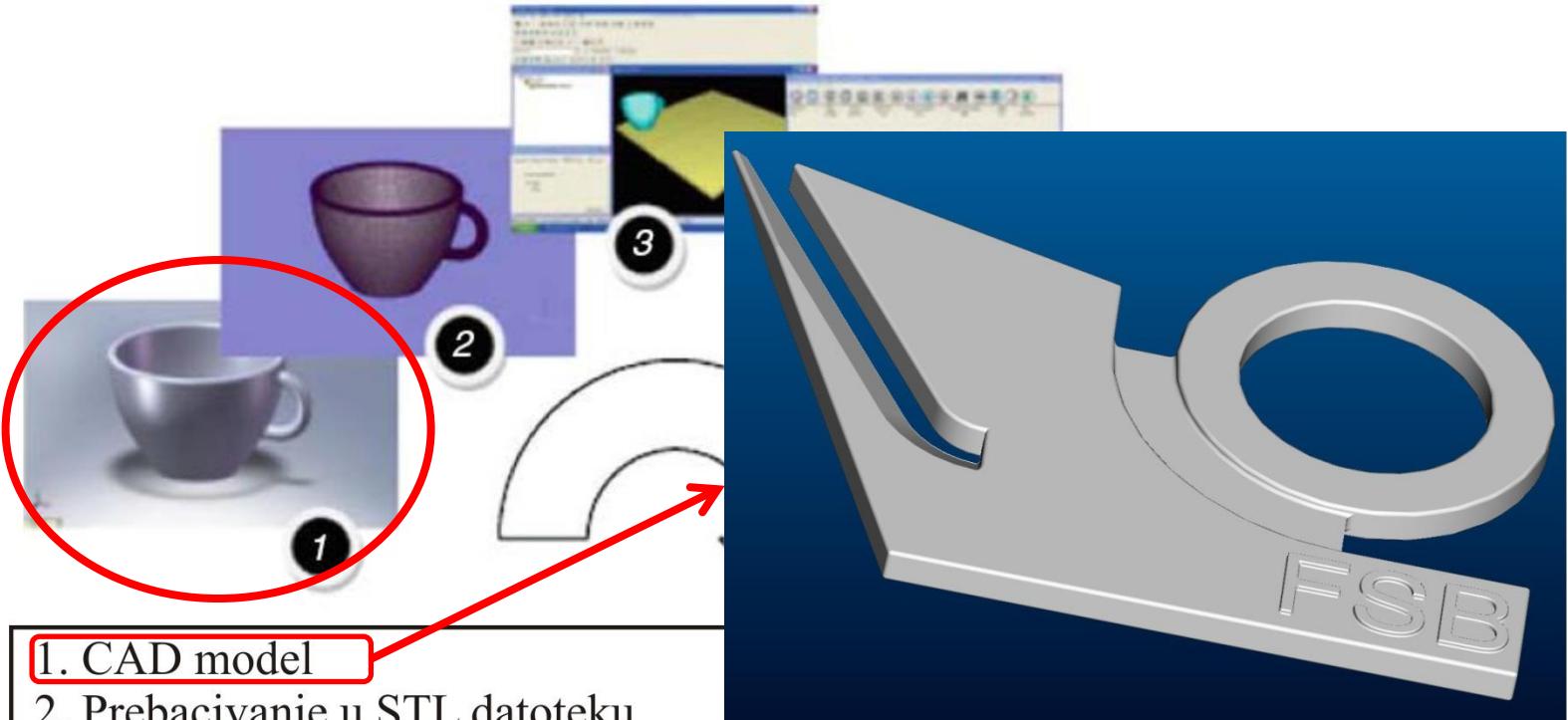
Aditivna proizvodnja tvorevina

Slojevita izrada/proizvodnja - načela



AM postupci

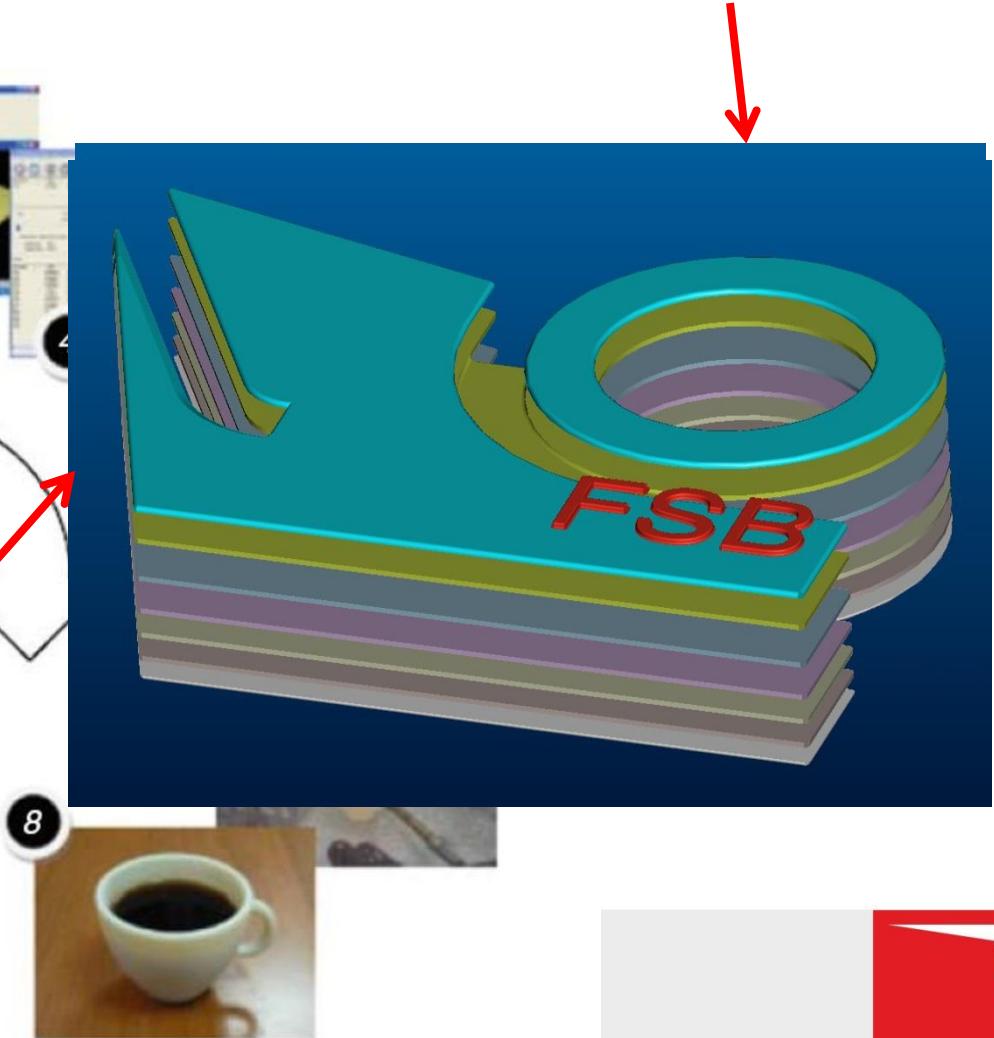
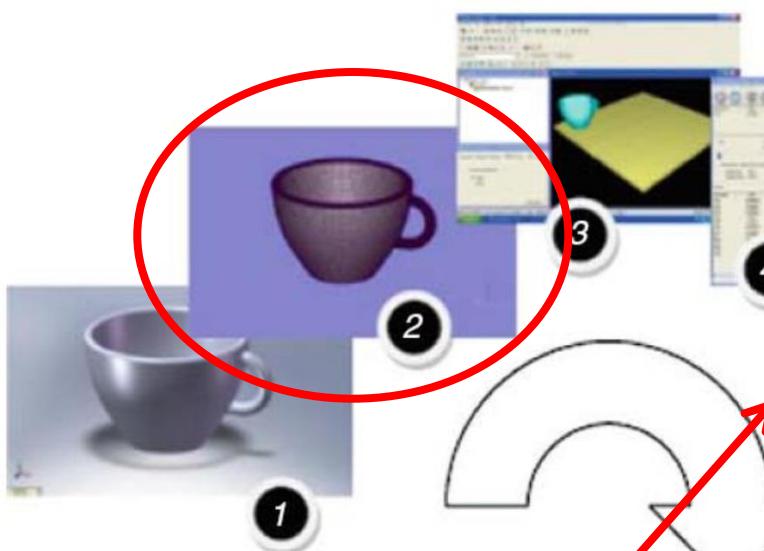
Faze izrade – definiranje CAD modela tvorevine



1. CAD model
2. Prebacivanje u STL datoteku
3. Prebacivanje datoteke na AM stroj
4. Podešavanje parametara AM stroja
5. Izrada prototipa
6. Vađenje prototipa
7. Naknadna obrada
