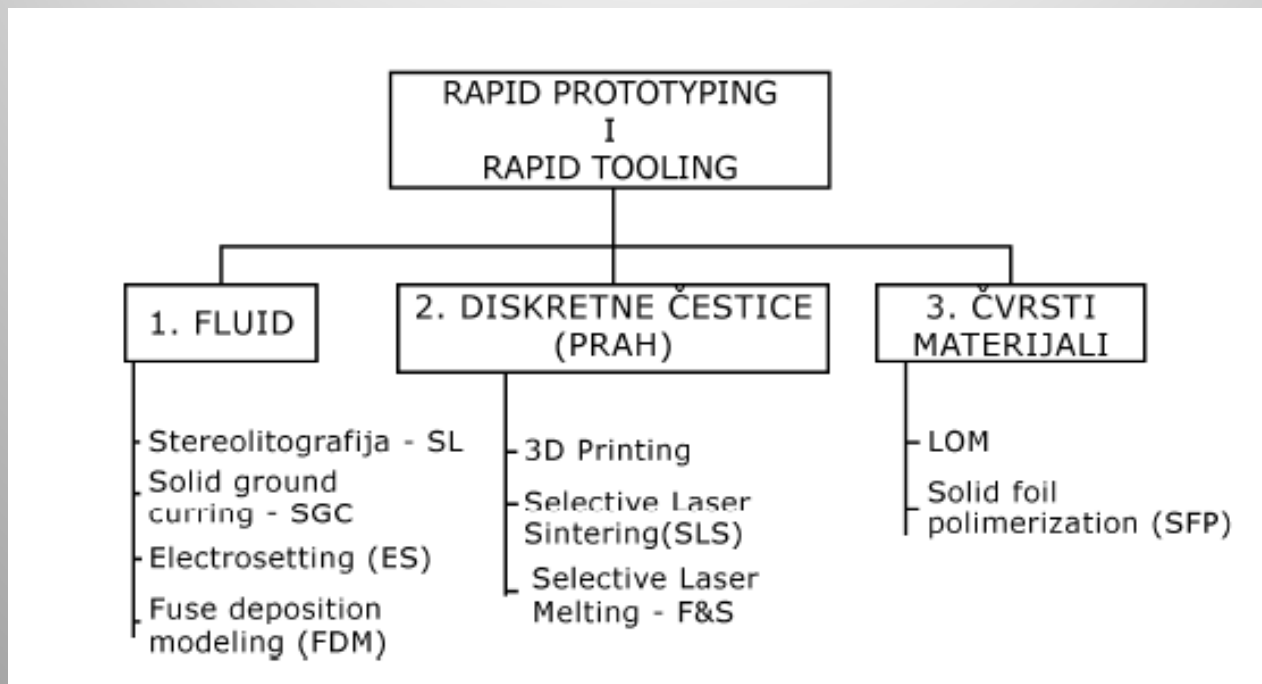


# **Brza izrada prototipova i alata**

Nastavnik:  
Doc. Dr Mladomir Milutinović

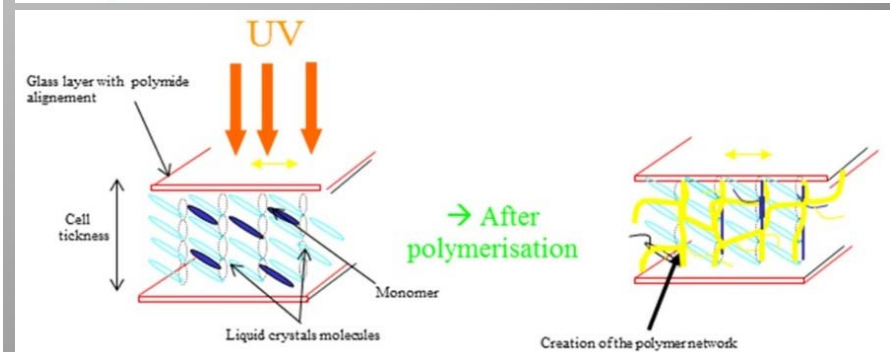
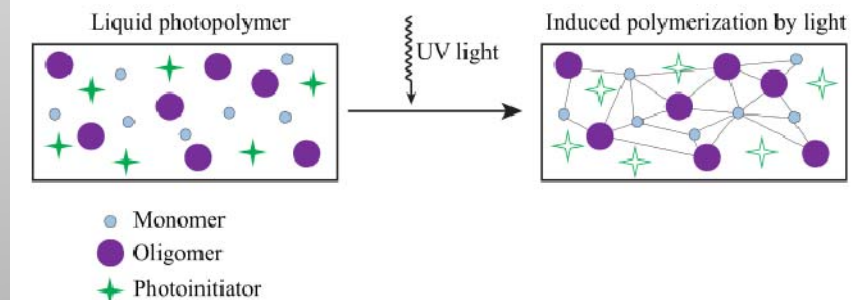
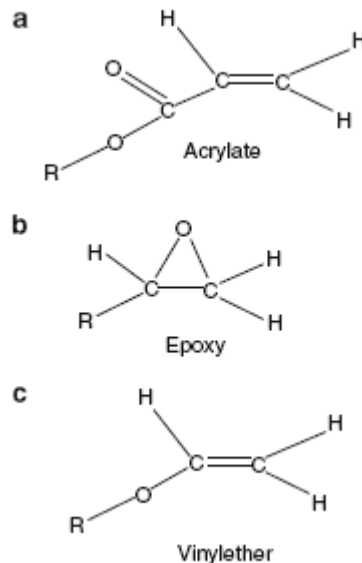
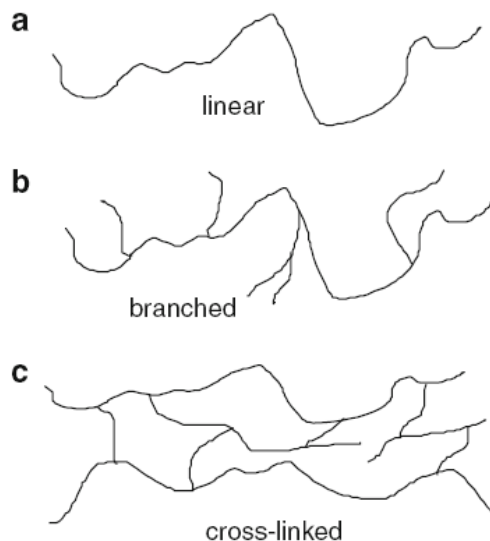
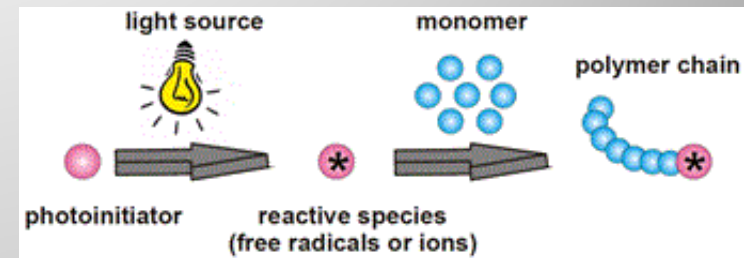
Asistent:  
Dejan Movrin

