



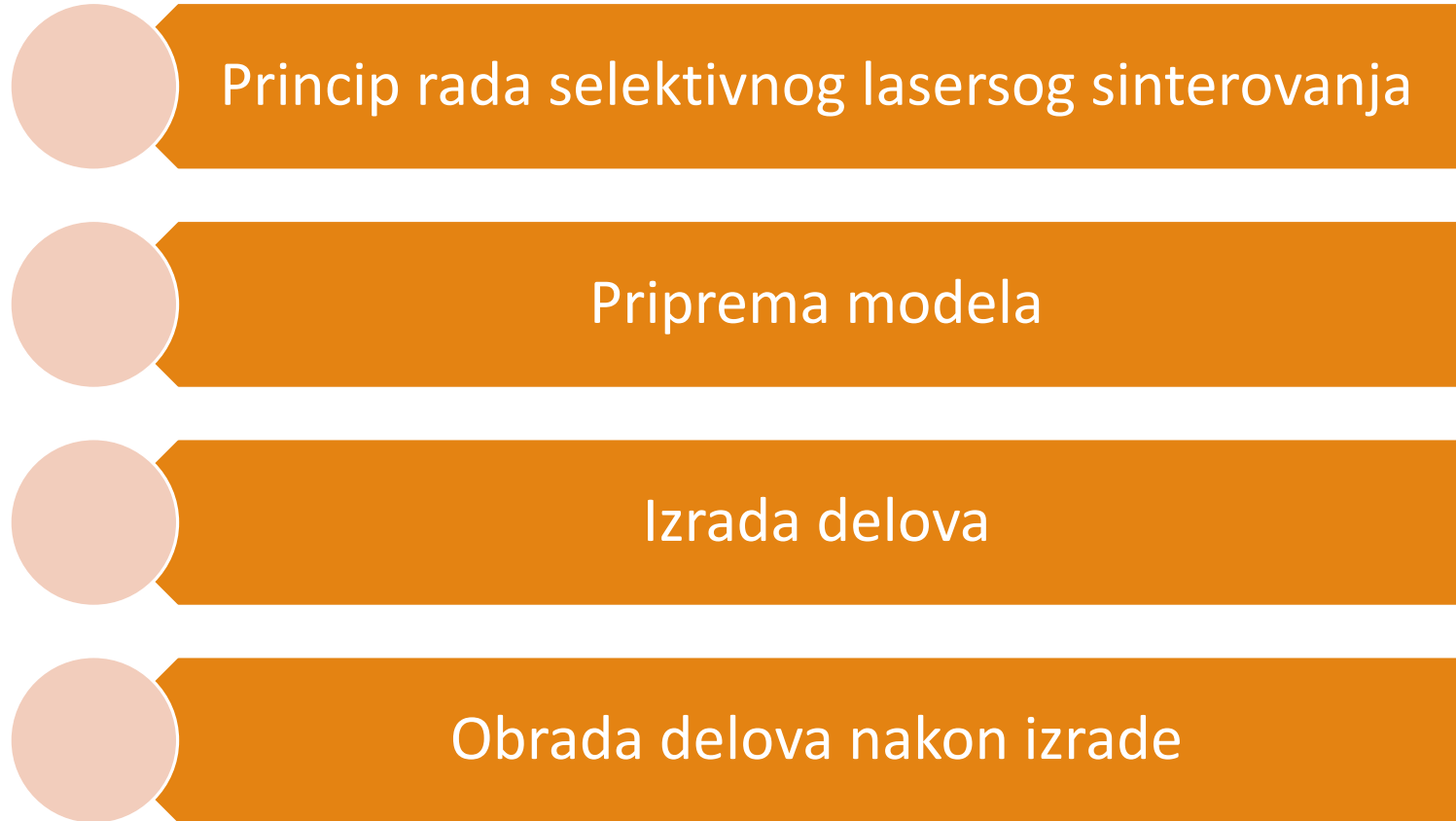
Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu



