

# 3D-TEHNOLOGIJE

Deja Muck

## PROCES FOTOPOLIMERIZACIJE

Osnovni proces gradnje predmeta	Generična skupina po standardu ASTM F2792-10	Okrajšave tehnologij
ekstrudiranje materialov	material extrusion <i>ekstrudiranje materiala</i>	FDM, PJP, FFF, FFM, CFF, MEM, MUS, FDMm, FDC ...
proces fotopolimerizacije	vat photopolymerization <i>fotopolimerizacija v kadi</i>	SLA, DLP Projection, Moving DLP, LCM, 3SP, LAMP, ZPP ...
	material jetting <i>kapljično nanašanje ali brizganje materiala</i>	PolyJet, MJM, MJP, LMJP WDM, DOD ...
	binder jetting <i>kapljično nanašanje ali brizganje veziva</i>	3DP, CJP, BJMP ...
lepljenje, sintranje ali taljenje praškastega materiala	powder bed fusion <i>spajanje praškastega materiala</i>	SLS, LS, MLS, SLM, SHS, DMLS, DMP, EBM, EBF3, LBM, LaserCUSING ...
	direct energy deposition <i>lasersko navarjanje</i>	LENS, LDT, LPF ... DED
nalaganje, lepljenje ali laminiranje materiala	sheet lamination <i>laminacija pol</i>	LOM, PLT, SDL, UAM ...

3

## PROCES FOTOPOLIMERIZACIJE

Tehnologije, ki temeljijo na procesu fotopolimerizacije

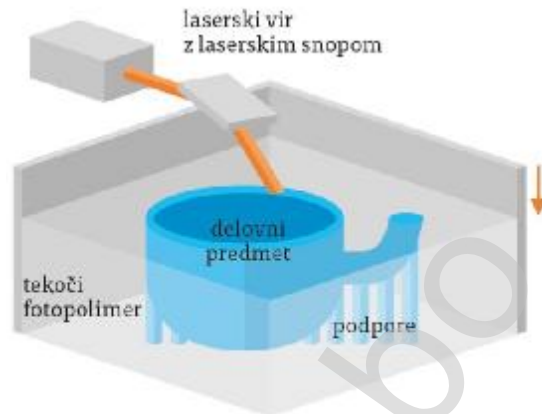
- q fotopolimerizacija v kadi (Vat Photopolymerization)
  - § stereolitografija (SLA) – vektorsko skeniranje
  - § projekcijska tehnologija (DLP) – hkratno osvetljevanje sloja
  - § dvofotonska fotopolimerizacija (2PP) – rastrski (točkasti)
- q kapljično nanašanje ali brizganje materiala (Material Jetting)