8. Primjena

AM postupci

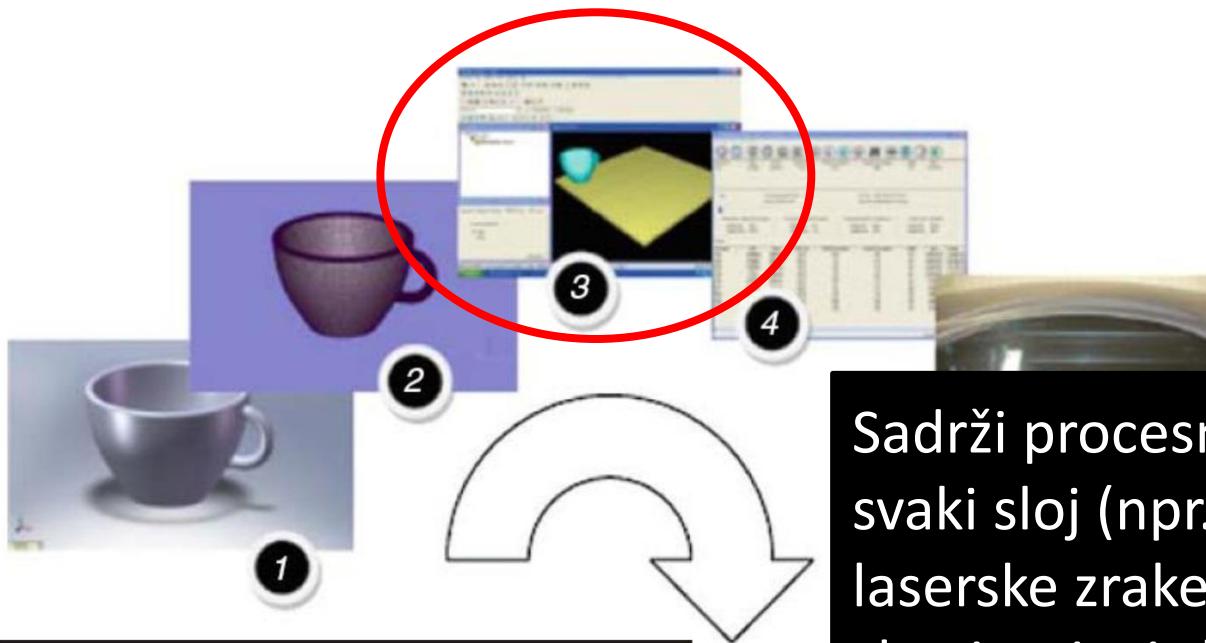
Faze izrade – prebacivanje u STL datoteku,
rezanje STL modela na slojeve



1. CAD model
2. Prebacivanje u STL datoteku
3. Prebacivanje datoteke na AM stroj
4. Podešavanje parametara AM stroja
5. Izrada prototipa
6. Vađenje prototipa
7. Naknadna obrada
8. Primjena

AM postupci

Faze izrade – generiranje procesne datoteke (tzv. *build* datoteke) i prebacivanje na stroj



