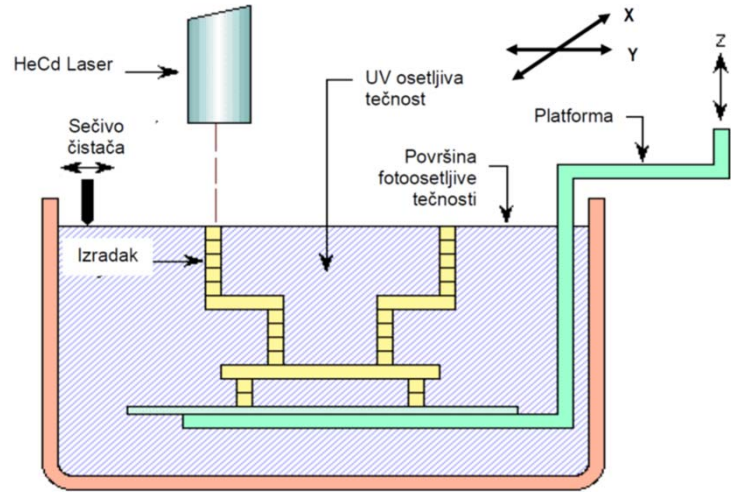
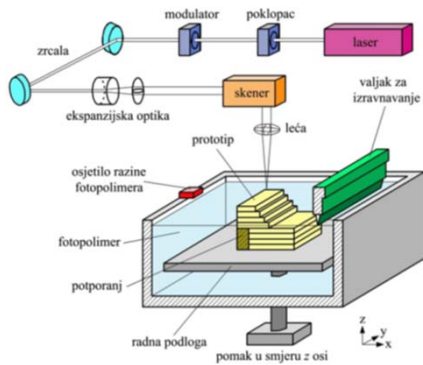


9. Стереолитографија

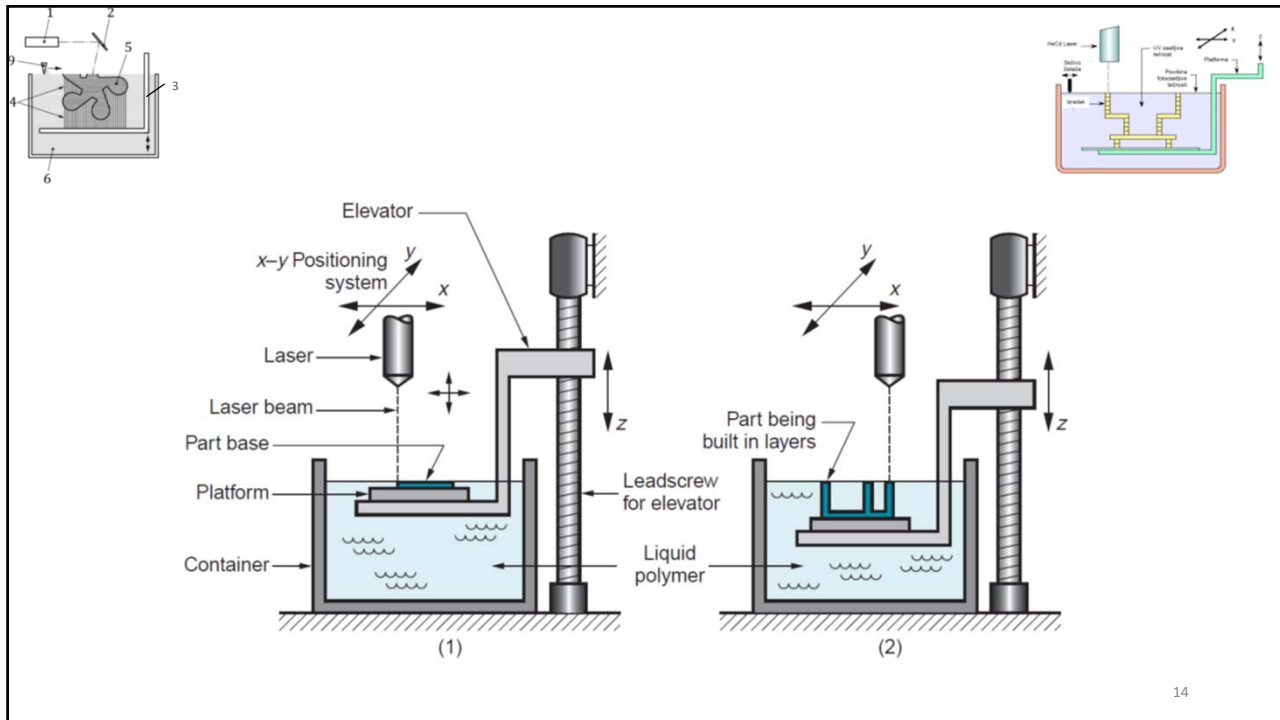
Stereolithography (SLA)