**Kje vse uporabljamo fotopolimere?**

4

# PROCES FOTOPOLIMERIZACIJE

## Stereolitografija (SLA)



5

# PROCES FOTOPOLIMERIZACIJE

## Projekcijska tehnologija (DLP)

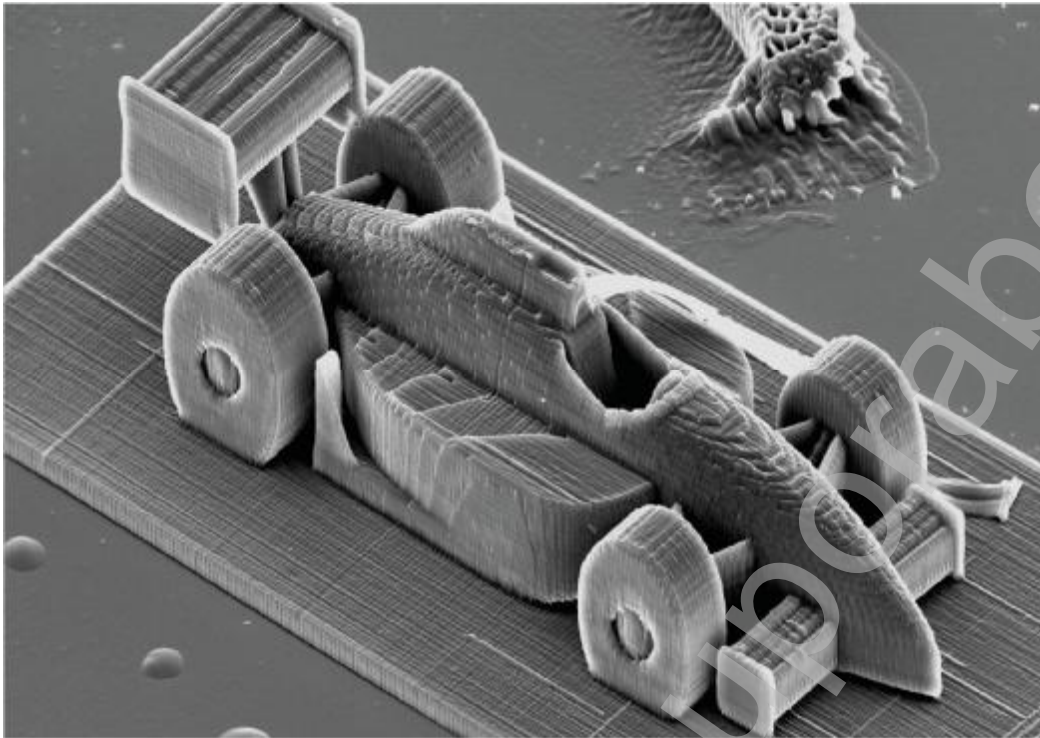


3Way > tehnologija DLP uporablja za tiskanje predmetov z visoko natančnostjo in s hitrostjo tiska 30 min/cm

6

# PROCES FOTOPOLIMERIZACIJE

Dvofotonska fotopolimerizacija (2PP)

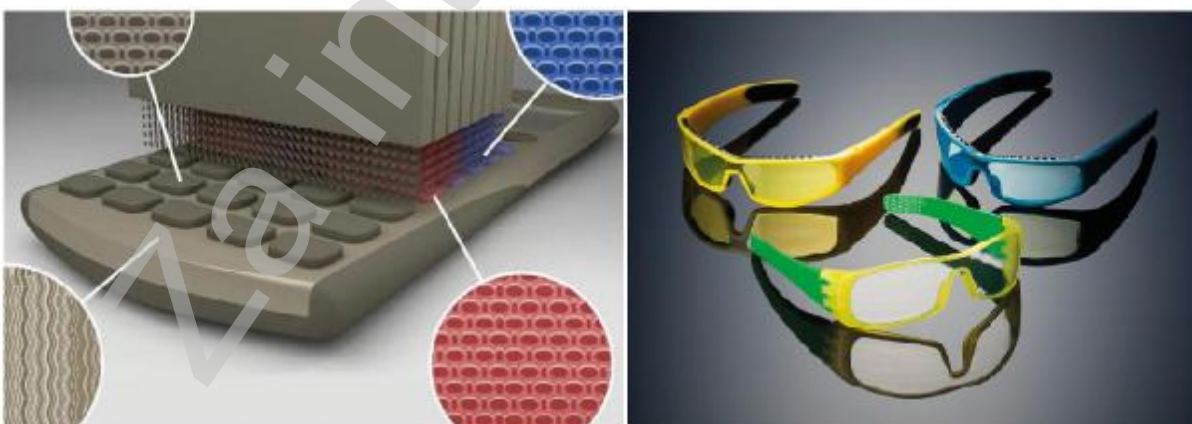


[VIDEO](#)

7

# PROCES FOTOPOLIMERIZACIJE

Kapljično nanašanje ali brizganje materiala (Material Jetting)



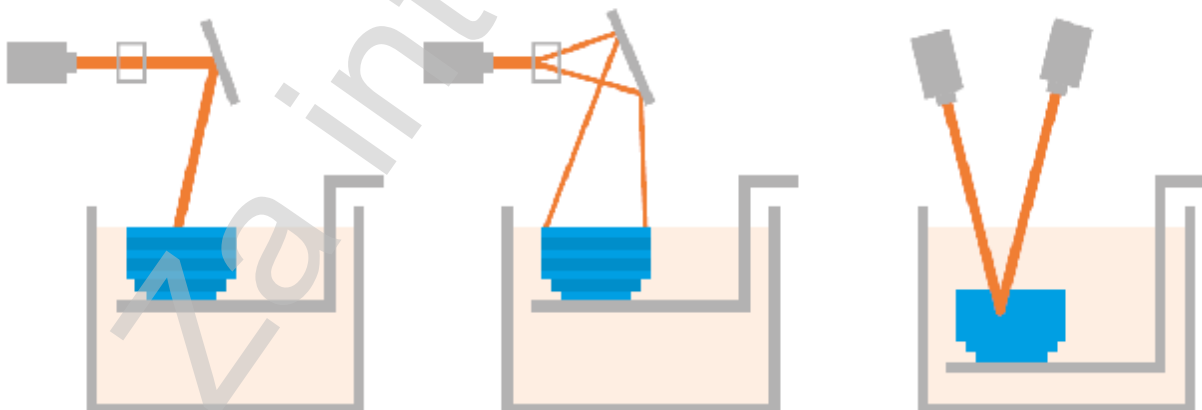
- q delovanje tehnologije PolyJet
- q očala natisnjena s tiskalnikom Objet 260 Connex3