# Vrste i podela RP i RT procesa

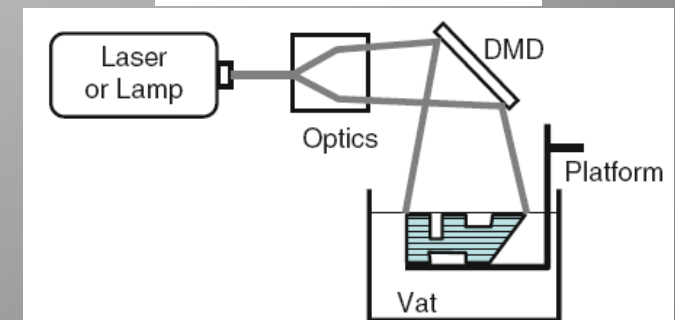
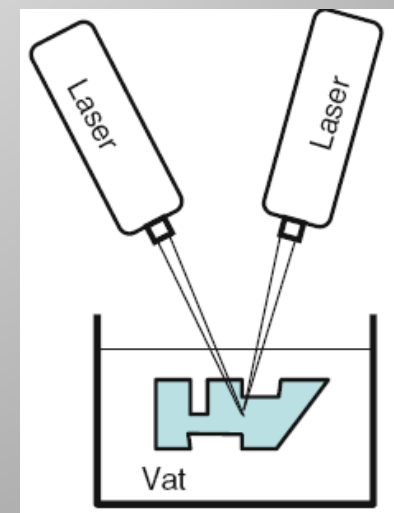
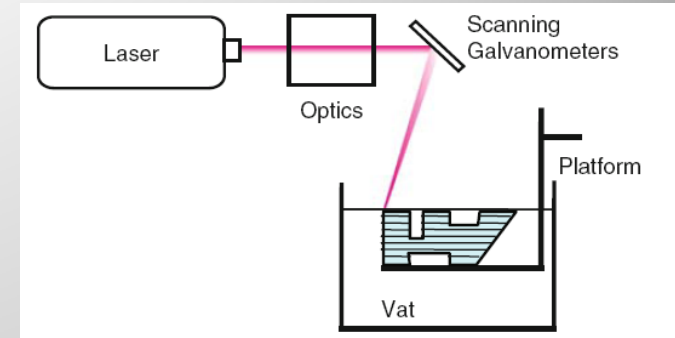
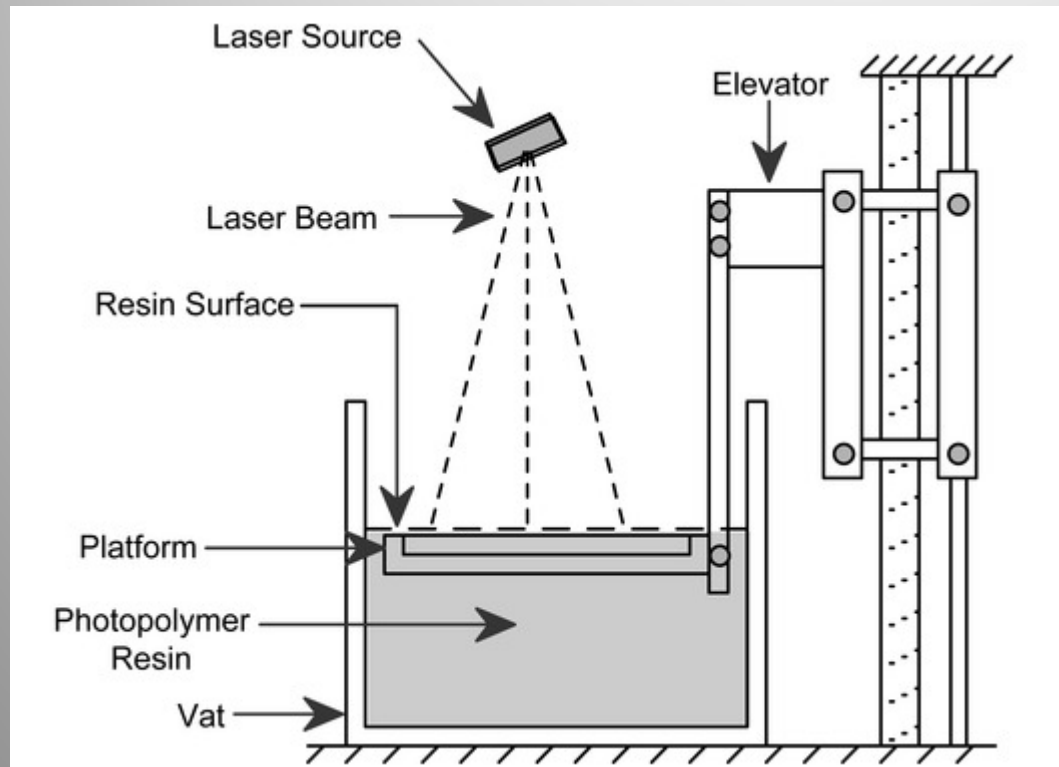


# Postupci na bazi solidifikacije fluida

- Fotopolimerizacija
- Ultraljubičasta svetlost, laserski zrak, vidljivi spektar svetlosti, gamma rays, X-rays, electron beams,
- Fotopolimer (na bazi epoksi ili akrilat smola)
- Egzotermna reakcija
- Dve vrste reakcija
  - Free-radical photopolymerization – acrylate
  - I Cationic photopolymerization – epoxy and vinylether



# Postupci na bazi solidifikacije fluida



# Postupci na bazi solidifikacije fluida

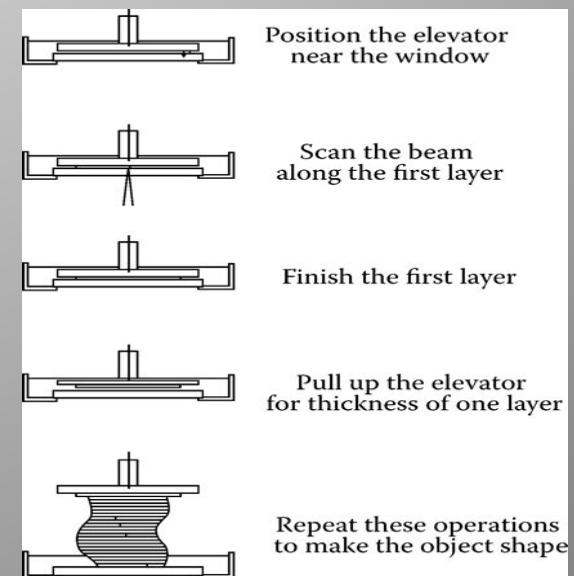
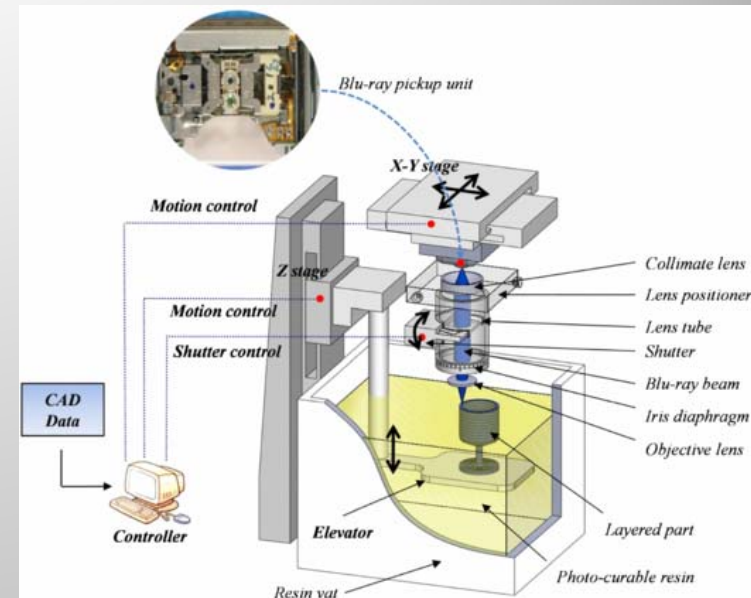
Solidifikacija (očvršćavanje) monomera može se odvijati na dva različita načina :

## Free surface mode:

Solidifikacija se javlja na interfejsu rastop/vazduh. U ovom režimu, mora se voditi računa da se izbegnu talasi ili nagib površine tečnosti, što bi ugrozilo konačnu dimenzionalnu rezoluciju. U svakom koraku se lift pomera prema dole (izrada odozgo prema dolje).