Стереолитографија је прва комерцијална адитивна технологија која се појавила на тржишту.



Шема процеса стереолитографије (SL)

13

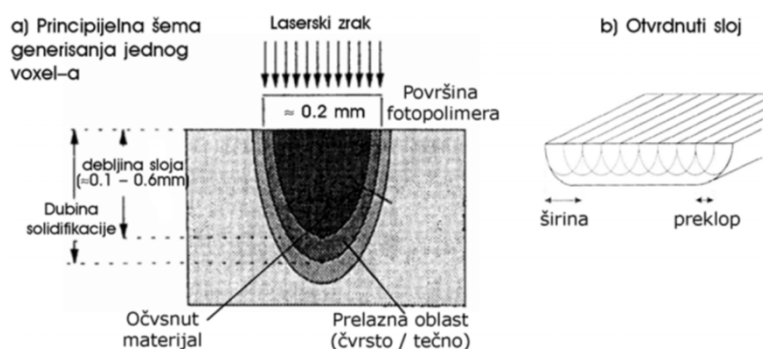


14

Поступци на бази солидификације флуида

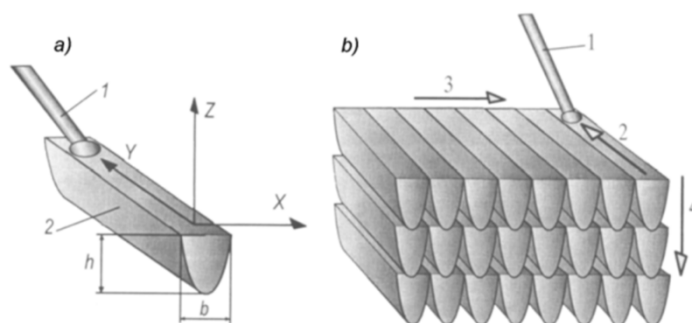
Сви поступци стврдњавања течних материјала темеље се на принципу фотополимеризације (*photopolymerisation* н). Ако се такве течности осветле ултраљубичастом лампом или ласерском светлошћу, долази до њиховог отврдњавања. Извор светлости је најчешће ласер. Преко одговарајућих уређаја ласерски зрак усмерава се на полимер, при чему је путања зрака управљана рачунаром, у складу са креираним геометријским подацима за сваки слој понаособ. Само отврдњавање полимера по дубини под утицајем ласерског зрака остварује се у виду полуцилиндра (тзв. *voxel/a*).

Солидификација (очвршћавање) радног флуида (полимера)– одвија се на следећи начин: када се флуид изложи УВ или ласерској светлости, он одмах отврдне због ниске енергије апсорпције. Отврдњавање се обавља у виду *voxel/a* (мала запремина отврднутог флуида у облику полуцилиндра –



Процес полимеризације –
очвршћавања фотополимера

15



Формирање структуре слојева

а) појединачни очврснути слој (h – висина, b – ширина очврснутих линија, 1 – ласерски снап, 2 – очврснута линија),
б) међусобна констелација појединих очврснутих слојева, 1 – ласерски снап, 2 – смер померања ласерског снопа, 3 – корачни посмак ласерског снопа, 4 – корачно спуштање радног стола

16

Области примене стереолитографије

Стереолитографија има бројне примене како у индустрији тако и у другим гранама људске делатности. Неке од основних области примене СЛ су:

- Израда нултих серија делова
- Пробни алати пре процеса производње
- Модели који се користе у медицинске сврхе
- Израда обликованих електрода за електроерозиону обраду
- Провера налегања и односа делова у склопу
- Израда прототипова делова из аутомобилског, авионског и свемирског програма
- Израда калупа и матрица за ливење како метала и легура тако и пластике.