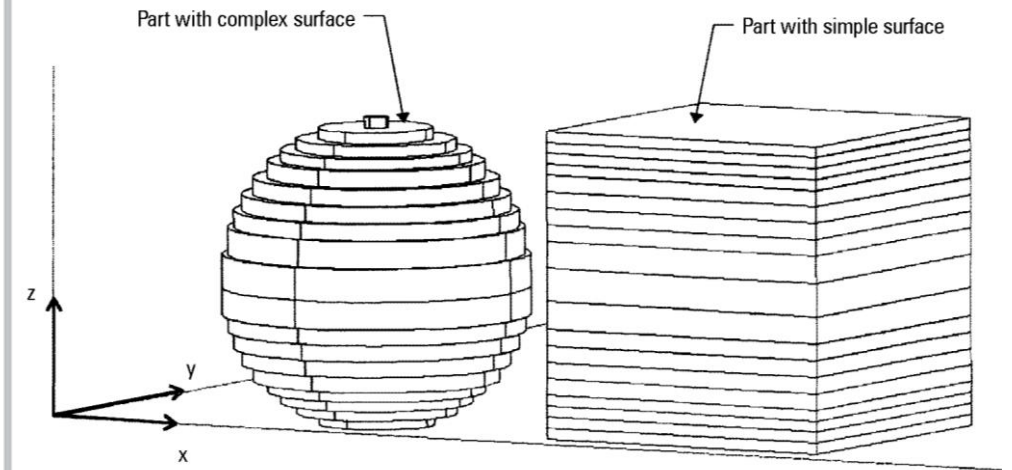
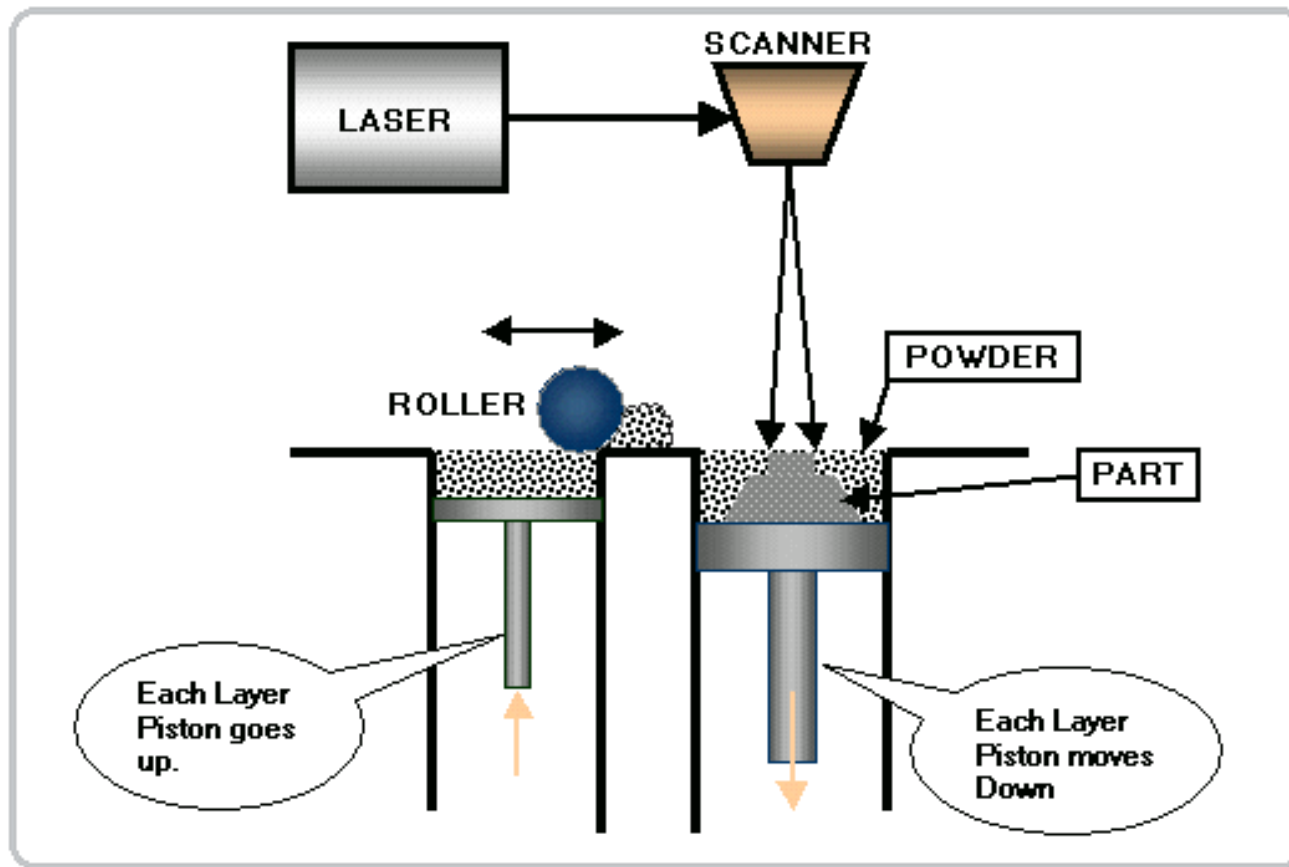
Specifičnosti izrade delova SLS-om