## Fixed surface mode:

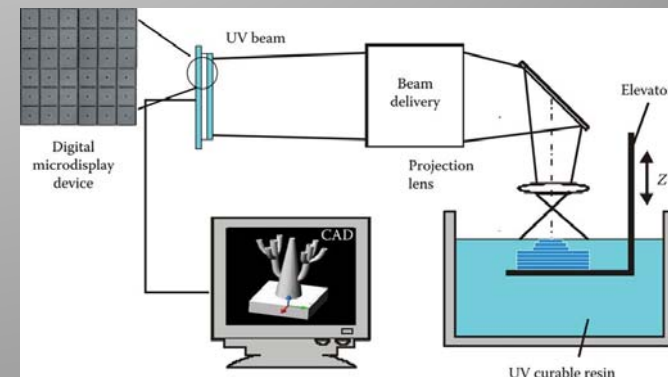
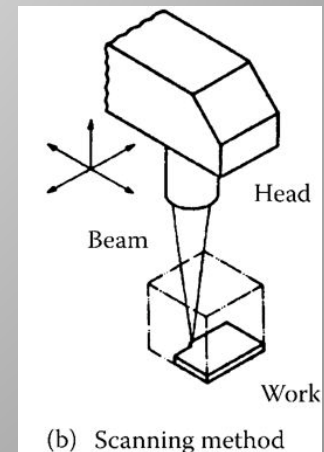
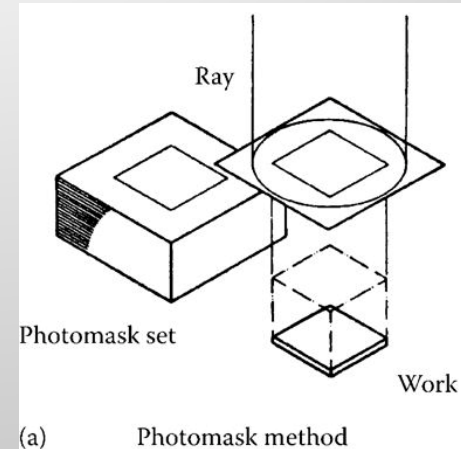
Rastop se čuva u kontejneru/spremniku sa providnom prozorskom pločom, a solidifikacija se javlja na stabilnom interfejsu prozora / smole. U ovom režimu, lift se kreće na gore (izrada odozdo prema gore)



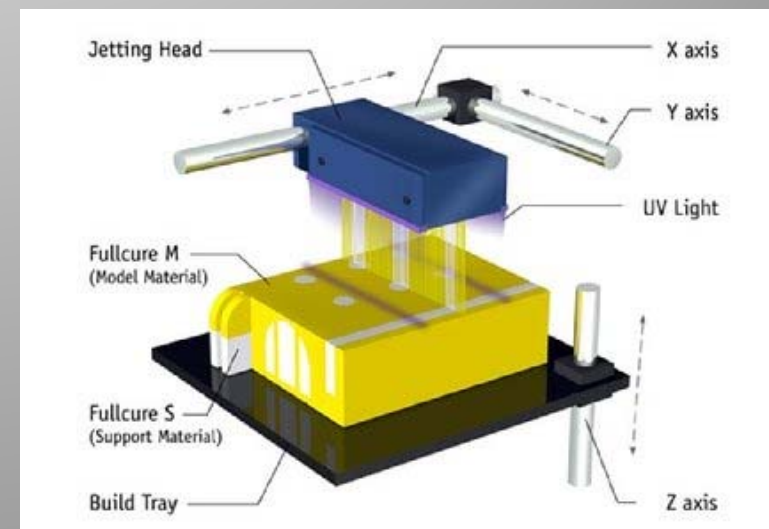
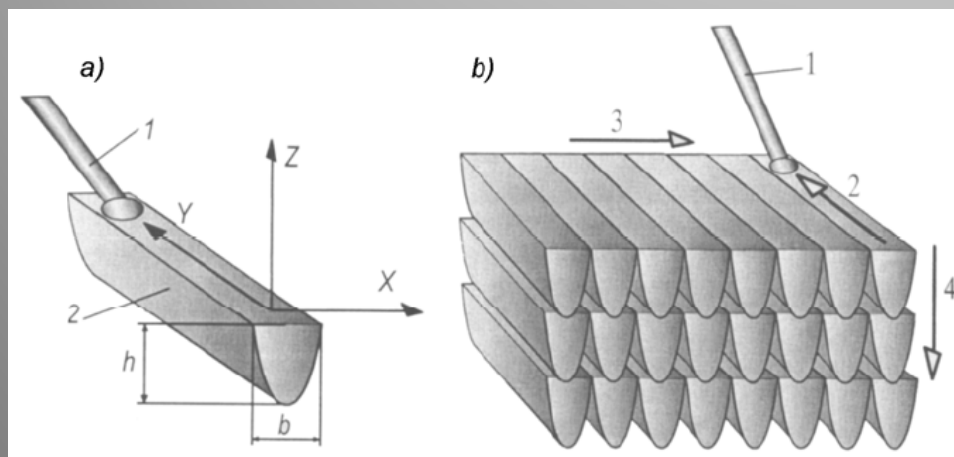
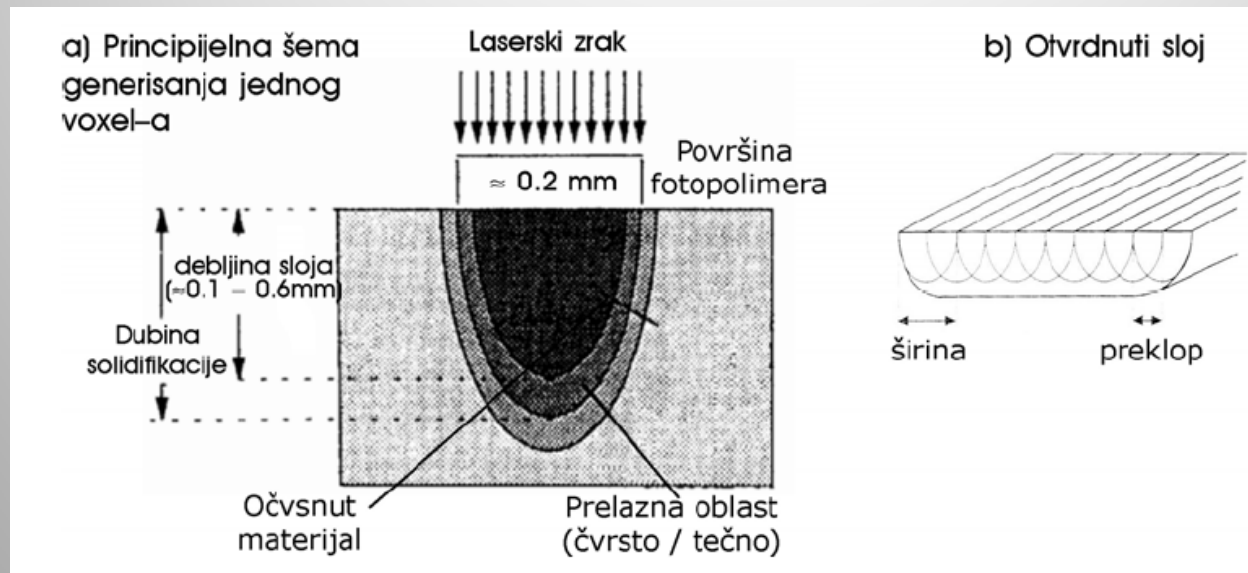
# Postupci na bazi solidifikacije fluida

Two fundamental process variations exist:

- **Scanning stereolithography.** The laser beam is rastered onto the surface. Parts are constructed in a point-by-point and line-by-line fashion, with the sliced shapes written directly from a computerized design of the cross-sectional shapes.
- **Projection stereolithography.** A parallel fabrication process in which all the voxels in a layer are exposed at the same time; the topology to be printed on each layer is defined by 2D shapes (masks). These 2D shapes are either a set of real photomasks or digital masks defined on a DLP projector.