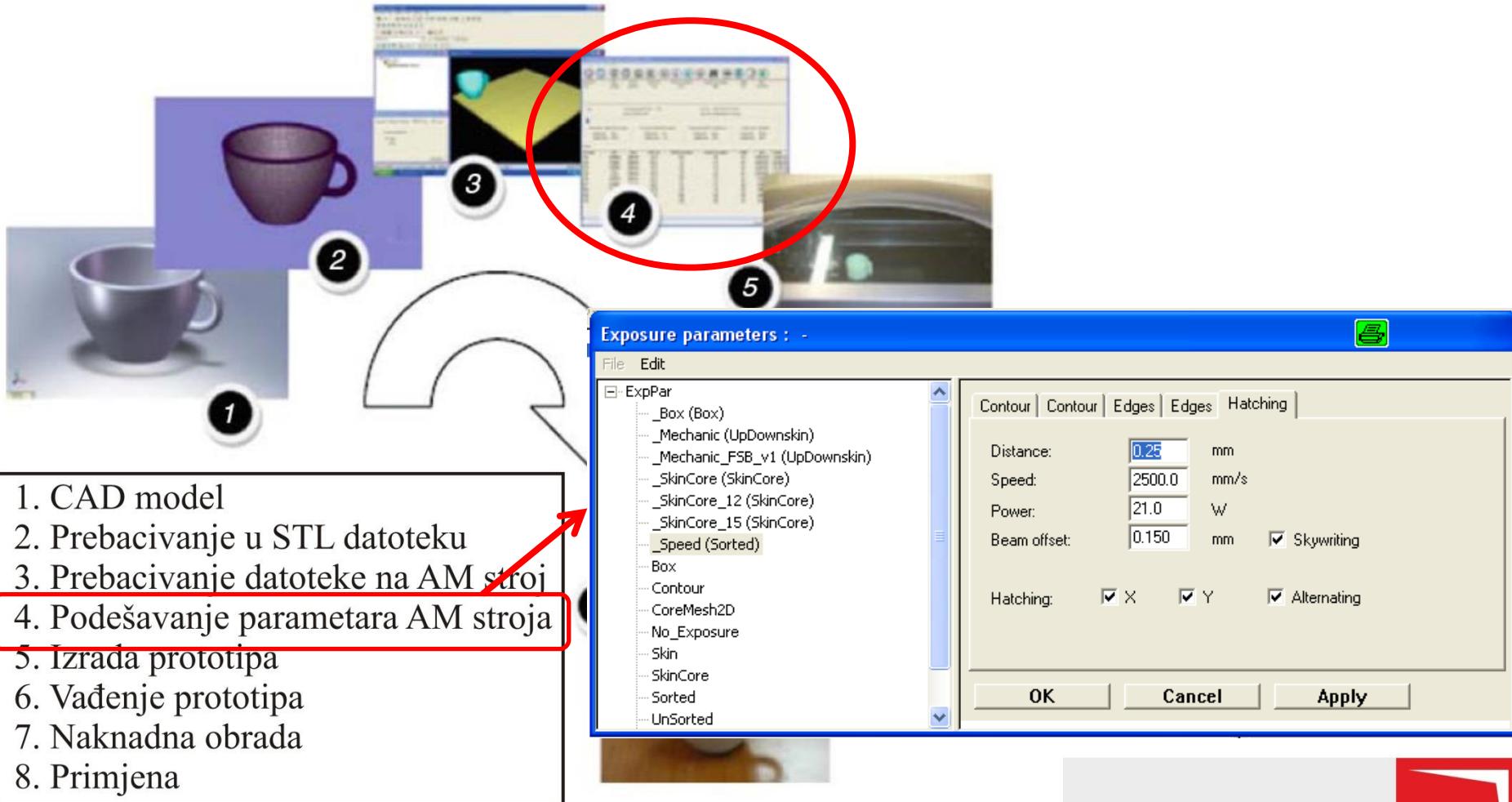
Sadrži procesne podatke za svaki sloj (npr. brzina prolaza laserske zrake, strategija skeniranja, itd.)

- 1. CAD model
- 2. Prebacivanje u STL datoteku
- 3. Prebacivanje datoteke na AM stroj (highlighted with a red box)
- 4. Podešavanje parametara AM stroja
- 5. Izrada prototipa
- 6. Vađenje prototipa
- 7. Naknadna obrada
- 8. Primjena