8

Osnovni proces gradnje predmeta	Generična skupina po standardu ASTM F2792-10	Okrajšave tehnologij
ekstrudiranje materialov	material extrusion <i>ekstrudiranje materiala</i>	FDM, PJP, FFF, FFM, CFE, MEM, MUS, FDMm, FDC ...
proces fotopolimerizacije	vat photopolymerizaton <i>fotopolimerizacija v kadi</i>	SLA, DLP Projection, Moving DLP, LCM, 3SP, LAMP, ZPP ...
	material jetting <i>kapljično nanašanje ali brizganje materiala</i>	PolyJet, MJM, MJP, LMJP WDM, DOD ...
	binder jetting <i>kapljično nanašanje ali brizganje veziva</i>	3DP, CJP, BJMP ...
lepljenje, sintranje ali taljenje praškastega materiala	powder bed fusion <i>spajanje praškastega materiala</i>	SLS, LS, MLS, SLM, SHS, DMLS, DMP, EBM, EBF3, LBM, LaserCUSING ...
	direct energy deposition <i>lasersko navarjanje</i>	LENS, LDT, LPF ... DED
nalaganje, lepljenje ali laminiranje materiala	sheet lamination <i>laminacija pol</i>	LOM, PLT, SDL, UAM ...

9

## FOTOPOLIMERIZACIJA V KADI

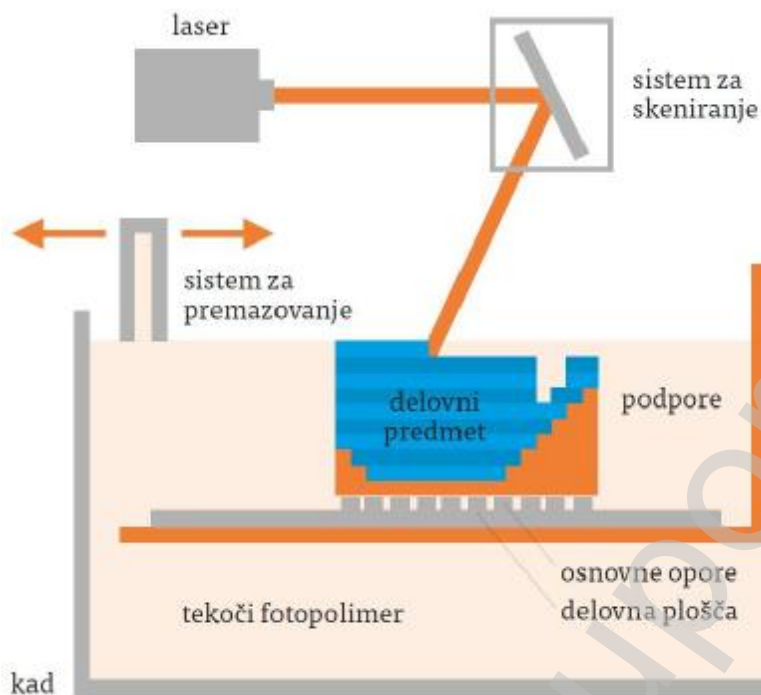


- q vektorsko skeniranje (levo)
- q projekcija z uporabo maske (sredina)
- q dvofotonski način (desno)

Ni nanašanja novega sloja, višja hitrost.