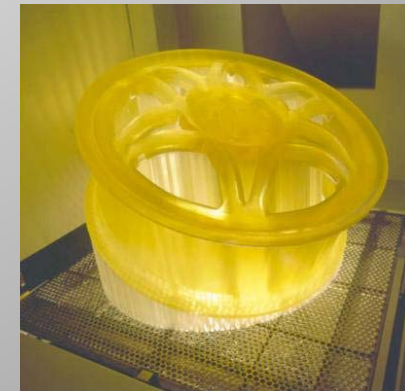
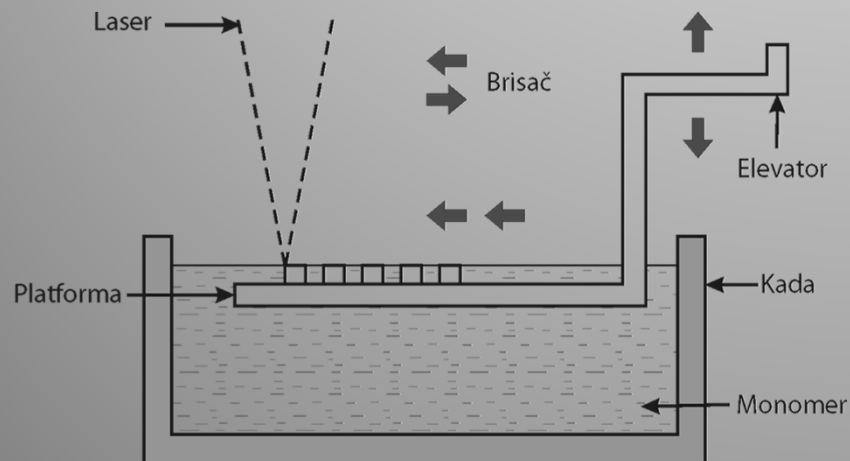
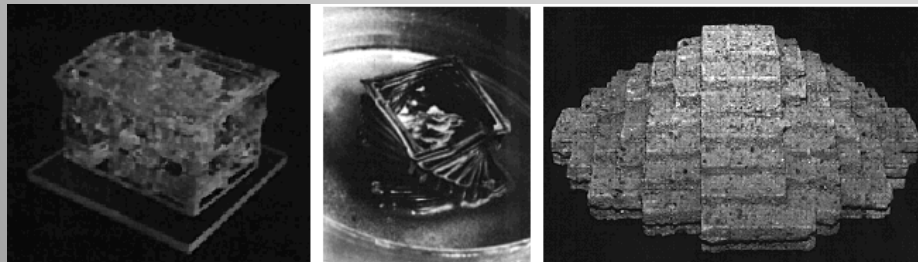
# Postupci na bazi solidifikacije fluida





# Stereolitografija – SL, SLA

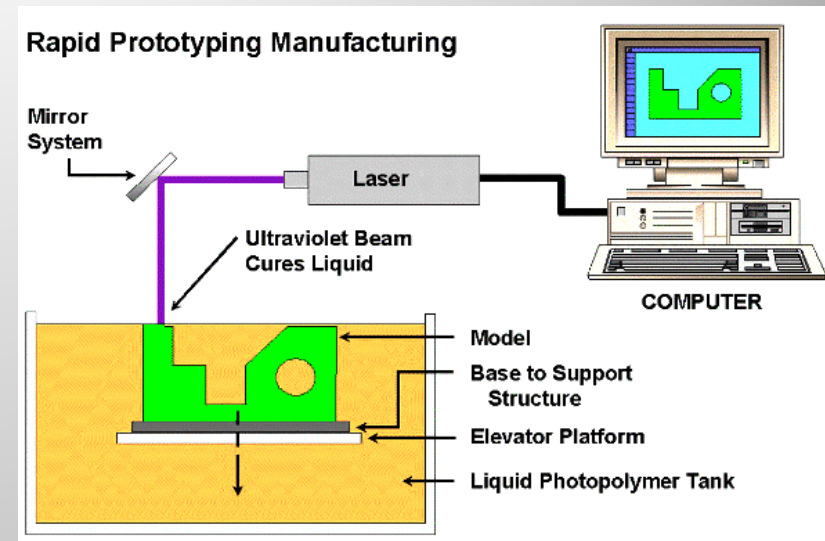
- 1986 - Čarls Hal, 3D System, USA
- 1987-1988 - Prvi komercijalni SLA uređaj
- Fotopolimerizacija





# Stereolitografija

1. A structure support base is positioned on an elevator structure and immersed in a tank of liquid photosensitive monomer, with only a thin liquid film above it
2. A UV laser locally cross-links the monomer on the thin liquid film above the structure support base
3. The elevator plate is lowered by a small prescribed step, exposing a fresh layer of liquid monomer, and the process is repeated
4. At the end of the job, the whole part is cured once more after excess resin and support structures are removed



A suitable photosensitive polymer must be very transparent to UV light in uncured liquid form and very absorbent in cured solid form, to avoid bleeding solid features into the layers underneath the current one being printed.

# Stereolitografija

## Glavne prednosti

- ✓ Mogućnost izrade delova/modela koje nije moguće proizvesti konvencionalnim postupcima.
- ✓ Tačnost izrade (oko 0,05 mm u x-y ravni)
- ✓ Mogućnost izrade delova različitih dimenzija
- ✓ Mogućnost kontinualnog odvijanja procesa (non-stop rad).
- ✓ Transparentnost materijala.
- ✓ Širok izbor materijala
- ✓ Kvalitet površine

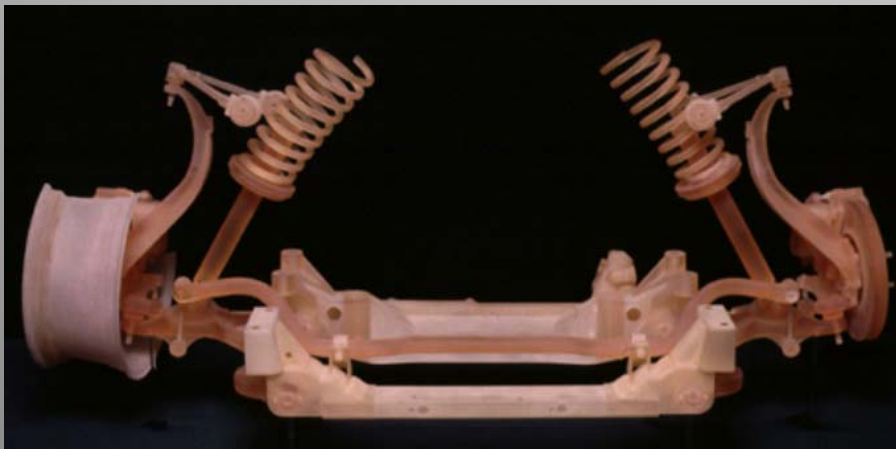
## Nedostaci procesa

- Veoma sofisticirane sekvence procesa.
- Kvalitet lasera promenljiv, cena lasera visoka.
- Naknadno očvršćavanje
- Neophodnost potpora-oslonaca.
- Relativno skupo održavanje/čišćenje.
- Čvrstioća, elastičnost i osetljivost na visokim temperaturama ponekad ne zadovoljavaju potrebne zahteve.
- Toksičan materijal
- Postprocesiranje

# Stereolitografija

## Primena SLA

- ❖ Modeliza konceptualizaciju, pakovanje i prezentaciju
- ❖ Prototipovi za dizajn, analizu, verifikaciju i funkcionalna ispitivanja
- ❖ Deloviza prototipove alata i alate za maloserijsku proizvodnju
- ❖ Kalupi i mustre za precizno livenje i livenje u pesku
- ❖ Alati za stege i mašinsku obradu.