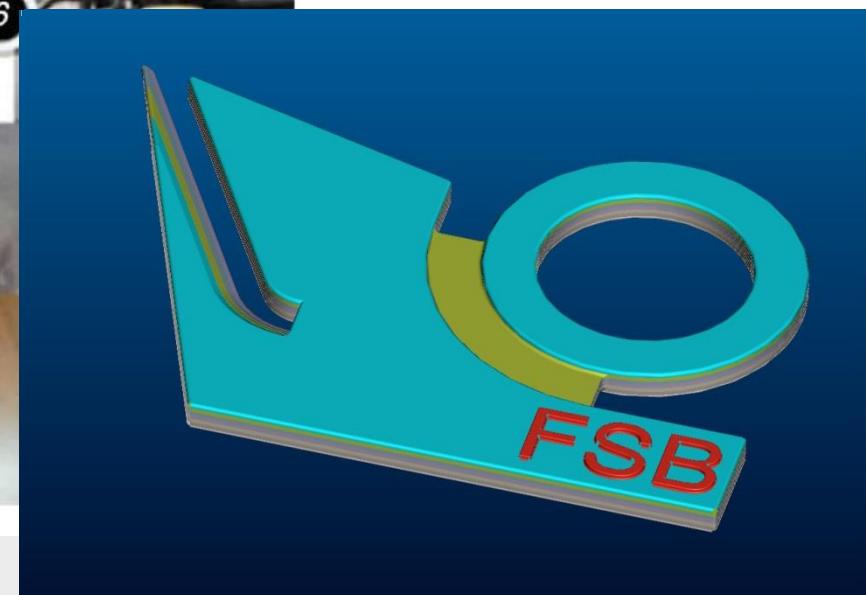
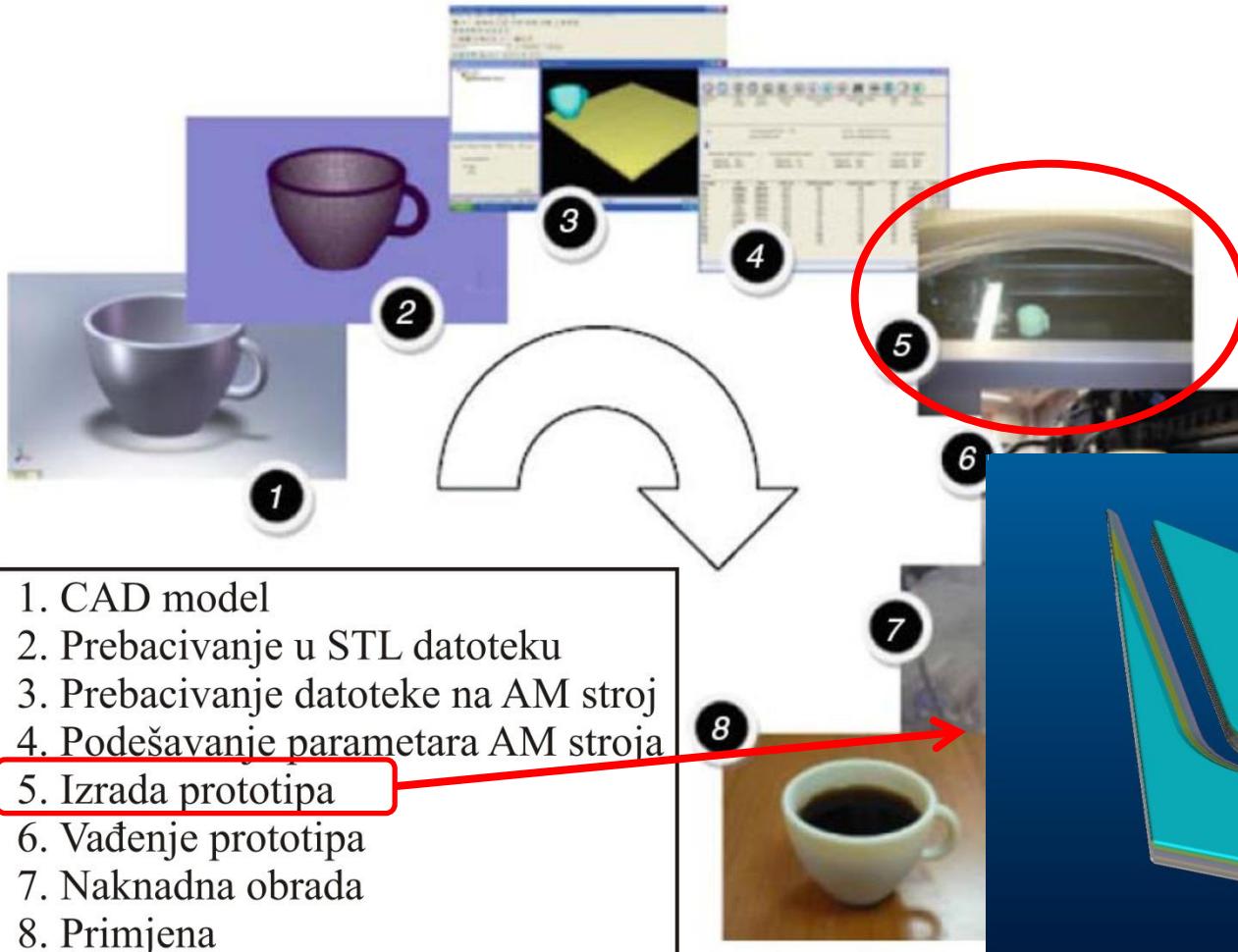
AM postupci

Faze izrade – podešavanje parametara



AM postupci

Faze izrade – izrada tvorevine sloj po sloj



AM postupci

Faze izrade – vađenje gotove tvorevine

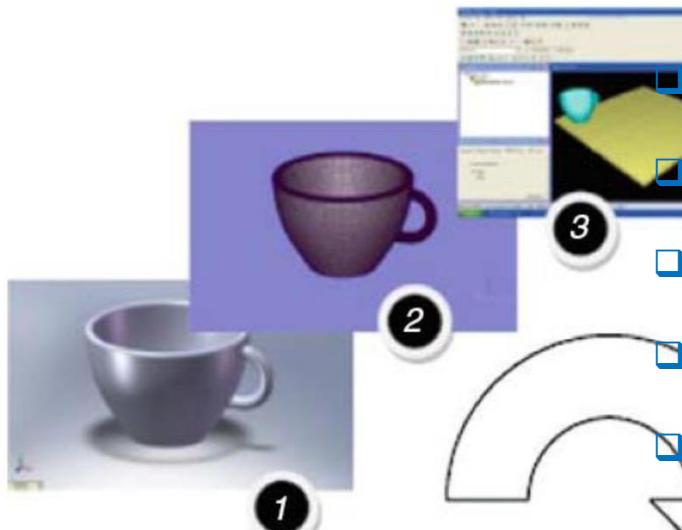


1. CAD model
2. Prebacivanje u STL datoteku
3. Prebacivanje datoteke na AM stroj
4. Podešavanje parametara AM stroja
5. Izrada prototipa
6. Vađenje prototipa
7. Naknadna obrada
8. Primjena



AM postupci

Faze izrade – naknadna obrada (ovisi o postupku)



1. CAD model
2. Prebacivanje u STL datoteku
3. Prebacivanje datoteke na AM stroj
4. Podešavanje parametara AM stroja
5. Izrada prototipa
6. Vađenje prototipa
7. Naknadna obrada
8. Primjena