17

Неки од најпознатијих произвођача машина и уређаја за стереолитографију су:

- 3D Systems, SAD
- Electro Optical Systems, Nemačka
- Fockele&Schwarze, Nemačka
- Mitsubichi, Japan
- Mitsui, Japan
- Teijin Seiki Co., Japan...

18

10. Стереолитографија - предности и недостаци

Предности:

- Израда делова које није могуће изградити само једним комерцијалним поступком
- Могућност непрекидног рада без надзора 24 сата
- Нема ограничења по питању геометријских облика
- Поједини делови се могу користити за употребу без накнадне обраде
- Могућа је израда модела различитих боја у зависности од фотополимера који се користи
- Израда делова које је немогуће или врло тешко и компликовано изградити другим конвенционалним поступцима.
- Брза и ефикасна израда
- Могућност брзих измена модела

Недостаци:

- Захтевна и компликована анализа редоследа обраде
- Неопходна потпорна структура код модела са испустима, конзолама...
- Прецизност је нижа него код конвенционалних поступака
- Ограничена је примена због својстава коришћених материјала
- Неопходне су додатне обраде попут чишћења, уклањања потпора и помоћних делова који служе за учвршћивање и укрупњавање делова...
- Релативно скупа опрема и материјал од кога се израђују прототипови
- Скупо одржавање
- Неопходна је високообразована стручна радна снага

19

Стереолитографија – Fockele & Schwarz

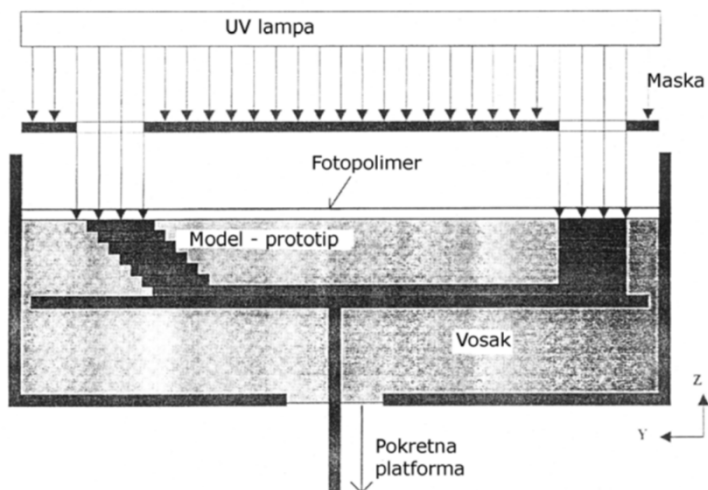
Fockele & Schwarz (Немачка) – исти принцип као 3D Systems

Предност је у интеграцији са CAD програмом Pro/Engineer у ком израда појединих слојева се изводи директно у оригиналном 3D моделу производа, а не на STL датотеци (где при конвертовању може доћи до грешака)

20

11. Топографски поступак

Solid Ground Curing (SGC)



Принцип Solid Ground Curing поступка

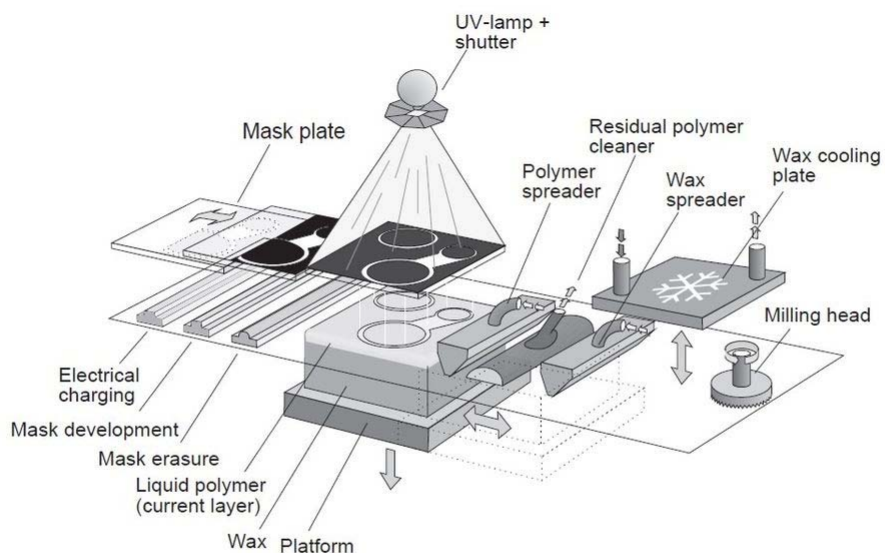
Генерисање маске

Јонографија, слична Херох поступку
„Развијање“ плоче –
електростатичко пуњење
тонером.