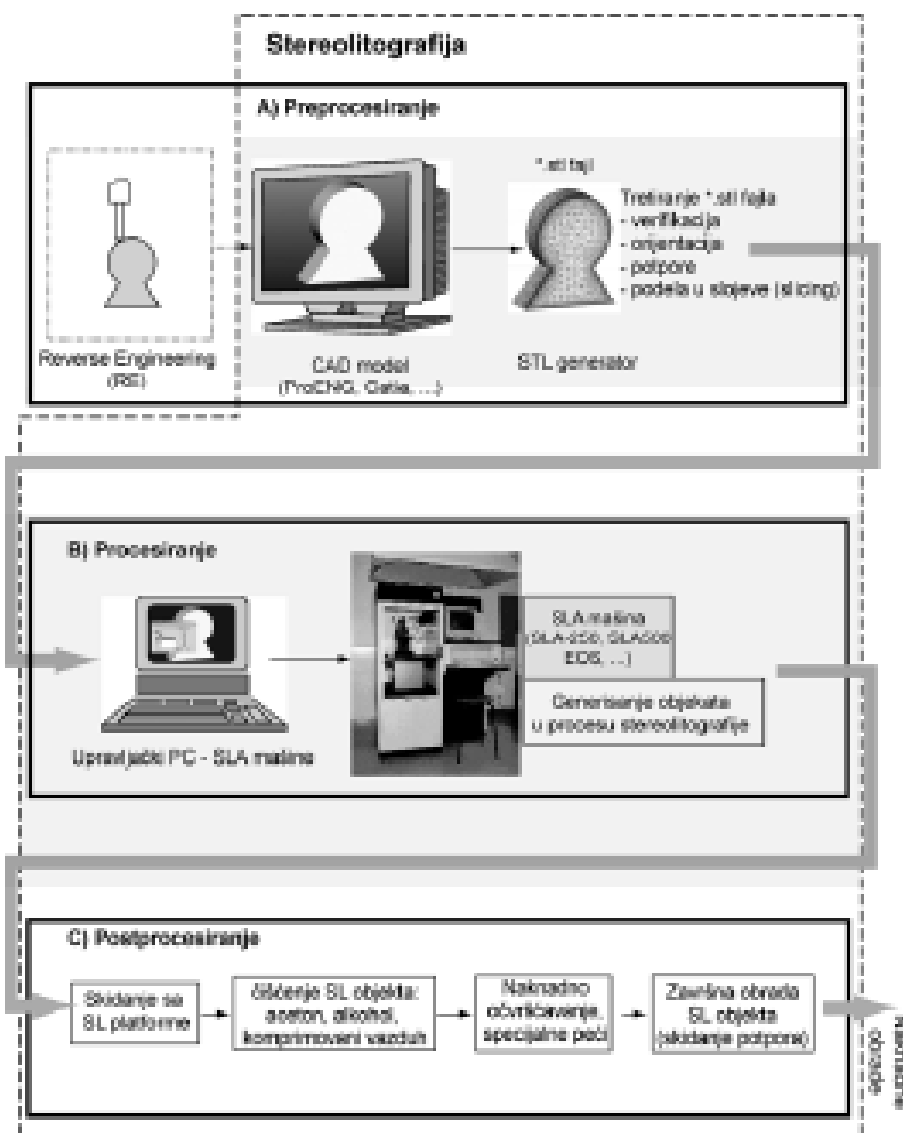
# Stereolitografija

## Faze postupka

A – Preprocesiranje

B – Procesiranje

C – Postprocesiranje



# Stereolitografija

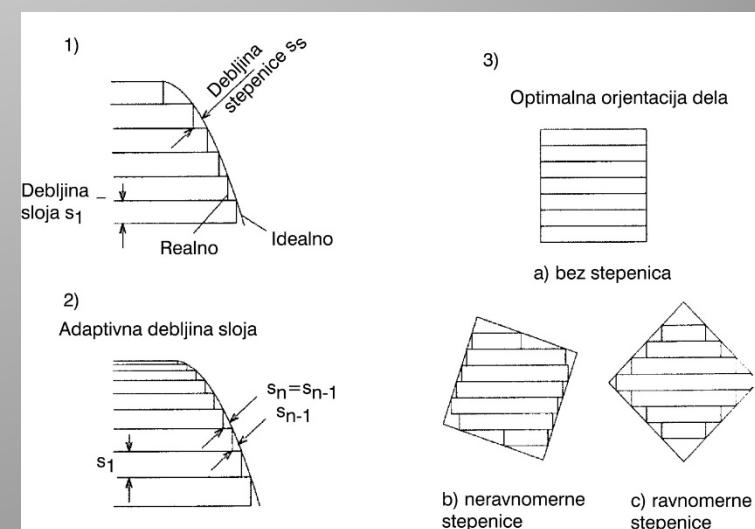
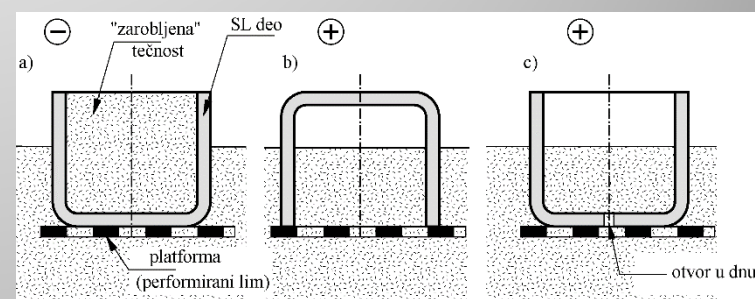
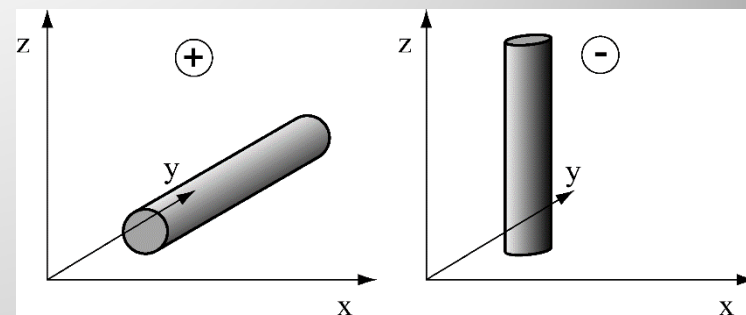
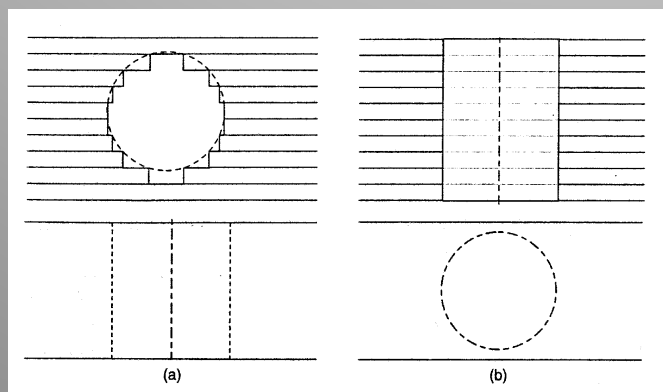
## Preprocesiranje – faze

- Kreiranje CAD modela.
- Generisanje \*.stl datoteke. (aproksimacija CAD modela u model čija je spoljna površina u obliku diskretne mreže trouglova. datoteke se naziva tesaliranje ili facetiranje. Tako generisana datoteka se zatim verifikuje.
- Obrada \*.stl pomoću specijalnog softvera (na primer Lightyear). Tom prilikom definiše se orijentacija objekta, generišu se potpore, definišu se pojedinačni slojevi .

