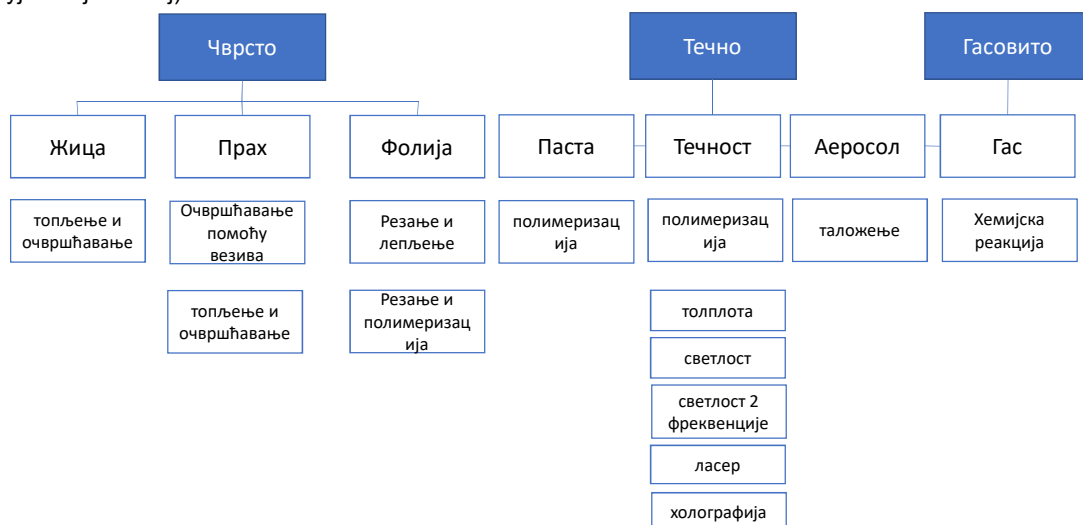


АДИТИВНЕ ПРОИЗВОДНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

ЭКСТРУДИРАЊЕ РАСТОПЉЕНОГ МАТЕРИЈАЛА

Стање почетног материјала:

течно (течни мономери који се стврдњавају слој по слој у чврсте полимере), **чврсто** (у облику листова/лимова или филаменти), **на бази праха** (прах/прашкasti материјали који се сједињује и везује слој по слој) и **гасовити**.



Категорије процеса

1. Фотополимеризација у кади (Vat photopolymerization) /

стереолитографија, Stereolithography (SLA)

процес АП у коме се течни фотополимер у кадици селективно очвршћава светлосно активираним полимеризацијом.

2. Бризгање материјала/Директна 3D штампа (Material jetting) / Polyjet / Inkjet Printing

процес АП у коме се капљице материјала (фотополимер или восак) селективно таложе.

3. Бризгање везива на материјал/ Везивна 3D штампа (Binder jetting) / Indirect Inkjet

Printing (Binder 3DP)

процес АП у коме се течно везивно средство селективно наноси ради повезивања прашкастог материјала.

Категорије процеса - наставак

4. Фузија нанетог/нанесеног праха (Powder bed fusion) –/ Selective Laser Sintering (SLS); Direct

Metal Laser Sintering (DMLS); Selective Laser Melting (SLM); Electron Beam Melting (EBM)

процес АП у коме се топлотном енергијом селективно топе и спајају прашкасти материјали

5. Екструдирање материјала (Material extrusion) / Fused Filament Fabrication (FFF) / Fused

Deposition Modeling (FDM); Contour Crafting

процес АП у коме се материјал селективно дозира кроз млазницу или отвор

6. Депоновање применом усмерене енергије (Directed energy deposition) / Laser

Engineered Net Shaping (LENS); Electronic Beam Welding (EBW)

процес АП у коме се фокусирана топлотна енергија (ласер, сноп електрона, плазмин лук) користи за стапање топлењем материјала који се депонује.

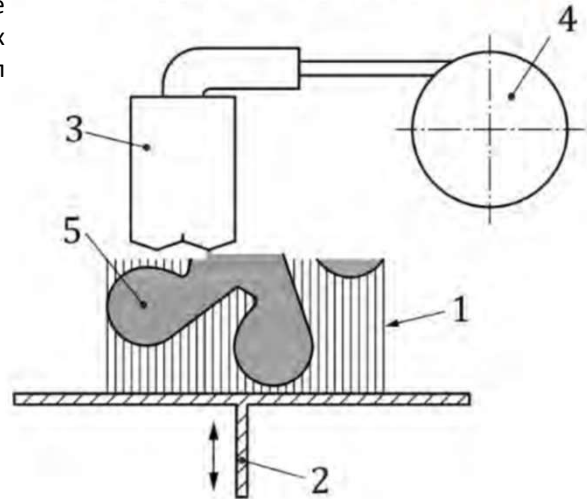
7. Ламинирање фолија/ (Sheet lamination) / Laminated Object Manufacturing (LOM)

процес АП у коме се листови материјала спајају да би се оформио објекат.

30. Екструдирање материјала (Material extrusion)

Дефиниција према ISO 17296-1 гласи да је екструдирање материјала поступак адитивних производних технологија у коме се материјал селективно дозира кроз млазницу или отвор.

- 1. Потпора
- 2. Платформа за градњу и управљање кораком
- 3. Грејана бризгаљка
- 4. Залихе припрема (на катуру)
- 5. Производ



Припремак (полазни материјал): жица (филамент) или паста, термопласти и структурна керамика.

Механизам везивања: термичка или хемијска реакција.

Активација: топлота, ултразвук или хемијска реакција између компонената.

Постпроцесирање: уклањање потпорне конструкције.

Схематски приказ принципа екстудирања материјала

Термини који се користе у литератури

Технологија екстудирања материјала развијена је 1980-их - [S. Scott Crump](#) под регистрованим именом **Fused Deposition Modelling (FDM)**.

Израз fused deposition modelling и скраћеница FDM заштићени су од *Stratasys Inc*, компаније чији је суоснивач Scott Crump.

Fused filament fabrication (FFF)

припада овој категорији, који су развили чланови заједнице отвореног кода **RepRap – 2005 open source**

Fused Layer Modeling (FLM) VDI 3405 (Udruženje nemačkih inženjera)



31. Подела полимера

При пројектовању делова од пластичних маса потребно је најпре, полазећи од услова експлоатације и техничких услова, усвојити врсту пластичне масе. При томе су најважније карактеристике, према којима се врши избор пластичне масе за конкретни део следеће: чврстоћа, отпорност на хабање, термичка својства, оптичка својства, електрична својства, хемијска постојаност, обрадљивост, цена коштања и друге.

- Термопласти (пластомери);
- Терморективни (дуромери);
- Еластомери.

По пореклу, полимери могу бити:

- природни (биополимери)
- синтетички (вештачки)

По хемијском саставу:

- органски
- неоргански

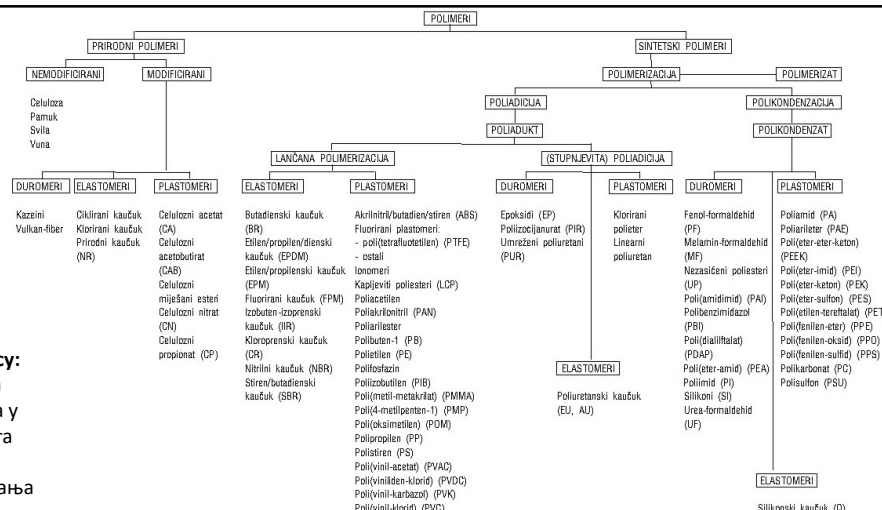
Главни поступци добијања полимера су:

полиадиција - реакција раздруживања разноврсних молекула и спајање атома у полимере без излучивања нуспродуката (термопласти -PUR; дурупласти -EP)

поликондензација - реакција згушњавања и спајања разноврсних молекула уз излучивање нуспродуката, на пример: вода (претежно дурупласти MF, PF, SI, UF; UP; термопласти PA, PC)

полимеризација - реакција спајања истих, или сличних молекула без нуспродуката (термоласти: PE, PP, PS, PVC,...).