Генерисање слоја

Одстрањивање течног
полимера
Восак за испуну шупљина који
се охлади.
Вишак воска са првог слоја се
уклања поступком сличном
глодању.

21



Схематски приказ топографског поступка

22

Предности овог поступка:

- Цео слој отврдњава у исто време. На тај начин се скраћује време процеса.
- Време осветљавања не зависи од комплексности геометрије слоја у x – z равни.
- Због истовременог осветљавања модела не појављују се унутрашњи напони у моделу, па се остварују висока тачност и квалитет модела.
- Не постоји потреба за ослонцима/потпорама на моделу, јер ту улогу преузима восак.
- Нема ограничења с аспекта геометрије модела.
- Нема штетних испаравања фотополимера или је оно сведено на најмању меру и то због тога што је фотополимер за време процеса веома кратко време у течном стању.
- Уз мале измене процес се може примењивати и за израду воштаних модела за ливење.

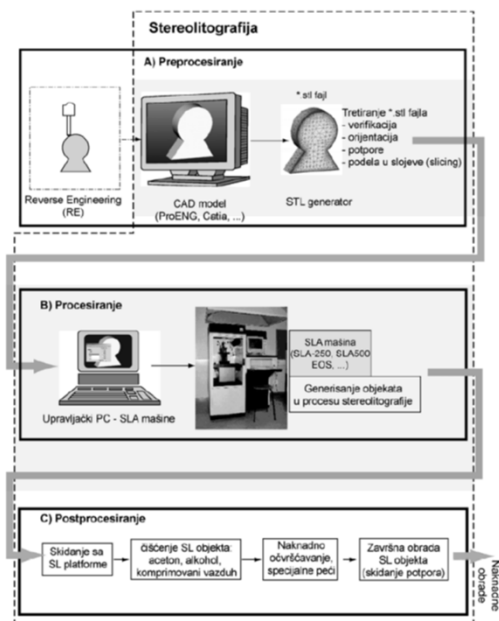
Поље примене СГЦ слично је као и код СЛ, с тим што ова технологија омогућава и израду веома малих уреза/жлебова (и до 0.1 мм). На тај начин могуће је креирати и покретне делове модела или мале механизме, зупчанике и сл. Могуће је израдити делове веома комплексних конфигурација. Нема ограничења у смислу израде, на пример, дубоких отвора, великих испуста, танких зидова и сл.

Недостаци поступка:

- Комплексност процеса, уређаја и машина.
- Потребно је веома обучено особље.
- Бучност у раду.
- Велика потрошња воска који не може бити рециклиран.
- Скидање воска на крају циклуса генерисања сваког појединачног слоја релативно је сложено и скупо.
- Далеко најскупљи РП поступак, те је стога пре примене потребно извршити техно-економску анализу и испитати оправданост примене.

23

Стереолитографија - процес



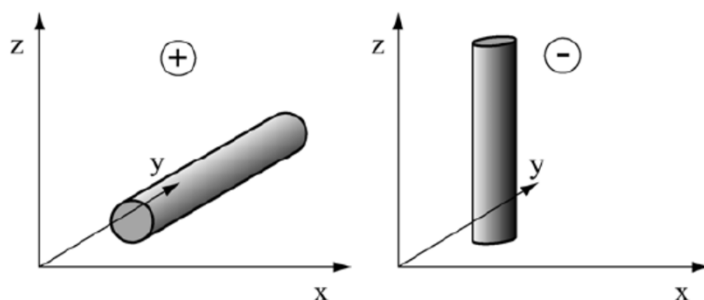
Блок-шема комплетног процеса стереолитографије