# Stereolitografija

## Preprocesiranje – orijentacija objekta

- ☐ Svaki objekat mora biti smešten u pozitivni x, y, z CAD prostor
- ☐ Rastojanje između objekta i CAD koordinatnog početka treba da je što manje
- ☐ Visinu objekta treba minimizirati
- ☐ Potrebno je obezbediti mogućnost brzog i efikasnog sušenja dela i to tako da se smanji udeo zona na objektu koje mogu zadržavati fotopolimer nakon procesa.
- ☐ Pogodnom orijentacijom minimizirati broj nagnutih površina kako bi se smanjio negativni “efekat stepenica”.
- ☐ Krivolinijske konture kreirati u horizontalnoj ravni jer se veća rezolucija može postići u horizontalnoj ravni nego u vertikalnoj.

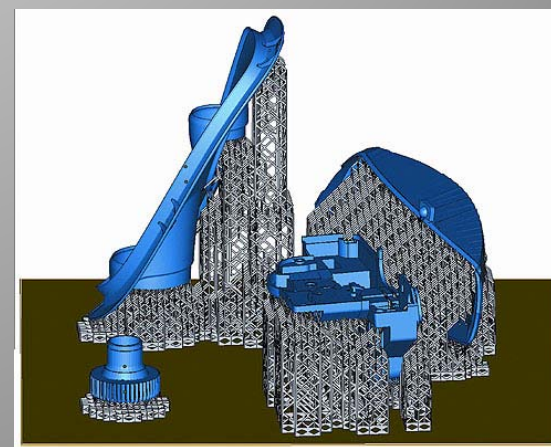
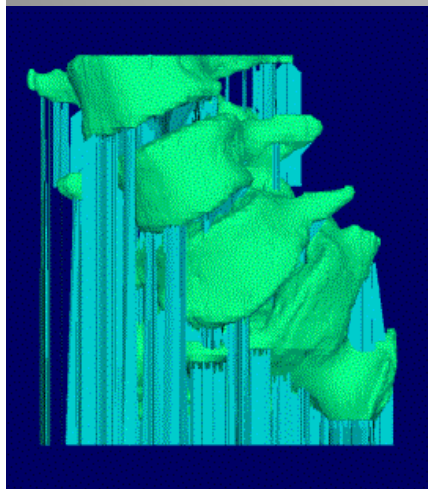
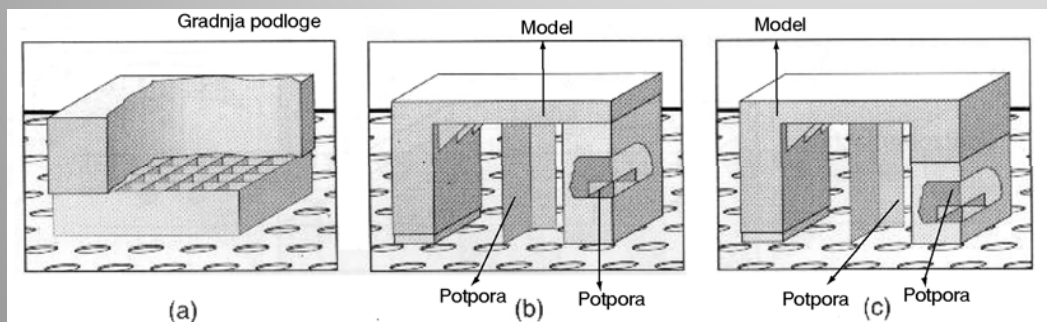




# Stereolitografija

## Preprocesiranje – oslonci (potpore)

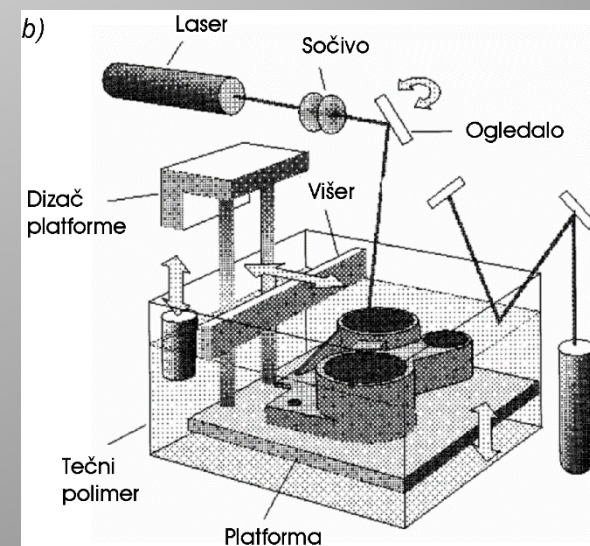
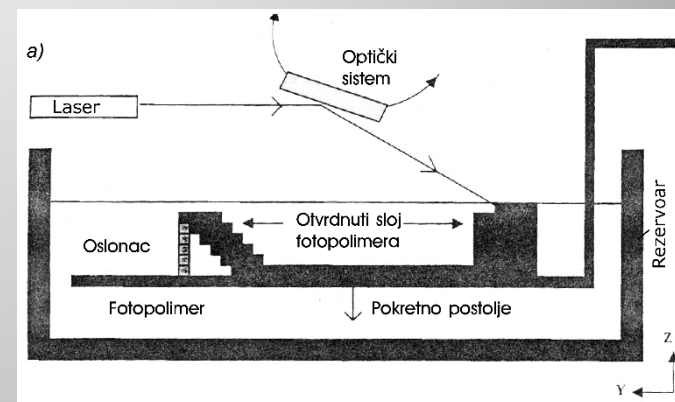
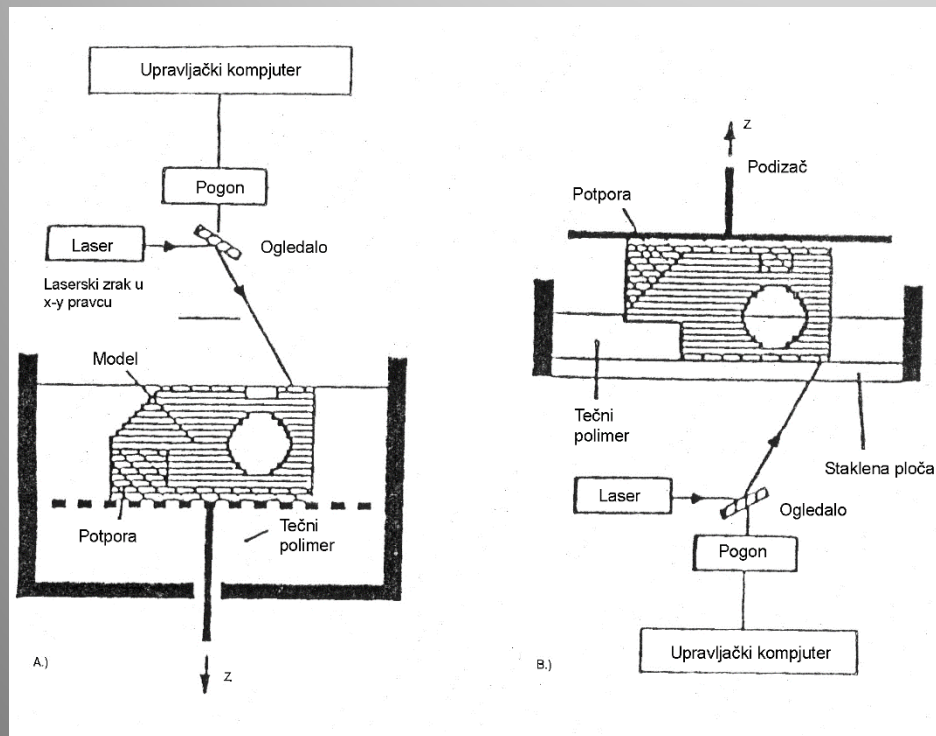
- ☐ Odvajanje objekata od platforme radi lakšeg skidanja
- ☐ Da se obezbedi čvrsto “ukotvljavanje” objekta za platformu
- ☐ Da se spreče neželjene deformacije objekta za vreme procesiranja.