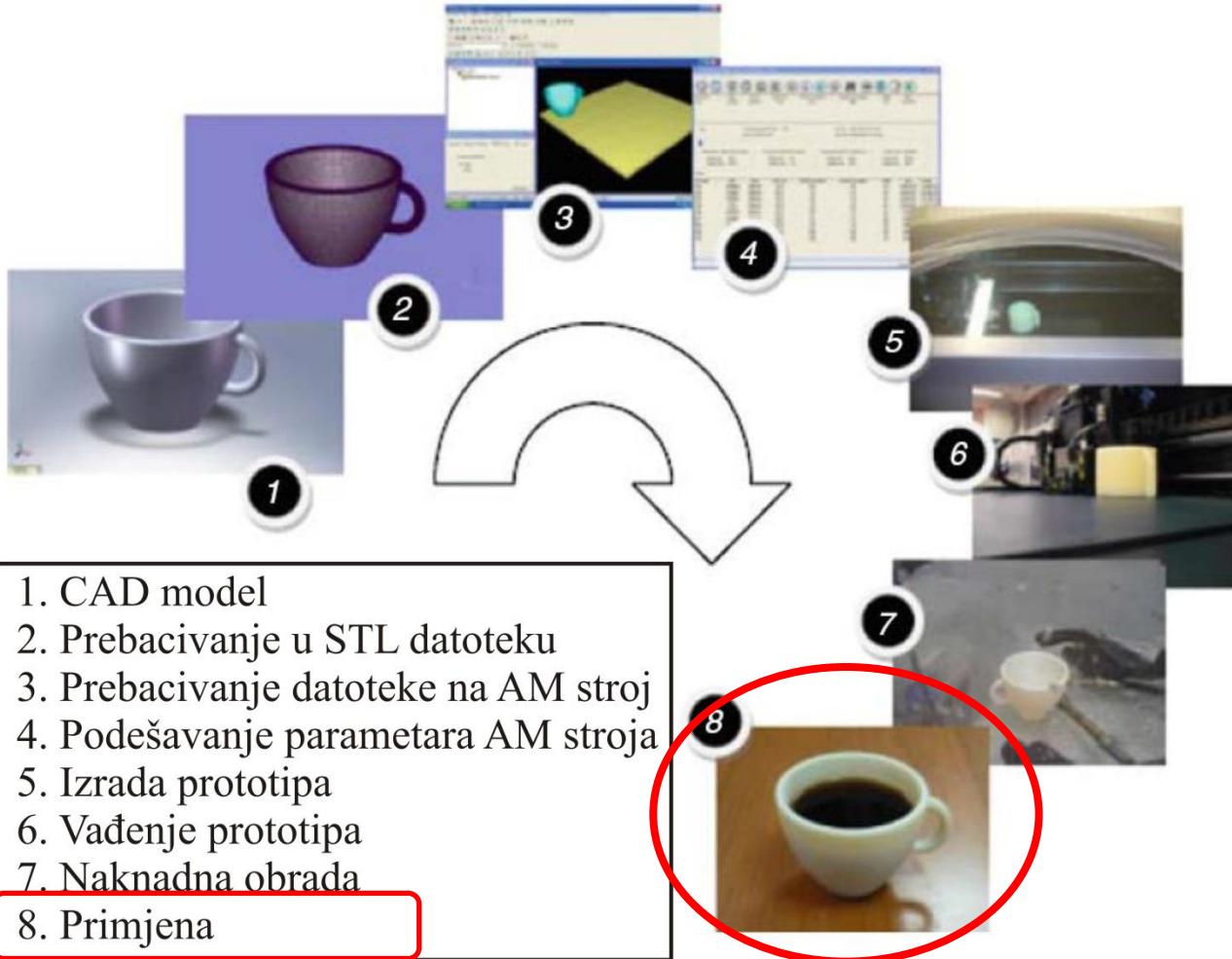
Čišćenje

- Toplinska obrada
- Kemijska obrada
- Sterilizacija (medicina)
- Obrada odvajanjem čestica, itd.