- Додаци полимерима служе за побољшања услова прераде, или побољшања употребне вредности готовог производа. Могу бити:
1. Додаци за побољшање оптичких и естетских карактеристика материјала (боје, пунила),
 2. Додаци за побољшање услова прераде (мазива, одвајачи, регулатори вискозности, пунила),
 3. Додаци за побољшање механичких карактеристика (повећање жилавости и еластичности, омекшавачи, пунила),
 4. Додаци за одржавање и очување основних својстава (светлосни стабилизатори, антистатичи, антиоксиданси, биоциди),
 5. Остали додаци (дезодоранси, парфемни, додаци за смањење горивости),



- Термопласти: *Polietilen (PE), polivinil-hlorid (PVC), ABS, polistiren (PS) i poliamid (PA)*

На собној температури, термопластични полимери су чврсти, а на повишеним температурама од свега неколико стотина степени, постају вискозни растопи. Због овог својства, могу се једноставно и економично обликовати у разне техничке сврхе. Оно што је такође значајна карактеристика термопласта, јесте чињеница да могу више пута да пролазе кроз циклусе топљења и хлађења, а да при том не дође до драстичне деградације њихових кључних карактеристика.

- Терморективни (дуромери): *fenoli и epoksidi*





Не могу да трпе поновљене циклусе топљења и хлађења. Када се једном загреју изнад температуре топљења и обликују, а потом охладе, поновно загревање на температуру топљења доводи до деградације својстава и уместо омекшавања, долази до нагоревања и угљенисања.

- Еластомери: *синтетичка гума*

Еластомери су материјали са израженом еластичности.

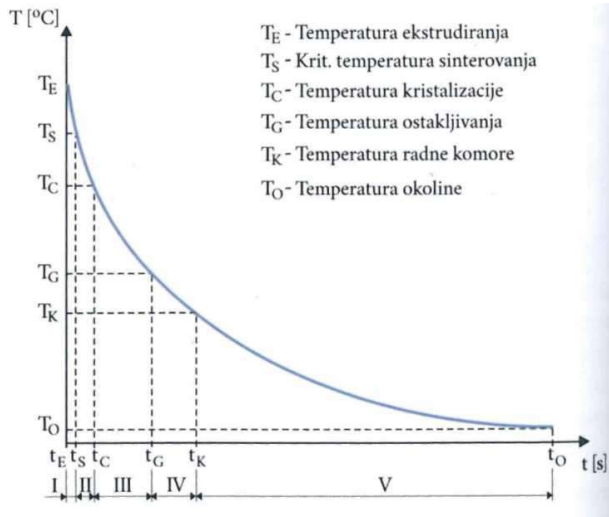
Молекулска структура

Линеарна;
Разграната;
Лествичаста (умрежена);
Просторно умрежена.

GRAĐA				
	linearna Van der Valsove veze	razgranata imaju i bočne veze	umrežena kovalentno vezani lanci i poprečno umreženi	prostorna mreža 3D mreža
Glavne grupe	Termoplasti		Elastomeri	Duromeri
Struktura	kristalna	amorfna	amorfna	amorfna

32. Karakteristične temperaturne faze kroz koje prolazi ekstrudirani materijal

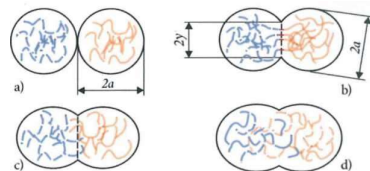
I faza - Sintetovanje termostimuliranih polimera



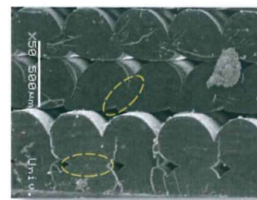
Dijagram vremenske zavisnosti temperature ekstrudiranog materijala

Odvija se između temperature ekstrudiranja (T_E) i kritične temperature sintetovanja (T_S).

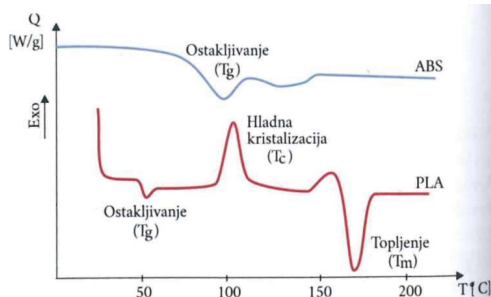
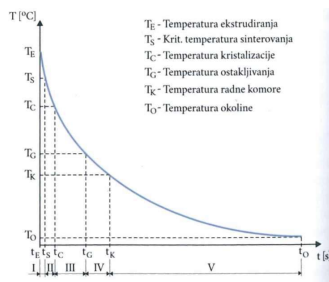
Dolazi do sintetovanja polimera u kontaktnoj regiji između staze koja se trenutno deponuje i staze koja je prethodno očvrsla. Osnovni pokretač procesa sintetovanja polimera jeste toplotna energija koju poseduje viskozni rastop.



(T_E)
 ABS od 210 do 270 °C,
 PLA od 190 do 235 °C.



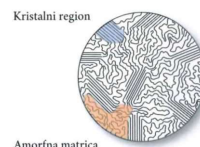
- (a) ostvarivanje početnog kontakta,
- (b) kvašenje i formiranje kovalentnih veza,
- (c) interdifuzija,
- (d) nestajanje kontaktnog interfejsa,
- (e) SEM snimak očvrslih staza



Karakteristične toplotne krive koje su dobijene DSC analizom uzoraka od ABS (amorfnog) i PLA (kristaliničnog) materijala

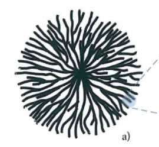
II faza – Kristalizacija

Deo lanaca termoplastičnog polimera formira uređene regione - lamele, od kojih nastaju veće sferoidne strukture, koje se nazivaju sferuliti.



Amorfna matrica

Šematski prikaz kristalnih regiona i amorfne matrice.

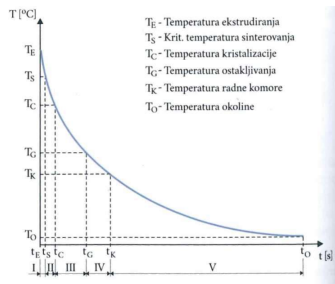


Šematski prikaz sferulita

Do kristalizacije dolazi na temperaturi iznad kritične temperature kristalizacije (T_C). Ova temperatura predstavlja karakteristiku materijala.

Što se hlađenje odvija sporije, to se intenzivnije odvija proces kristalizacije.

Sa povećanjem procenta kristaliničnosti rastu i mehaničke osobine polimera, kao i otpornost na povišene temperature. Za PLA, temperatura kristalizacije iznosi približno 100 °C.