# Stereolitografija

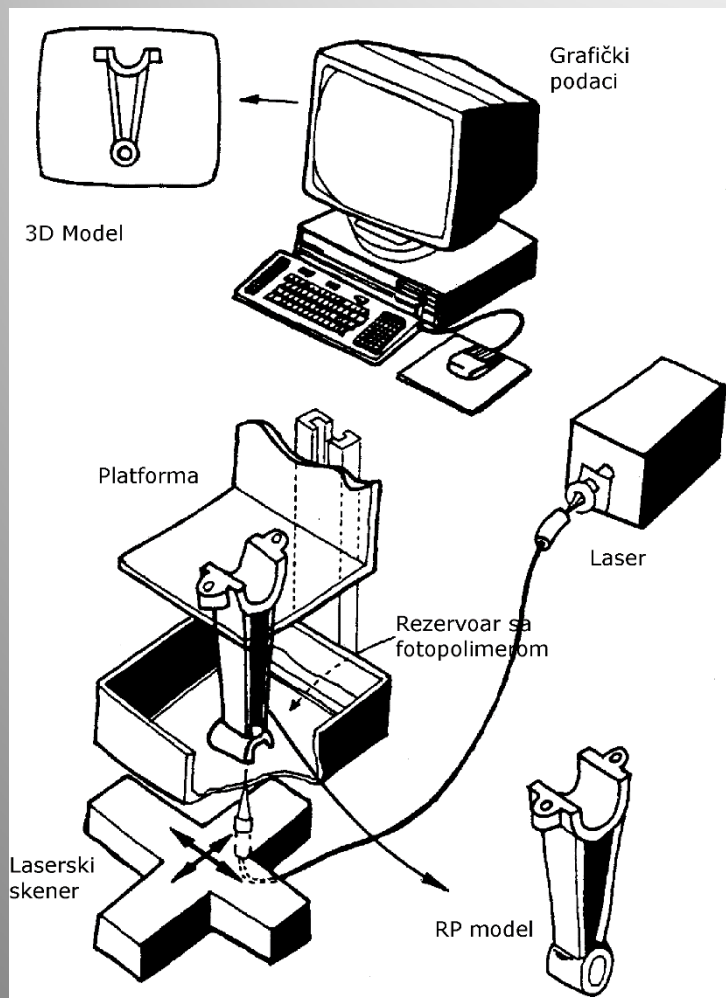
## Procesiranje

- ❖ Računar
- ❖ Kontrolne aktivnosti (aktiviranje lasera, provera nivoa fotopolimera itd.)
- ❖ Generisanje fizičkog modela



# Stereolitografija

## Procesiranje

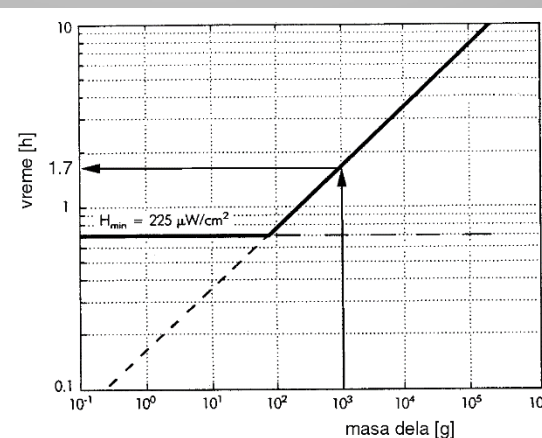
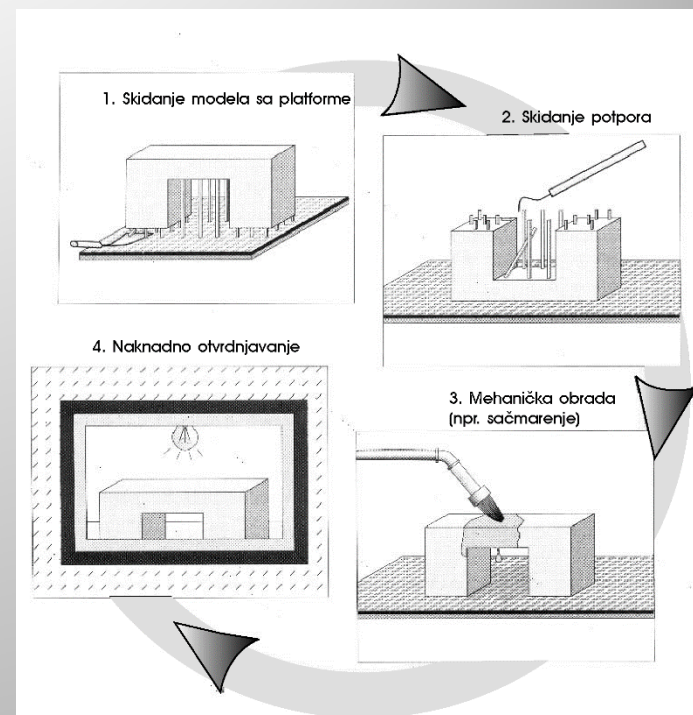




# Stereolitografija

## Postprocesiranje

- ☐ skidanje objekta sa platforme
- ☐ čišćenje objekta
- ☐ naknadno očvršćavanje objekta (post curing)
- ☐ završna obrada objekta sa skidanjem potpora