AM postupci

Faze izrade

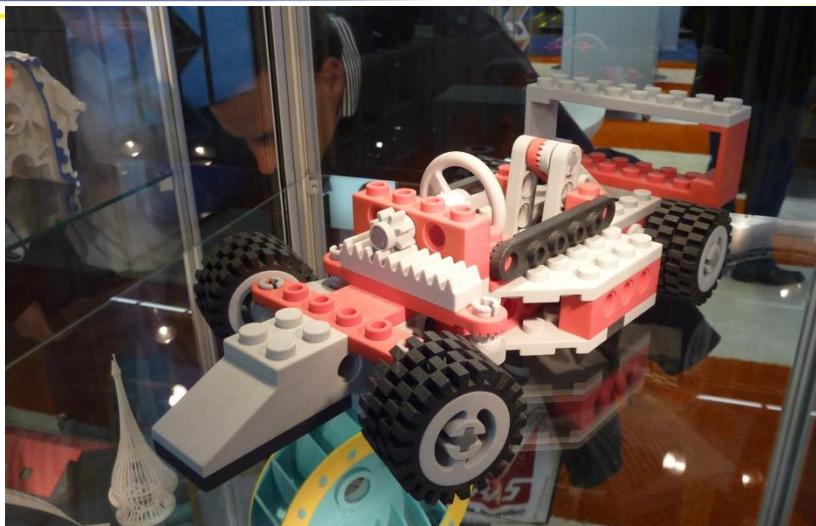


Aditivna proizvodnja



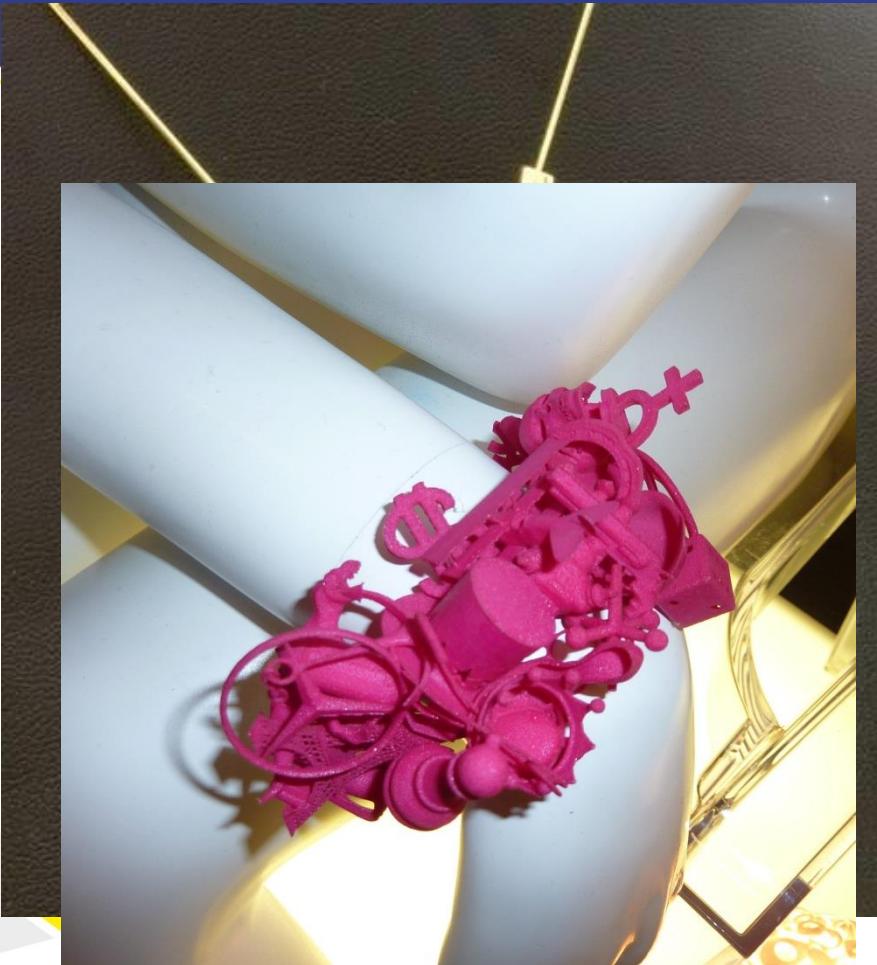
Primjena – potrošački proizvodi (sport, glazba, elektronika)

Aditivna proizvodnja



Primjena – potrošački proizvodi (igračke)

Aditivna proizvodnja



Primjena – potrošački proizvodi
(nakit, zlatarstvo)

Aditivna proizvodnja



Primjena – potrošački proizvodi
(rasvjeta)

Aditivna proizvodnja



Primjena – potrošački proizvodi
(tekstilna industrija)

Aditivna proizvodnja



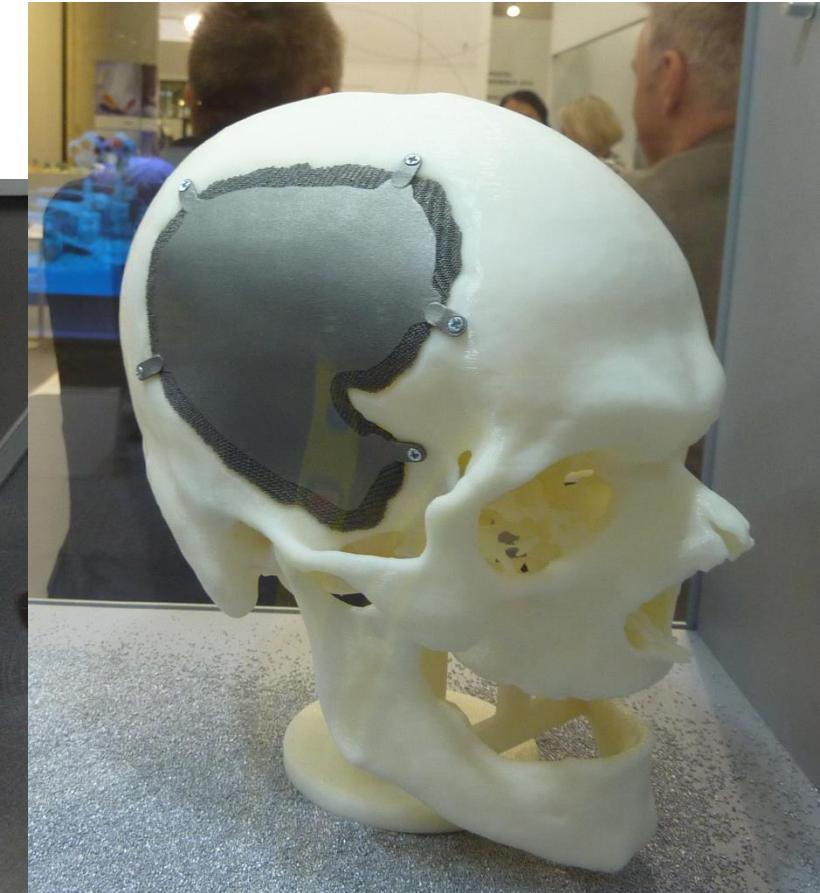
★ Primjena – potrošački proizvodi
(obuća)

Aditivna proizvodnja



Primjena u automobilskoj industriji

Aditivna proizvodnja



Primjena u medicini i stomatologiji

Aditivna proizvodnja



Primjena
u
strojarstvu

Aditivna proizvodnja



Primjena u arhitekturi

Aditivna proizvodnja



Koji od aparata za kavu je prototip, a koji serijski proizvod?