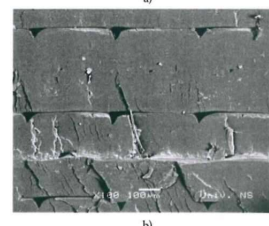
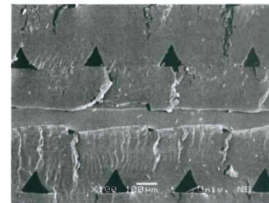


III фаза – Остакљивање

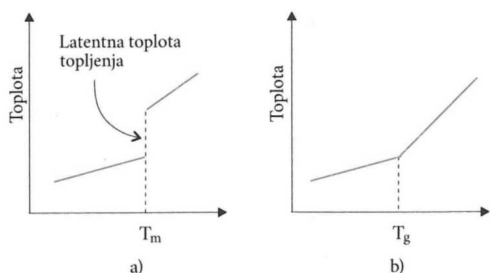
Faza ostakljivanja se odvija na temperaturi iznad temperature ostakljivanja (T_G). Temperatura ostakljivanja zapravo je uzan opseg temperatura na kojem dolazi do prelaska amornog polimera ili amorfne faze u kristaliničnom polimeru, iz krte i krute faze, u viskoelastičnu fazu.

Uobičajeno je da se u tehničkim podacima T_g za različite materijale navodi kao jedinstvena vrednost, pa je tako za ABS $T_g \sim 105^\circ\text{C}$, a za PLA, $T_g \sim 65^\circ\text{C}$.

Od trenutka napuštanja otvora mlaznice, do početka ostakljivanja, deponovani termopolimer se nalazi u viskoelastičnom stanju, što mu omogućava tečenje i popunjavanje praznina. Time se smanjuje poroznost, tj. prisustvo vazdušnih džepova između deponovanih staza

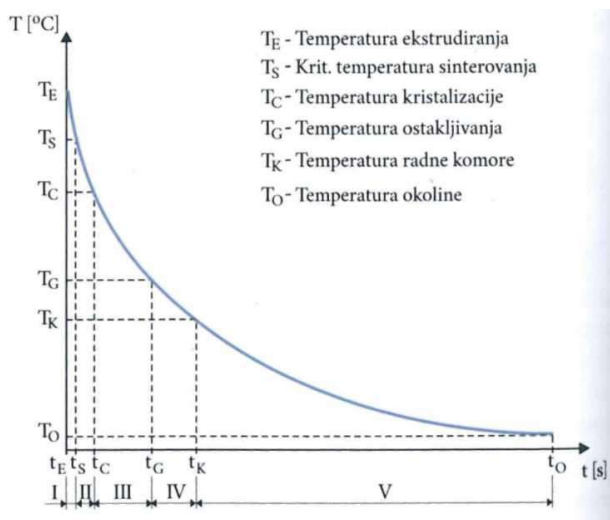


SEM snimci poprečnih preseka očvrsljelih staza



Odnosi dovedene količine toplote i porasta temperature za kristalni polimer (a) i amorfni polimer (b)

32. Карактеристичне температурне фазе кроз које пролази екструдирани материјал



Dijagram vremenske zavisnosti temperature ekstrudiranog materijala

IV фаза - Након очвршћавања, депоновани материјал се хлади до температуре која влада у радној комори, уколико 3Д штампач њоме располаже.

V фаза - Након вађења из радног простора машине, одвија се завршно хлађење, до температуре околине.

Временска дужина наведених корака зависиће од врсте материјала, величине израђеног дела, као и процеса хлађења. Висина температуре у радној комори машине примарно је условљена врстом материјала и подешава се на основу препорука.

33. Полимерни материјали за FDM/FFF/FLM



Полилактичка киселина (PLA)

PLA je jedan od FDM materijala koji se nalazi u najčešćoj upotrebi i najpoznatiji je predstavnik biorazgradivih polimera koji se dobijaju iz obnovljivih izvora.

Osim biorazgradivosti, PLA ima još jednu prednost, koja se ogleda u tome da, prilikom 3D štampe, ne odaje nikakva štetna isparenja i mirise, tako da se sa ovim materijalom može raditi i u zatvorenim prostorijama, bez ventilacije.

PLA je kristaliničan polimer sa niskom temperaturom ostakljivanja (T_g) i ona se kod većine formulacija kreće između 60 i 65 °C. Delovi izrađeni od PLA ne mogu da budu korišćeni u okruženjima sa povišenom temperaturom, ali, sa druge strane, niska T_g omogućava ekstrudiranom materijalu dovoljno vremena za relaksaciju unutrašnjih napona, pre hlađenja na temperaturu okoline. To za rezultat ima neznatno vitoperenje, kao i mogućnost dobrog prijanjanja na nezagrejenu radnu ploču. PLA se topi na temperaturi od približno 175 °C, ali da bi se postiglo dobro tečenje i nanošenje na radnu ploču, temperaturu ekstrudiranja treba podesiti u rasponu od 210 do 230 °C.

Акрилонитрил-бутадијен-стирен (ABS)

ABS je аморфни термопластични материјал, и поред PLA, представља један од два најшире коришћена материјала у FDM технологији, нарочито када су у питању десктоп 3Д штампачи.

Формулација ABS која се користи за потребе FDM технологије врло је слична оној која се користи у конвенционалној технологији ињекционог ливења.

Температура остакљивања ABS-а зависи од конкретне формулације, али се уобичајено креће око 105°C, што је знатно више од PLA (65 °C).

ABS прilikом екструдирања и депоновања, очвршћава на знатно вишој температури, тј. знатно пре од PLA и зато дуже трпи унутрашње напоне, што за последицу има веће витоперење радног предмета, као и одвајање крајева од радне плоче. Због овога је у процесу израде, неопходно користити загревање радне плоче (100-110 °C) или употребити хемијске атезиве који се наносе на радну плочу. Препоручена температура екстудирања ABS-а креће се од 230 до 240 °C.

За разлику од PLA, прilikом екстудирања, ABS одaje тоksične gasove i miris, tako da se препоручује рад у добро вентилirаним просторijама. Usled smanjene otpornosti ABS-а на деjство хемијских растварача, завршни површински квалитет делова може бити повишен директним третманом ацетонским раствором или излагању ацетонским испарењима.

[Polietilen tereftalat glik](#)

PeTG je sretna kombinacija. Ima čvrstoću i otpornost ABS-a, i može se sigurno zatvoriti u prostoru. Teško napraviti, ali kada nećete osvrnuti. Možda Micro Swiss Hotend jer visoke temperature za i:

What is PETG?

Durable. Virtually Unbreakable. Affordable.

Polyethylene terephthalate glycol, commonly known as [PETG](#) or PET-G, is a thermoplastic polyester that provides significant chemical resistance, durability, and excellent formability for manufacturing. PETG can be easily vacuumed and pressure-formed as well as heat-bent thanks to its low forming temperatures. This makes it exceptionally popular for consumer and commercial applications that involve 3D printing, or other heat-forming manufacturing techniques. Additionally, PETG is well-suited for fabrication techniques like die cutting, routing, and bending.

The Benefits of PETG Plastic

PETG is strong and cost-effective when compared to either [acrylic](#) or [polycarbonate](#). Its unique characteristics make it preferable for impact-resistant glazing and high strength display units. Suitable for [digital printing](#), PETG lends itself to product materials, displays, and signage. In general, PETG is a food-safe plastic that's commonly used for food containers and bottles for liquid beverages. Like acrylic and many other thermoplastics, PETG is fully recyclable.

PETG is both thermoformable and vacuum-formable, and can tolerate a tremendous amount of pressure without cracking. Although PETG is naturally clear, it takes color easily during processing. It can be injection molded into a variety of shapes, or extruded into sheets.

[PETG's](#) damage resistance is far higher than that of [acrylic](#), to the point that it rivals the impact resistance of polycarbonate. However, PETG fabricates easily, making it an easy material for both practitioners and professional fabricators.

The Applications of PETG

Thanks to its easy thermoforming and chemical resistance, [PETG has many uses](#). It is commonly used in single use and reusable drinking bottles, cooking oil containers, and FDA-compliant food storage containers. However, PETG is also found across the medical field; its rigid structure allows it to survive harsh sterilization processes, making it a perfect material to be used in medical implants, as well as pharmaceutical and medical device packaging.