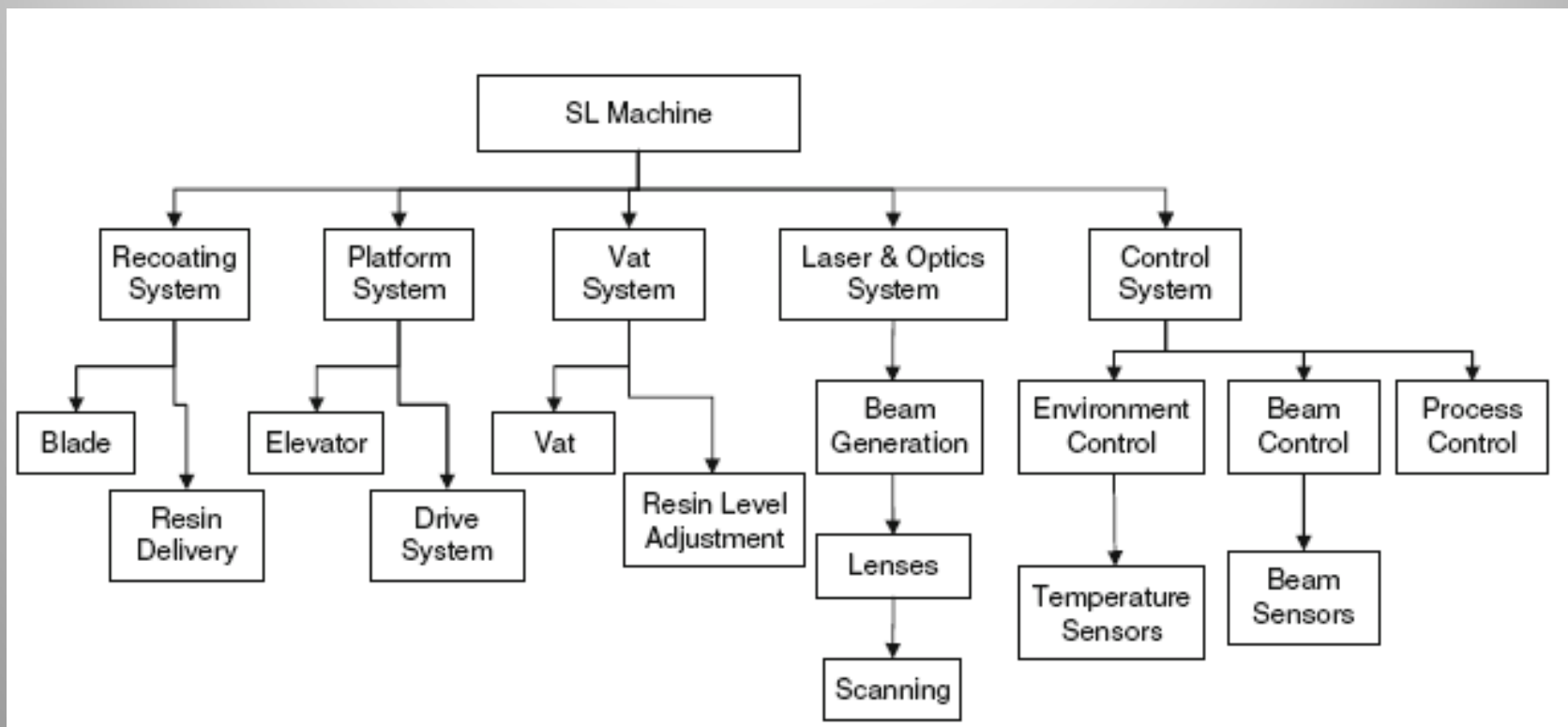


# Stereolitografija

## Faktori koji utiču na kvalitet dela:

- ☐ Fizičke i hemijske karakteristike fotopolimera
- ☐ Brzina i rezolucija optičkog sistema
- ☐ Snaga, talasna dužina i vrsta lasera
- ☐ Veličina laserskog zraka
- ☐ Nanošenje (premazivanje) slojeva fotopolimera
- ☐ Naknadno očvršćavanje

# Stereolitografija

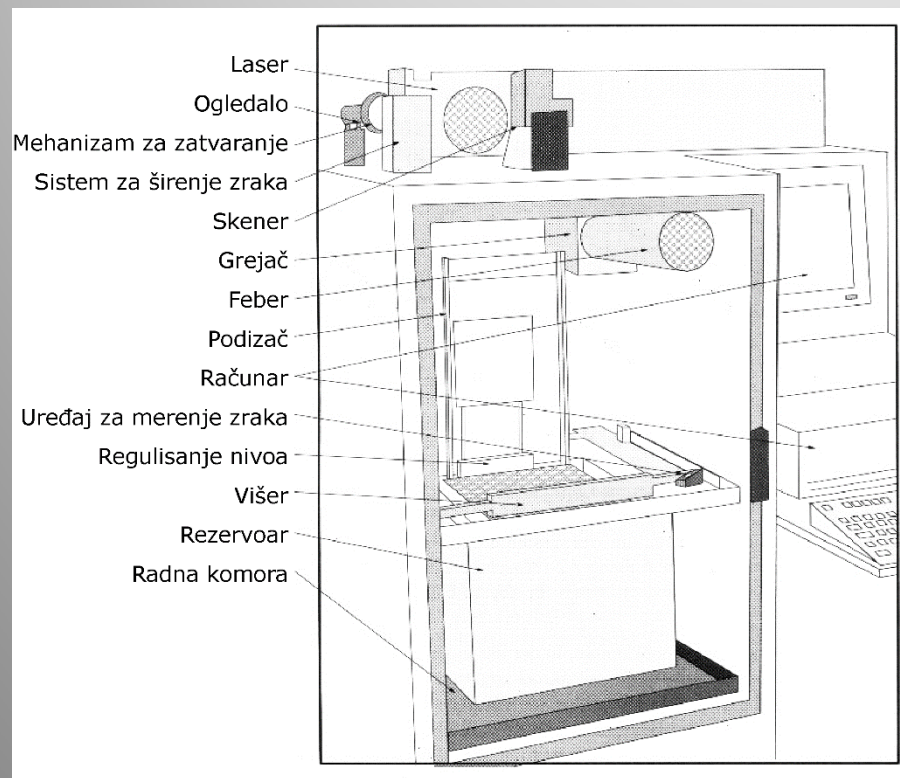


## Proizvođači opreme

3D System, EOS,  
Denken Engineering  
CMET (Mitsubishi), Sony,  
Meiko Corp. , Mitsui Zosen

# Stereolitografija

## *Stereolitografska mašina tipa SLA-250*



# Karakteristike SLA sistema kompanije 3D Systems

Model	SLA 5000	SLA 7000	Viper si <sup>2</sup>
Namena	Sistem za izradu velikih delova	Sistem za izradu velikih delova, dva puta brži od SLA 5000, sa manjom debljinom slojeva za bolji kvalitet površine	Poseduje dve rezolucije, trajniji laser
Dimenzije radne zapremine	508x508x584 mm	508x508x600 mm	250x250x250 mm
Zapremina radne tečnosti	253,6 l	253,6 l	32,2 l
Tip lasera	Nd:YVO <sub>4</sub>	Nd:YVO <sub>4</sub>	Nd:YVO <sub>4</sub>
Talasna dužina lasera	354,7 nm	354,7 nm	354,7 nm
Snaga lasera	216 mW	800 mW	100 mW
Trajanje lasera	5000 radnih sati	5000 radnih sati	7500 radnih sati
Dve tačke fokusa	Ne	Da	Da
Prečnik tačke fokusa u graničnom pojasu	0,25±0,025 mm	0,25±0,025 mm	0,25±0,025 mm 0,075±0,015 mm
Prečnik tačke fokusa u šrafuri	0,25±0,025 mm	0,7615±0,0765 mm	
Sistem za presvlačenje	Zephyr	Zephyr	Zephyr



**SLA 7000**



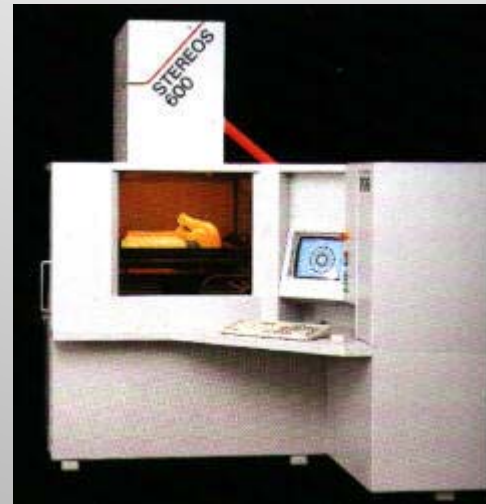
**Viper si<sup>2</sup>**

# Stereolitografija

Quick Cast (SL-500)



EOS



F&S GmbH