24

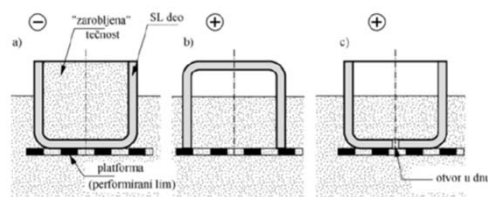
A – Preprocesiranje

To je faza u kojoj se odvija sledeće:

- Kreiranje CAD modela. Ovaj model može se generisati na više načina: postupkom Reverse Engineeringa, direktnim CAD postupkom, koristeći neki od postojećih softvera (Catia, ProEng,...). Pored toga mogu se koristiti i matematički podaci, medicinski ili podaci o poprečnim presecima (više o tome u poglavlju 8). Objekat o kome je reč mora biti reprezentovan zatvorenim površinama. Podaci o modelu treba da specifikuju unutrašnje i spoljašnje površine kao i granice modela. Na taj način se obezbeđuje da su svi horizontalni preseki prikazani zatvorenim krivim linijama.
- Aproksimacija CAD modela u model čija je spoljna površina u obliku diskretne mreže trouglova. CAD datoteka (na primer tipa *.prt (ProENGINEER)) pretvara se u *.stl datoteku (Stereolithography file). Za to se koristi specijalni softver ili poseban CAD interfejs. Generisanje *.stl datoteke se naziva tesaliranje ili facetiranje. Tako generisana datoteka se zatim verifikuje.
- Obrada *.stl pomoću specijalnog softvera.

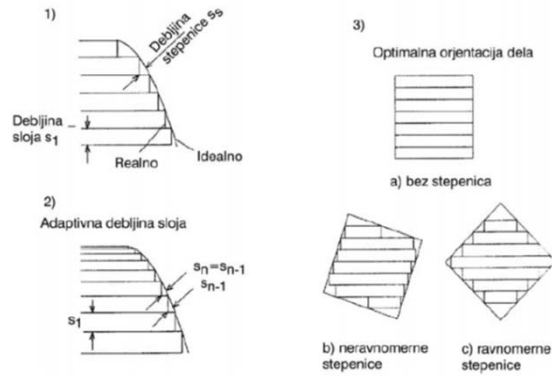


25



Sl. 3.8. »Zarobljena« tečnost (zatvorene zapremine)

26



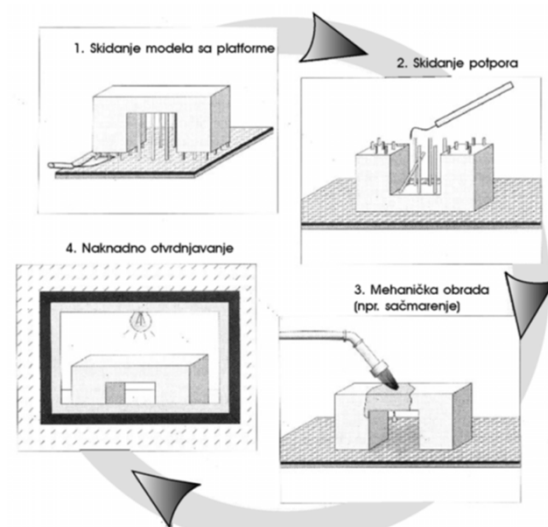
Sl. 3.9. Stepeničastost modela

Постпроцесирање

Стереолитографском полимеризацијом модел не очврсне стопостотно. Дефинитивну чврстоћу модел добија тек у тзв. фази постпроцесирања.

Фаза постпроцесирања обухвата следеће (сл.3.16):

- скидање објекта са платформе
- чишћење објекта
- накнадно очвршћавање објекта
- завршну обраду објекта, са скидањем потпора



Reference

1. Gibson I, Rosen W.D, Stucker B, Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing, Springer, 2010.;
2. Gebhardt A, Heotter J.S, Additive Manufacturing, 3D Printing for Prototyping and Manufacturing, Hanser Gardner Publications, 2016.;
3. Godec D, Šercer M, Aditivna Proizvodnja, Fakultet Strojarsva i Brodogradnje, Zagreb, 2015.
4. Lužanin O, 3D Štampa, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2019.
5. Plančak M, Brza Izrada Prototipova Modela i Alata, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2014.
6. Stritesky O, Prusa J, Bach M, Basics of 3D Printing with Josef Prusa, Prusa REsearch, Prague 2019.;