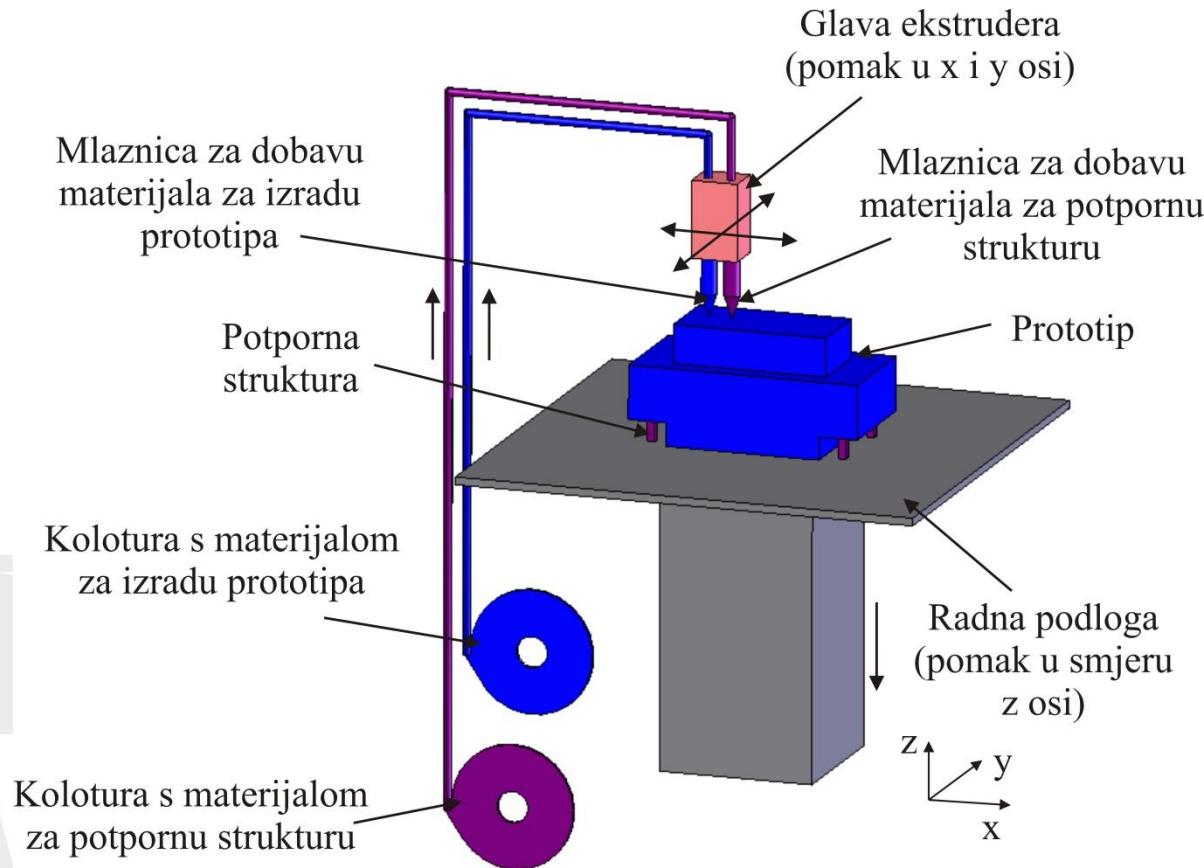
Postupci aditivne proizvodnje tvorevina

- Stereolitografija (e. *Stereolithography - SLA*)
- PolyJet
- Očvršćivanje s digitalno obrađenim svjetlosnim signalom (e. *Digital Light Processing - DLP*)
- Selektivno lasersko srašćivanje (e. *Selective Laser Sintering - SLS*)
- 3D tiskanje (e. *3D Printing – 3DP*)
- Taložno očvršćivanje (e. *Fused Deposition Modeling - FDM*)
- Proizvodnja laminiranih objekata (e. *Laminated Object Manufacturing - LOM*)

Postupci aditivne proizvodnje tvorevina

Postupak	Materijal
SLA	fotoosjetljiva polimerna smola, akrilne i epoksidne smole (npr. PMMA, EP, PE-HD), keramika
PolyJet	fotoosjetljiva polimerna smola (akrilna smola)
DLP	fotoosjetljiva polimerna smola
SLS	polimeri (PA, PS, PAEK, PMMA, TPE (elastoplastomer), ojačani polimeri (npr. sa stakлом), polimeri sa raznim punilima, keramika, metali (nehrđajući čelik, visokolegirani čelik, titan, kobalt-krom, aluminij))
3DP 	polimeri (PMMA), keramika, škrob, gips, metali, pjesak
FDM	plastomeri (ABS, PC, PPSU, PA, PLA, drvno-plastomerni kompozit, TPE (elastoplastomer))
LOM	polimer (PVC), papir, metal

Taložno očvršćivanje (e. *Fused Deposition Modeling* – FDM)



FDM

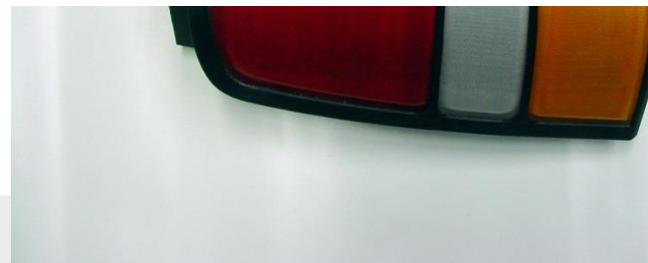
**Fused-Deposition-
Modelling**



FDM

- *Prednosti:*
 - brzina i sigurnost strojeva koji ne koriste otrovne materijale pa nije potreban poseban prostor
 - nema vitoperenja prototipa
 - moguće je ekstrudirati i biorazgradljive materijale (npr. polikaprolakton (PCL))
- *Nedostaci:*
 - potrebna je naknadna obrada
 - vrlo često potrebna je potporna struktura
 - vidljive su linije između slojeva
 - niska dimenzijska točnost
 - mlaznice su kružnog presjeka, te je zbog toga nemoguće izraditi oštре rubove

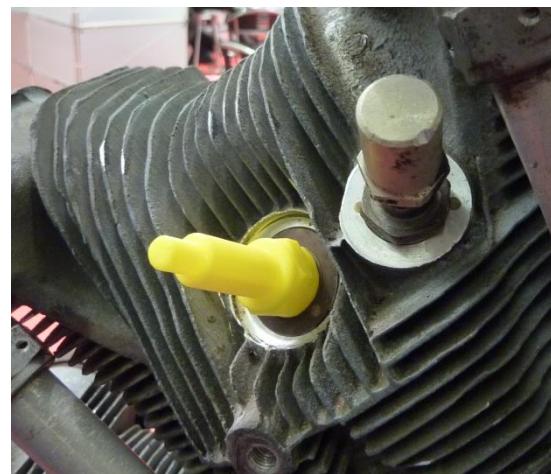
FDM



FDM



FDM



FDM – materijali

- ABS
- PLA
- PA
- PET(G)
- PS
- PC
- PC/ABS
- PEI (ULTEM)
- PPSF/PPSU
- ASA
- PMMA
- PP
- TPE (savitljiv)
- TPU
- PCTPE
- PEEK
- PS-HS (i za potpornu strukturu - topljiv)
- PVA
- ojačani polimeri (punilo: drvo, ugljik, mjed, bronca, bambus, lignin, bakar...)