PETG is an excellent material to use in modern 3D printers, and is quickly becoming a favorite among the community as it becomes more accessible. With the correct print settings, PETG filament prints easily, has excellent layer adhesion, and is odorless while it prints. It also has very low shrinkage properties, which enables larger prints than materials like PLA or ABS. At the same time, it's extremely strong and has great chemical resistance. This allows it to print objects that can sustain high temperature, food-safe applications, and exceptional impact. Diving deeper, PETG plastic is often the material of choice for point-of-sale stands and other retail displays. Since it's easy to manufacture in a wide range of shapes and colors, businesses often turn to PETG material for eye-catching signage that attracts customers. Plus, the added benefit of [easy printing](#) helps make customized, intricate imagery an affordable option.

What's the Difference between PET and PETG?

Although these compounds look similar, they are fundamentally different materials on a molecular level. PET is the result of two monomers combining. PETG may involve these same monomers, but also includes glycol, giving it different chemical properties than PET. PETG is less brittle and more pliable than its PET counterpart, making it ideal for bottles. It also has better shock resistance and is better suited to higher temperatures.

<https://www.gemoplastics.com/what-is-petg>

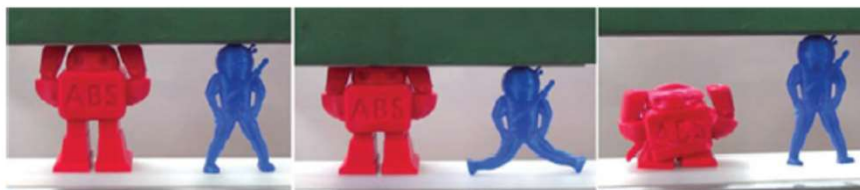
Termoplastični elastomeri (TPE)

Termoplastični poliuretani (TPU)

Termoplastični elastomeri (TPE) su klasa kopolimera ili smeša polimera koja u sebi sadrže materijale sa termoplastičnim i elastomernim svojstvima. Konvencionalni elastomeri pretežno spadaju u termoreaktivne polimere, i njihova struktura ne omogućava ekstrudiranje, što ih čini nepodesnim za primenu u FDM tehnologiji.

TPE predstavljaju kombinaciju svojstava termoplastičnih i elastomernih polimera, tj. poseduju elastičnost, dok istovremeno mogu da trpe toplotnu obradu, kao termoplastični polimeri.

TPE se na povišenim temperaturama ponašaju kao termoplasti, dok na sobnoj temperaturi imaju elastična svojstva nalik onima koje poseduju termoreaktivni elastomeri.



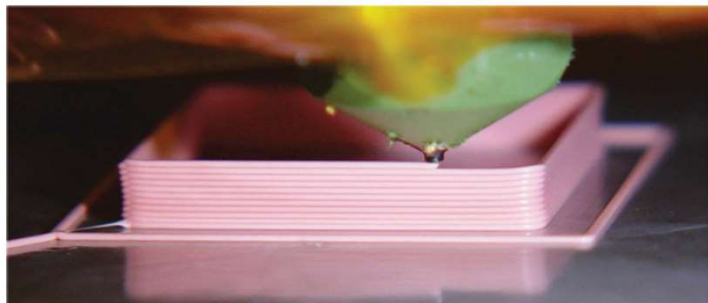
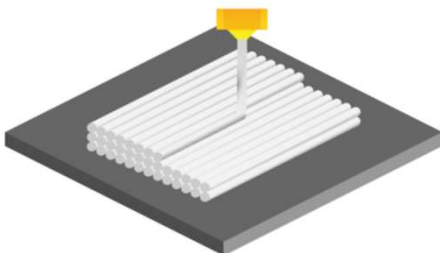
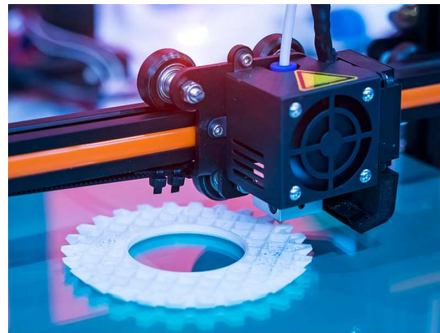
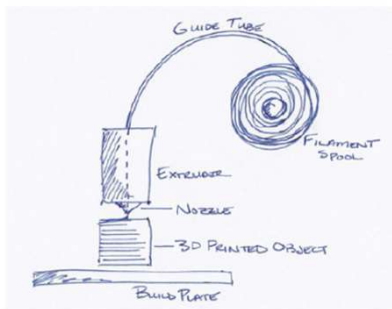
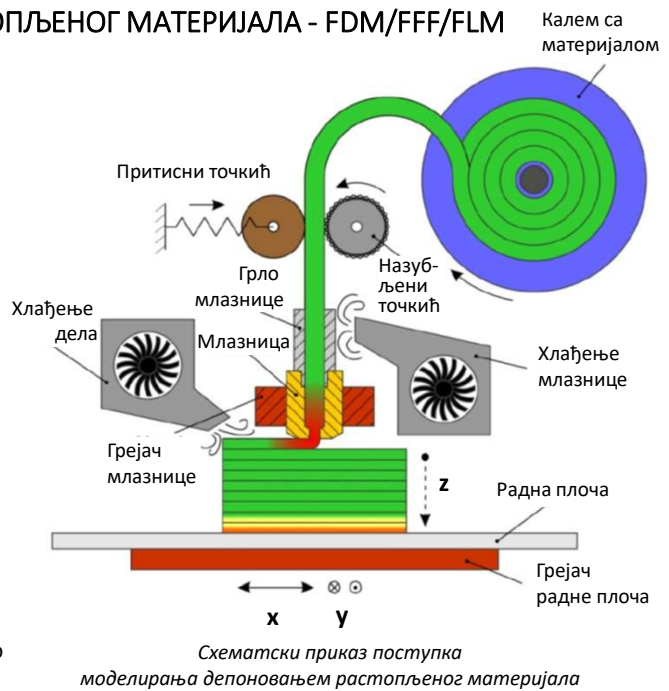
34. МОДЕЛИРАЊЕ ДЕПОНОВАЊЕМ РАСТОПЉЕНОГ МАТЕРИЈАЛА - FDM/FFF/FLM

Основни елементи система:

- Радна платформа (радна плоча која носи радни предмет, грејач, систем за регулисање корака), померљива по z-оси;
- Глава екструдера (склоп са грејачима, вентилатором за хлађење млазнице и точкићима);
- Изменљиве млазнице;
- Вентилатор за хлађење дела
- Калемови са материјалом за израду радног предмета и ослонаца.

Процес израде радних предмета, одвија се на основу следећих кључних корака:

- Термопластични филамент се одмотава са калема и увлачи се у екструдер;
- У електрично загреваној комори са контролисаном температуром, филамент се делимично отапа;
- Полуотопљени материјал се екструдира и депонује у танком слоју на радну плочу;
- По завршетку текућег слоја, радна платформа се инкрементално спушта за дебелину једног слоја и процес депонивања материјала се наставља, слој по слој, све док се не заврши израда радног предмета.



Glavne prednosti postupka:

- brzo i jeftino generisanje slojeva (nije potreban laser, manja potrošnja energije)
- lako i pogodno manipulisanje podacima
- velika sigurnost, ne zagađuje se sredina štetnim isparavanjima (nema potrebe za hlađenje/ventilacijom) i sl.
- mali gubici materijala (ako nema oslonaca-potpore, nije potrebno ni postprocesiranje modela)
- jednostavna upotreba - usled jednostavnosti, brza i laka instalacija sistema