10

# FOTOPOLIMERIZACIJA V KADI STEREOLITOGRAFIJA - SLA



11

# FOTOPOLIMERIZACIJA V KADI STEREOLITOGRAFIJA - SLA

## Oporne in podporne strukture



- q perforirana delovna plošča oziroma platforma
- q oporne in podporne strukture
- q priporočila za uporabo notranjih in zunanjih podpor

[VIDEO](#)

12

# FOTOPOLIMERIZACIJA V KADI STEREOLITOGRAFIJA - SLA

## Naknadna obdelava

- q ena najzahtevnejših tehnologij v fazi postprocesiranja natisnjeni; 3D-predmet odstraniti z osnovne plošče (rokavice), čiščenje s kemičnimi sredstvi; tripropilen glikol monometil eter (TPM) ali propilen karbonat, izpiranje v izopropil alkoholu (IPA).
- q Predmet po tisku še nima končne trdnosti, zato ga je treba dodatno obsevati. PCA (post curing apparatus). T odvisna od vrste polimera ter mase in volumna 3D-predmeta.
- q Čas za površinsko utrjevanje ni odvisen od mase predmeta, za »globinsko« utrjevanje > večja masa > daljši čas.

13

# FOTOPOLIMERIZACIJA V KADI STEREOLITOGRAFIJA - SLA

## Prednosti

- q dokaj visoka hitrost tiska (še posebej pri DLP)
- q natančnost in kakovost površine predmetov
- q velik nabor materialov
- q nezahtevna naknadna obdelava površine, npr. barvanje ...

## Slabosti

- q manjša trajnost izdelkov kot FDM ali SLS
- q uporaba opor, podpor
- q zahtevna dodelava
- q naknadno utrjevanje v UV pečeh
- q ekološki vidik (toksičnost monomerov, oligomerov, sredstev za čiščenje)

14

# FOTOPOLIMERIZACIJA V KADI STEREOLITOGRAFIJA - SLA



**Accura® 55**  
Material omogoča izdelavo togih predmetov z videzom termoplasta ABS. Uporablja se za izdelavo avtomobilskih delov, elektronskih komponent ipd.



**Accura® ClearVue Free (SL 7870)**  
Nizkoviskozna fotopolimerna smola omogoča natančen tisk transparentnih predmetov, ki jih odlikujeta visoka stopnja žilavosti in trajnost.



**Accura® Amethyst**  
Material je namenjen izdelavi kalupov visoke natančnosti, ki se uporabljajo pri izdelovanju nakita.



**Accura® Xtreme™ White 200**  
Izjemno žilav in trajen fotopolimer opake bele barve je namenjen tisku predmetov iz termoplastov polipropilena (PP) in ABS, ki se običajno izdelujejo s tehnologijo CNC.



**Accura® CeraMAX™ Composite**  
Kompozitni polimerni material z delci keramike ima dobro termično obstojnost, odpornost proti vlagi in odpornost proti abraziji. Uporablja se za tisk predmetov, izpostavljenih višjim temperaturam, in za izdelavo predmetov z videzom keramike.



**Accura® e-Stone**  
Trajen material s končnim videzom tradicionalnih modelov za uporabo v zobozdravstvu se uporablja za izdelavo modelov zobovja, predvsem za analizo primerov pred težjimi posegi (vstavljanje mostičkov, kron itd.) in za ortodontske namene.



**Accura® Xtreme**  
Žilav in temperaturno obstojen polimer z videzom termoplastov polipropilena PP ali ABS se lahko uporablja za izdelavo ohišij potrošniških in elektronskih izdelkov ter podobnih končnih izdelkov.

15

Osnovni proces gradnje predmeta	Generična skupina po standardu ASTM F2792-10	Okrajšave tehnologij
ekstrudiranje materialov	material extrusion <i>ekstrudiranje materiala</i>	FDM, PJP, FFF, FFM, CFE, MEM, MUS, FDMm, FDC ...
proces fotopolimerizacije	vat photopolymerizaton <i>fotopolimerizacija v kadi</i>	SLA, DLP Projection, Moving DLP, LCM, 3SP, LAMP, ZPP ...
	material jetting <i>kapljično nanašanje ali brizganje materiala</i>	PolyJet, MJM, MJP, LMJP WDM, DOD ...
	binder jetting <i>kapljično nanašanje ali brizganje veziva</i>	3DP, CJP, BJMP ...
lepljenje, sintranje ali taljenje praškastega materiala	powder bed fusion <i>spajanje praškastega materiala</i>	SLS, LS, MLS, SLM, SHS, DMLS, DMP, EBM, EBF3, LBM, LaserCUSING ...
	direct energy deposition <i>lasersko navarjanje</i>	LENS, LDT, LPF ... DED
nalaganje, lepljenje ali laminiranje materiala	sheet lamination <i>laminacija pol</i>	LOM, PLT, SDL, UAM ...