FDM – materijali

- ABS



FDM – materijali

- PC



FDM – materijali

- PETG



FDM – materijali

- PA



FDM – materijali

- ASA



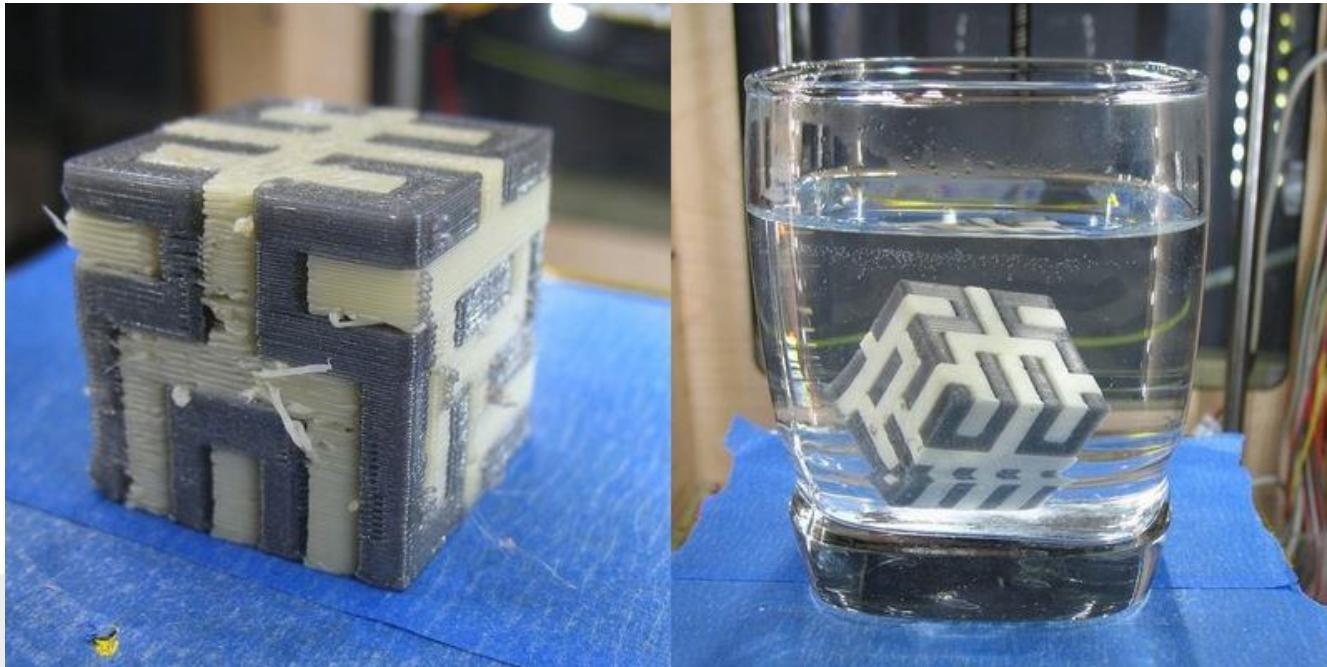
FDM – materijali

- TPE



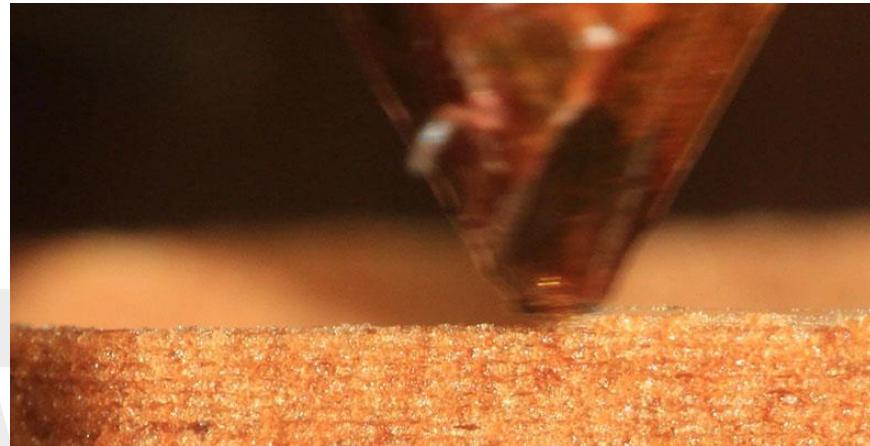
FDM – materijali

- PVA



FDM – materijali

- drvo



FDM – materijali

- lignin



FDM – filamenti

- standardni promjeri : 1,75 i 2,85 (3,0) mm
- 1,75 mm
 - popularniji i lakše dobavljen (veći izbor materijala)
 - bolja kvaliteta površine
 - moguće ispisivanje manjih detalja
 - potrebno manje energije za ekstrudiranje
 - moguće više brzine ekstrudiranja (brže taljenje filamenta)
- 2,85 (3,0) mm
 - krući, lakše ispisivanje savitljivih dijelova
 - kod širih mlaznica ekstrudera – deblji sloj i brže ispisivanje
 - jeftiniji (i 3 puta) od filamenta promjera 1,75 mm

Hvala na pažnji!!!



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog socijalnog fonda.
Sadržaj ovog materijala isključiva je odgovornost Udruge VISOKI JABLANI.