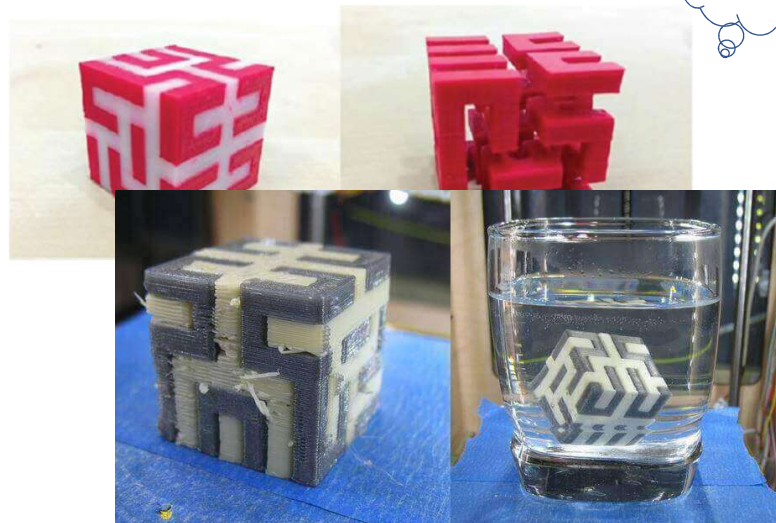
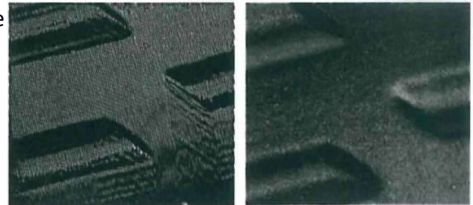
Glavni nedostaci:

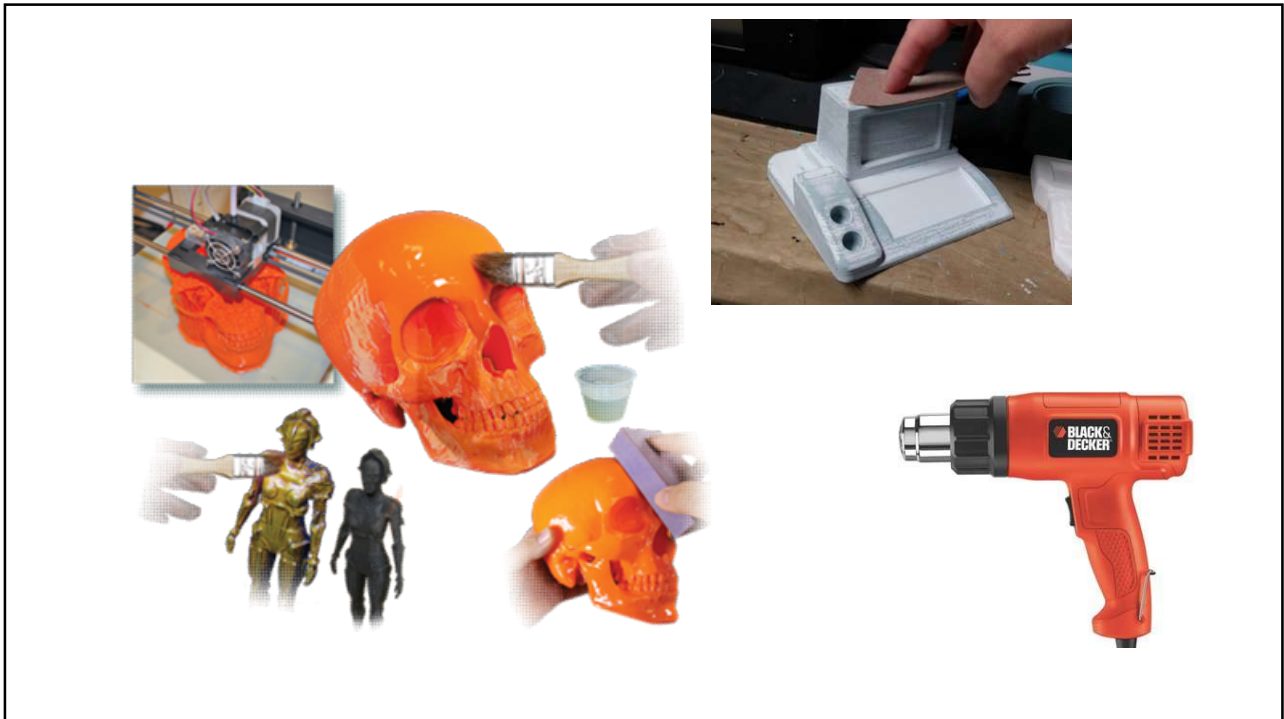
- funkcionalnost proizvoda ograničena izborom materijala
- često potrebna izrada oslonaca-potpore
- vidljive linije između slojeva
- čvrstoća proizvoda smanjena u smeru izrade slojeva
- nedovoljna tačnost koja proističe iz fizičke ograničenosti uslovljene debljinom žice (1,75/2,85 mm) koja je znatno veća nego debljina laserskog zraka
- opravdana primena samo za kompaktne delove, bez raznih izbočina, otvora, konzola i sl.

Postprocesiranje modela

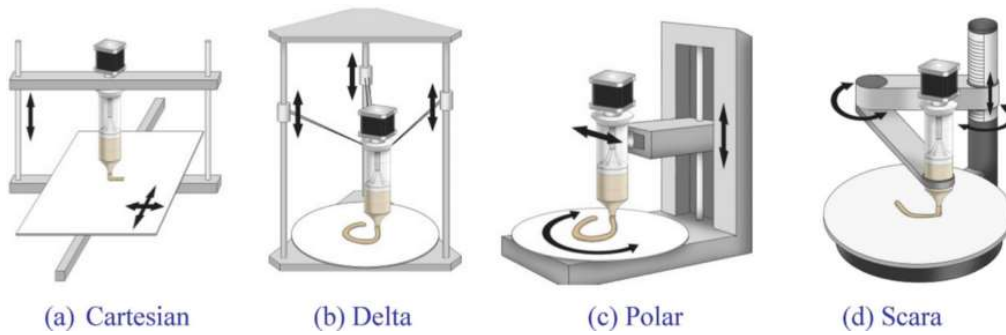
U opštem slučaju, ukoliko u toku izrade nije bilo potrebe za osloncima, FDM modeli se mogu koristiti bez posebne dorade, tj. postprocesiranja. U slučaju kada je potrebno postprocesirati, operacija obuhvata:

- Uklanjanje oslonaca i
- Poboljšanje kvaliteta površine.





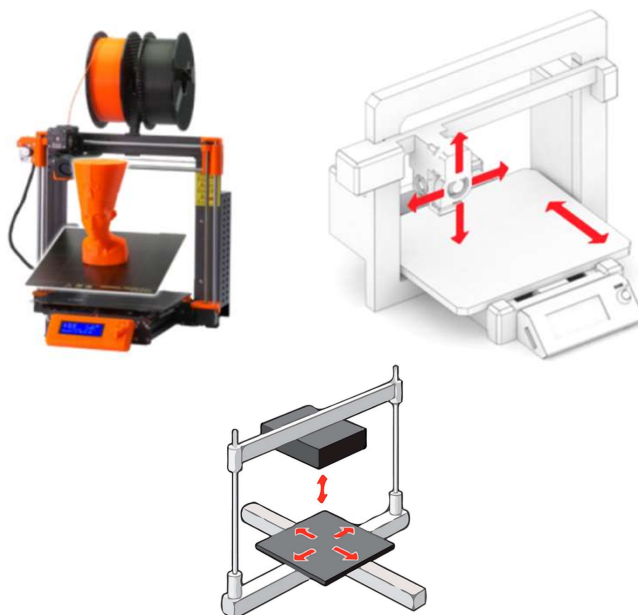
35. Podela FDM uređaja prema konstrukciji sistema za kretanje u X-Y ravni i Z pravcu



35. Podela FDM uređaja prema konstrukciji sistema za kretanje u X-Y ravni i Z pravcu

Pravougli (Dekartov) sistem

Desktop 3D štampači na bazi Dekartovog koordinatnog sistema, prepoznatljivi su po pravougaonoj osnovi. Upravljeni su po X, Y i Z osama koje su linearne i međusobno upravne. Zahvaljujući jednostavnoj geometriji kretanja, ovaj tip štampača ima jednostavnu konstrukciju i upravljački softver, što ga danas čini najzastupljenijim na tržištu, kako desktop, tako i profesionalnih uređaja.