16



# KAPLJIČNO NANAŠANJE ALI BRIZGANJE MATERIALA

Materiali: tekoči voski ali fotopolimeri

Tehnologiji

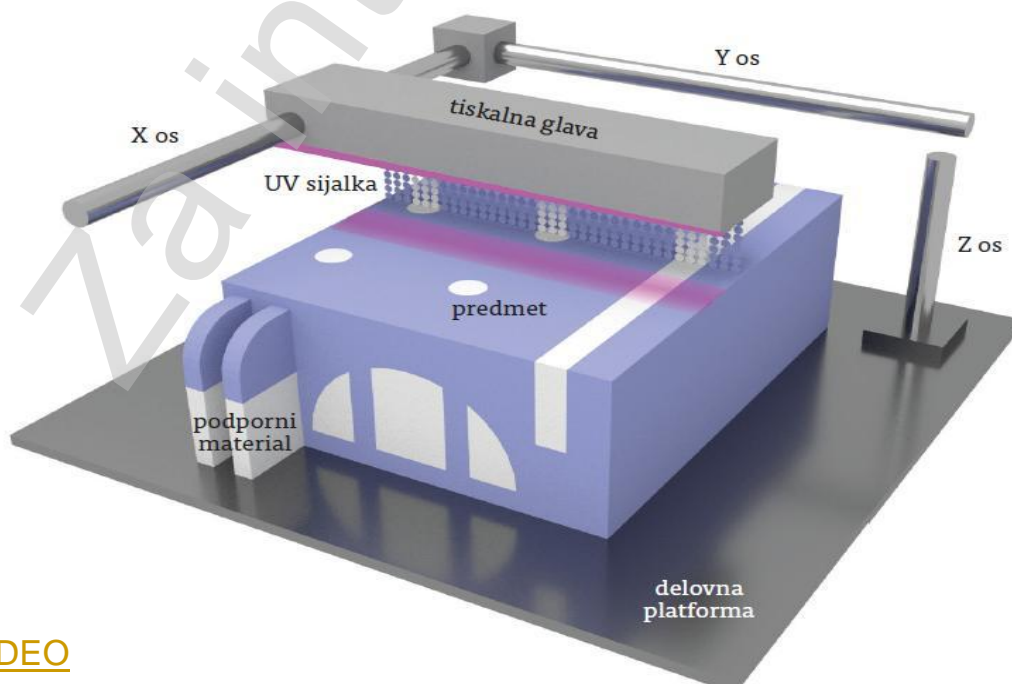
- q kapljični nanašanje voska (SolidScape)
- q kapljično nanašanje fotopolimera (PolyJet)



17

# KAPLJIČNO NANAŠANJE ALI BRIZGANJE MATERIALA - POLYJET

- q tisk sočasno z različnimi fotopolimernimi materiali.



[VIDEO](#)

18

# KAPLJIČNO NANAŠANJE ALI BRIZGANJE MATERIALA

## POLYJET

### Prednosti

- q tiskanje gladkih površin in finih detajlov z visoko natančnostjo
- q hiter proces tiska
- q brez naknadne obdelave površine
- q preprosta uporaba
- q sočasen tisk z materiali z različnimi fizikalnimi in mehanskimi lastnostmi (PolyJet Matrix)

### Slabosti

- q slaba temperaturna obstojnost materialov
- q visoka cena izdelave večjih izdelkov
- q uporaba podpornega materiala

19

# KAPLJIČNO NANAŠANJE ALI BRIZGANJE MATERIALA - POLYJET

## Materiali

fotopolimerni materiali, osnovani na akrilatih

### Inženirski materiali

- q digitalni ABS
- q termično stabilni materiali

### Standardni polimerni materiali

- q transparentni materiali
- q togi opačni materiali
- q materiali za simulacija polipropilena

### Materiali za uporabo v medicini in zobozdravstvu

- q biokompatibilni materiali
- q specialni dentalni materiali

20

# KAPLJIČNO NANAŠANJE ALI BRIZGANJE MATERIALA - POLYJET