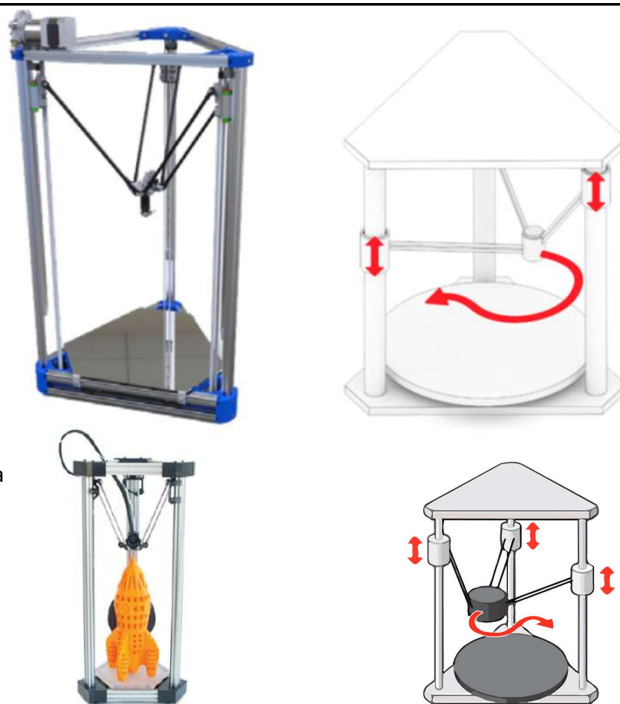
Delta sistem

Koristi tri poluge za upravljanje kretanjem glave ekstrudera 3D štampača.

Glava ekstrudera uvek zadržava paralelnost sa radnom pločom štampača, jer je kretanje poluga spregnuto. U odnosu na pravouglaste sisteme, delta sistem ne samo da radi većom brzinom, već i omogućava izradu modela veće visine.

Zahvaljujući specifičnosti konstrukcije, štampači sa delta konstrukcijom mogu da iskoriste veliku površinu za štampu koja je jedva nešto manja od same površine osnove štampača.

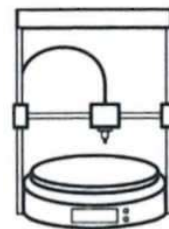
Nedostatak se ogleda u složenosti trigonometrijskog proračuna putanje glave ekstrudera, što znatno komplikuje izradu upravljačkog softvera. Iz ovog razloga ovaj tip štampača ima manju horizontalnu rezoluciju od pravouglavih tipova.



Polarni sistem

Uređaji na bazi polarnog koordinatnog sistema koriste dve ose za upravljanje kretanjem radne platforme u sprezi sa glavom ekstrudera. Takođe je omogućeno glatko i kontinuirano deponovanje filameta u okviru zahtevanog poprečnog preseka.

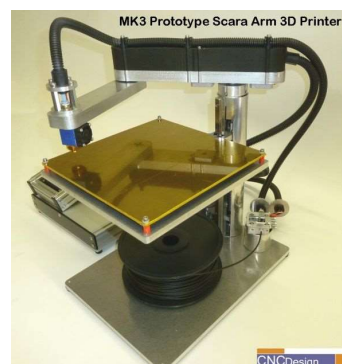
Nedostatak ovog sistema je potreba za složenom geometrijom rotacije radne platforme, koja, u slučaju modela većih dimenzija, rezultuje dimenzionim greškama, a takođe zahteva i složenije matematičke proračune, što otežava izradu upravljačkog softvera. Pored toga, pokretna radna platforma komplikuje praktičnu realizaciju zagrevanja radne ploče, koje je potrebno radi štampanja nekih materijala, npr. ABS, PA, itd.

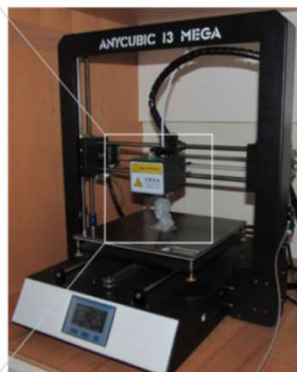


SCARA sistem

SCARA je engleski akronim za selektivno popustljivu artikulisanu robotsku ruku (Selective Compliance Articulated Robot Arm). Ovaj tip štampača raspolaže sa dve mehaničke ruke koje se savijaju u zglobovima, omogućavajući glavi ekstrudera da obavlja potrebna kretanja iznad radne ploče.

Mehaničke ruke koje poseduju dva članka i zglob, omogućavaju dobru artikulaciju pokreta, što je odlika i originalnih SCARA robota.





Heated bed



Frame



Stepper motors



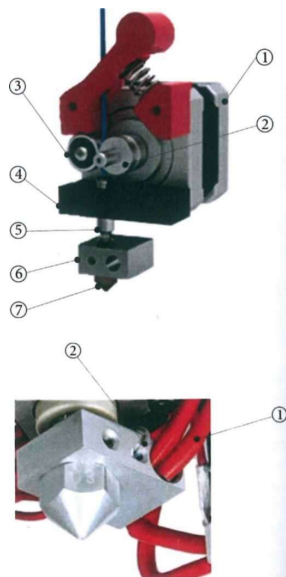
Mainboard

Package List Includes		
	Item	Quantity
1	3D Printer Controller RAMPs 1.4 Board	1
2	Arduino-Compatible Mega 2560 R3	1
3	A4988 StepStick Stepper Motor Driver Module	5
4	LCD 2004 Smart Display Controller	1
5	Smart Adapter	1
6	MK8 Extruder Hot-end & Cold-end	1
7	NEMA 17 Motor	4
8	MK3 Heatbed + thermistor and wire	1
9	Machanical Endstop + Cable	6
10	Filament	some
11	30cm Ribbon Cable	2
12	USB Cable	1

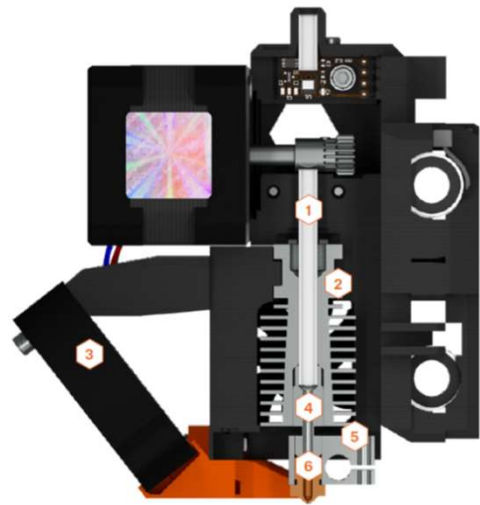


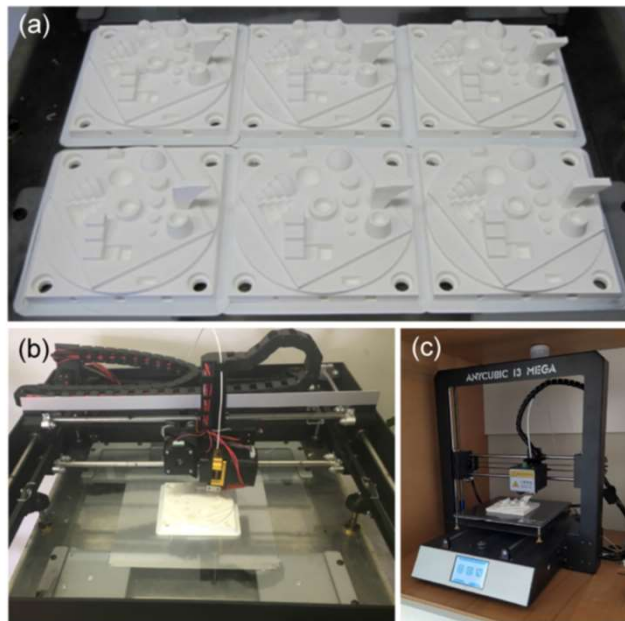
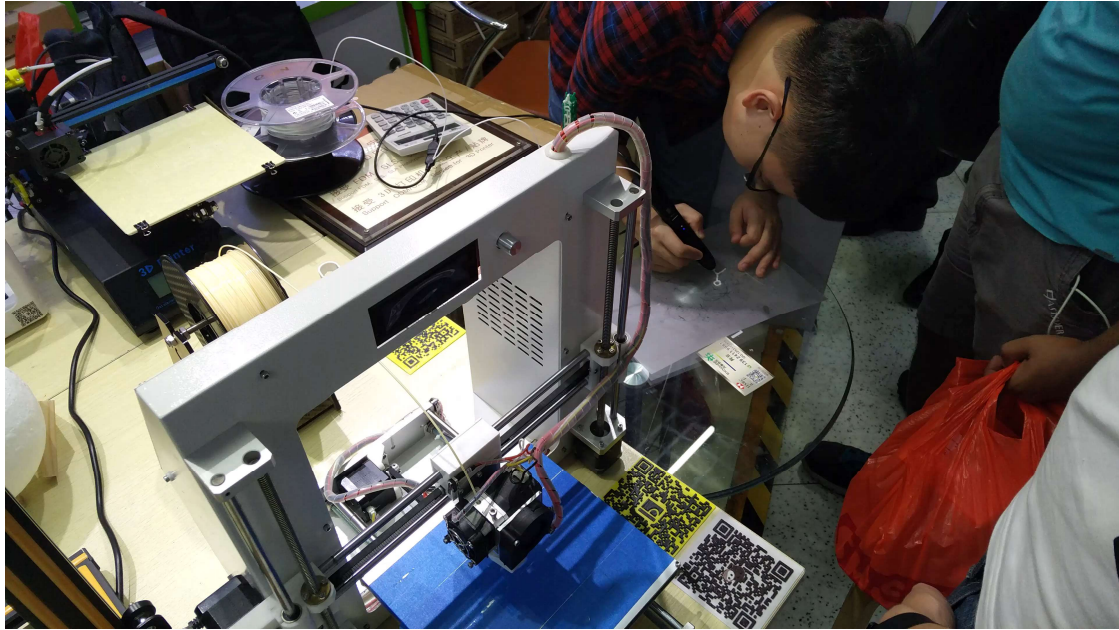
Osnovne komponente FDM ekstrudera

FDM ekstruder (bez kućišta)
 - (1) koračni motor, (2) nazubljeni točkić, (3) pritiski točkić, (4) toplotni ponor, (5) toplotna barijera, (6) komora za topljenje, (7) izmenjiva mlaznica.

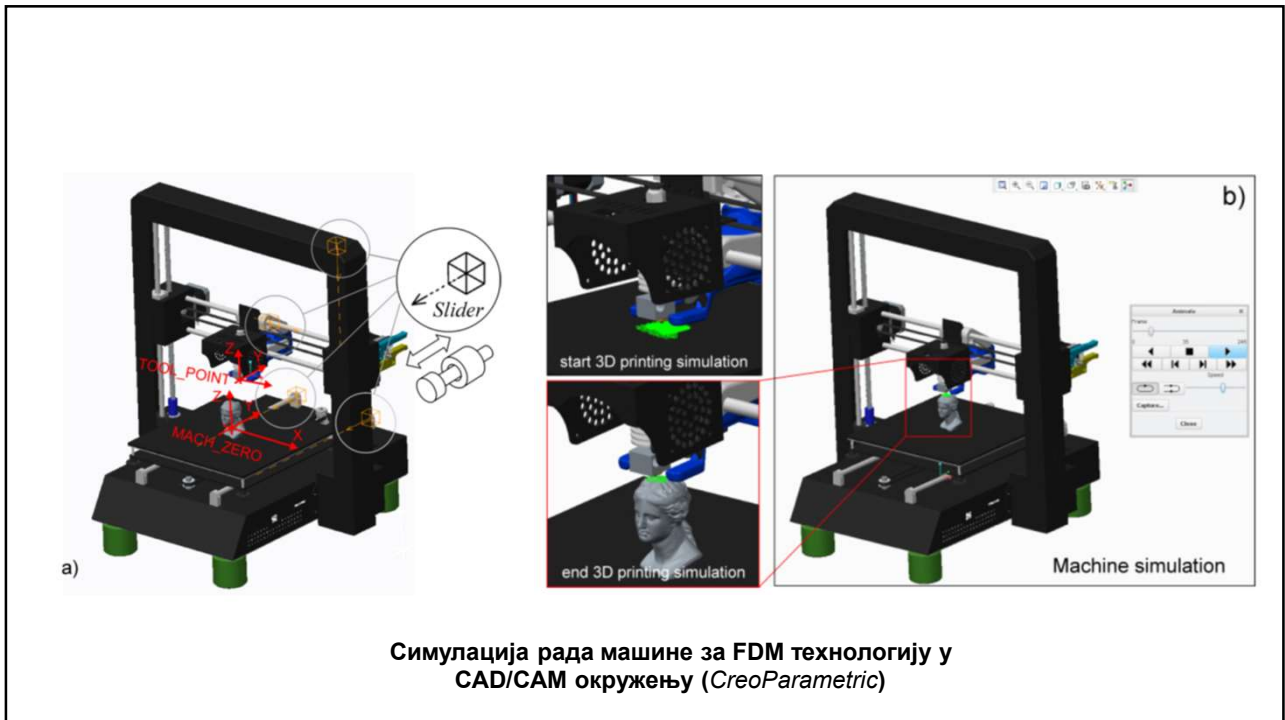
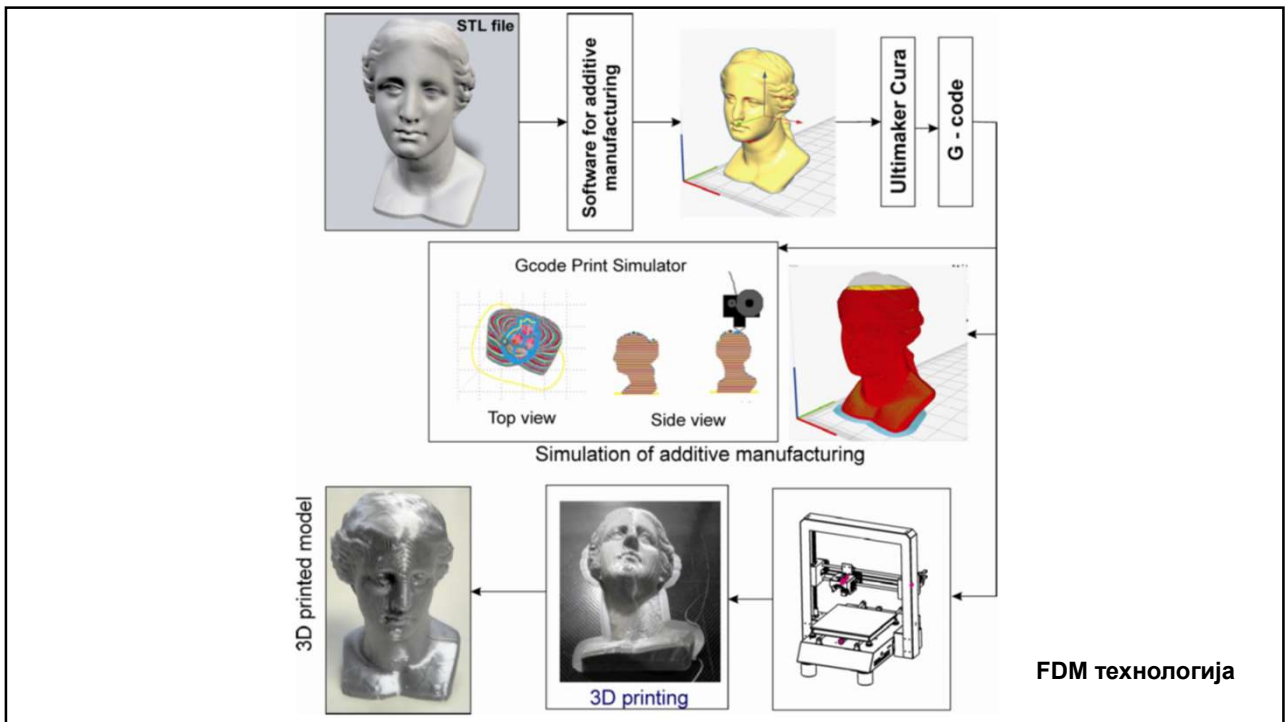


- Extruder
- 1 PTFE tube
 - 2 Heatsink
 - 3 Print fan
 - 4 Heat break
 - 5 Heater Block
 - 6 Nozzle





Производња уз FDM технологију



36. Osnovni tehnološki parametri FDM procesa







Postoji veći broj tehnoloških parametara koji u većoj ili manjoj mjeri utiču na različita fizičko-mehanička svojstva modela koji su izrađeni primenom FDM tehnologije. U najvažnije tehnološke parametre FDM tehnologije spadaju:

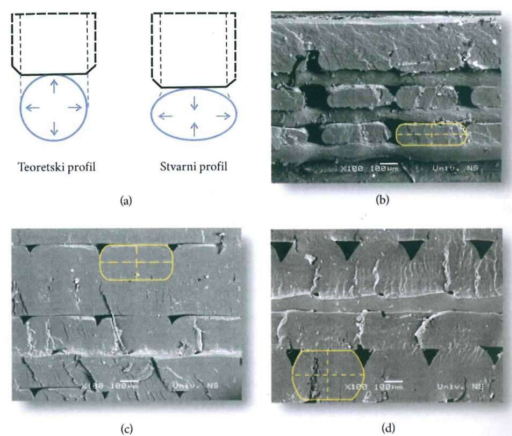
- **Debljina sloja;**
- **Temperatura ekstrudiranja;**
- **Brzina ekstrudiranja;**
- **Geometrijski parametri - ugao deponovanja, procenat ispune i širina bordure.**

36. Osnovni tehnološki parametri FDM procesa

Debljina sloja. Najčešće su tri standardne debljine sloja: 0.1, 0.2 i 0.3 mm, iako je na nekim tipovima mašina moguće raditi i sa debljinama ispod i iznad navedenih vrednosti, zavisno od prečnika izlaznog otvora mlaznice.

Iako se viskozni polimerni rastop istiskuje kroz mlaznicu sa kružnim otvorom, poprečni presek deponovane staze nikada ne odgovara kružnici.

Example Layer Heights		
	400 microns	.4mm
	300 microns	.3mm
	200 microns	.2mm
	100 microns	.1mm
	50 microns	.05mm
	20 microns	.02mm



Zavisnost oblika poprečnog preseka deponovane staze, od debljine sloja, na primeru prečnika mlaznice od 0.4 mm: (a), za debljine sloja od (b) 0.1 mm, (c) 0.2 mm i (d) 0.3 mm

36. Osnovni tehnološki parametri FDM procesa

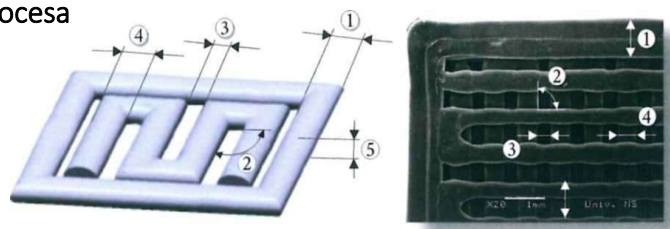
Temperatura ekstrudiranja zavisi od konkretnog tipa termoplastike i kreće se u širem rasponu. Kada su u pitanju najpopularniji materijali, PLA i ABS, temperature ekstrudiranja se kreću od 200 do 260 °C.

Brzina ekstrudiranja se takođe programski prilagođava vrsti materijala i temperaturi ekstrudiranja. Radi boljeg vezivanja za radnu ploču, prvi sloj se obično štampa smanjenom brzinom (30 - 50 mm/s), dok u ostalim slučajevima brzina može dostizati vrednosti između 90 i 120 mm/s.

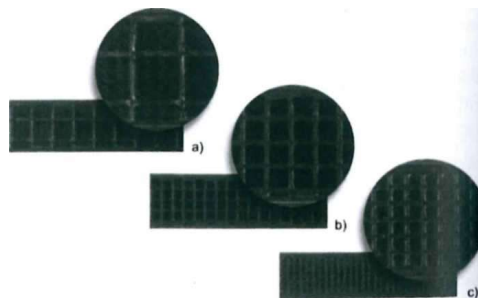
36. Osnovni tehnološki parametri FDM procesa

Geometrijski parametri

Gustina štampe, odnosno utrošak materijala, mogu biti kontrolisani ili direktnim zadavanjem procentualne vrednosti za ispunu ili, indirektno, zadavanjem parametara koji su prikazani na slici gore - širine deponovane staze i širine vazdušnog procepa. Procenat ispune se može kretati od 0 do 100%. Kada je u pitanju ispunjena od 0%, izrađuju se samo podni i krovni slojevi, kao i bordure, dok unutrašnjost konture ostaje nepopunjena. Na slici dole prikazani su uzorci štampani ispunama od 10, 20 i 30%. Pored uštede u materijalu, manja ispunjena značajno skraćuje i vreme izrade modela.



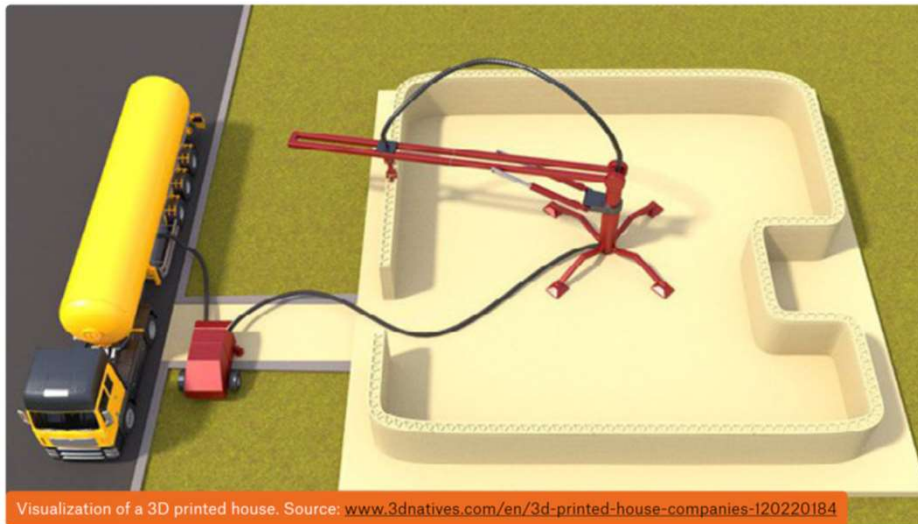
Osnovni geometrijski parametri prikazani na skici (a) i SEM snimku (b): (1) Širina bordure, (2) Ugao deponovanja (rastera), (3) Širina vazdušnog procepa, (4) Širina deponovane staze, (5) Debljina sloja.



Poprečni presezi uzoraka koji su izrađeni primenom različitih gustina deponovanja materijala: a) 10%, b) 20% i c) 30% ispune, sa naizmeničnim uglovima deponovanja, 0°/90°

Is it possible to print a house?

Yes, there's already a number of successful attempts using concrete or similar materials. It works the same way as 3D printing with plastics.



Metal Fused Filament Fabrication (MFFF) Bound metal deposition (BMD)

3D štampa funkcionalnih metalnih delova

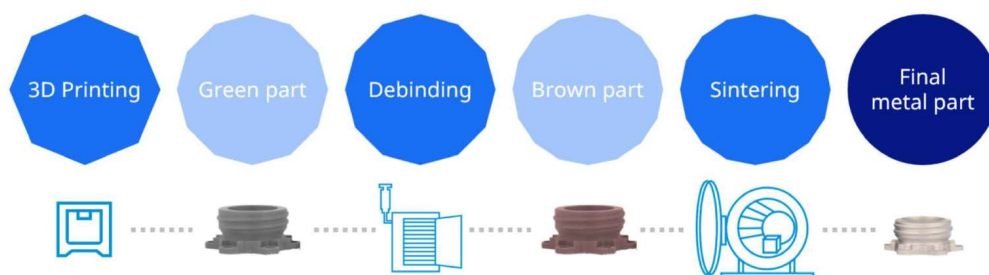


Figure 1: The Metal FFF process **Proces deponovanja metalnih materijala**