NEBOJŠA BOGOJEVIĆ

Izrada delova od plastike



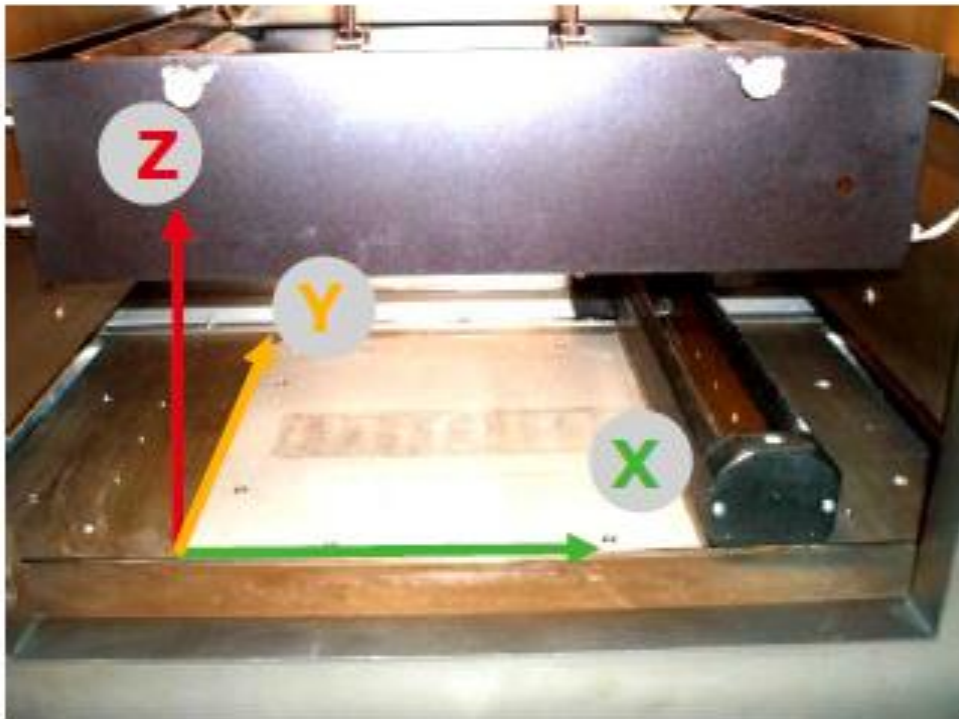
Selektivno laserko sinterovanje



Selektivno lasersko sinterovanje

X – recoater

Z - platforma



Formiga P 100
dimenzije radne
zapremine:

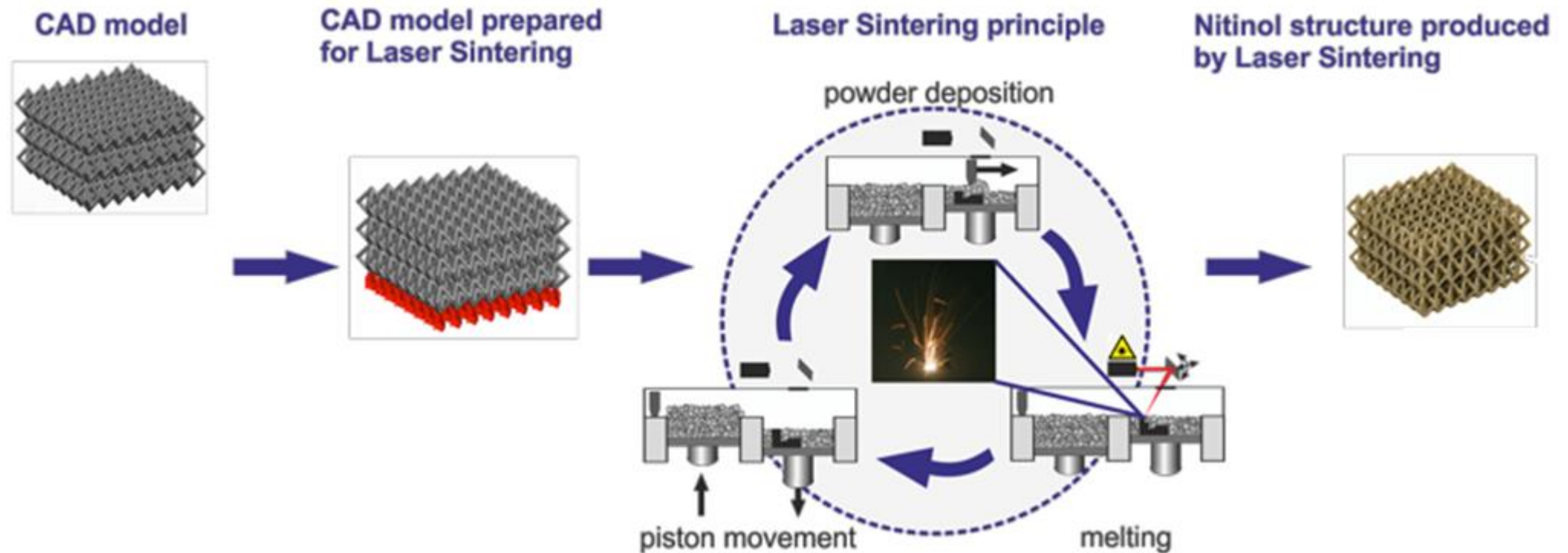
X:200

Y:250

Z:320



Postupak izrade



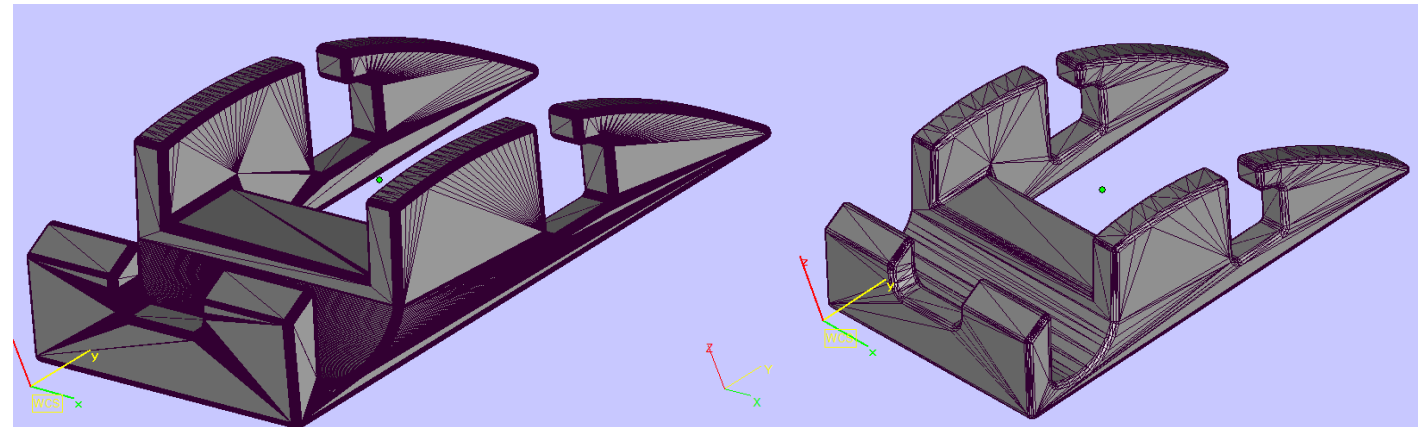
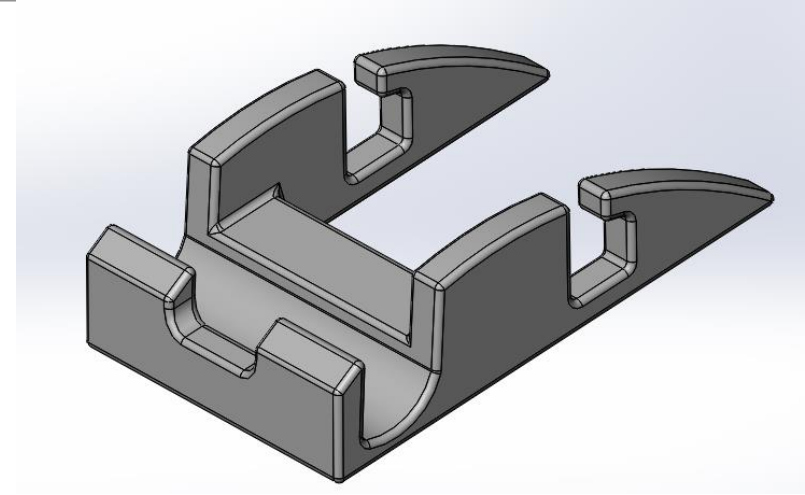
Priprema modela

CAD modeli (model je opisan matematičkim funkcijama)

- Prijem modela u standardnim formatima za razmenu podataka između CAD sistema (*.step, *.iges)
- Ukoliko je moguće, preferiramo prijem CAD modela u Solid Works formatima (*.sldprt, *.sldasem)
- Moguće je dostaviti modele i u parasolid formatima (*.X_T)

STereoLithography – STL

- model je opisan sa trouglovima.
- Ne sadrži nikakvu informaciju koju je moguće naknadno menjati.
- Operacije nad STL formatom su veoma ograničene.



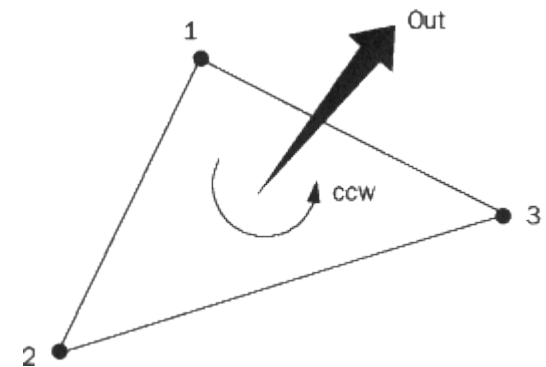
Priprema modela

STL (STereoLithography) – ulazni format za pripremu delova za izradu metodom SLS-a

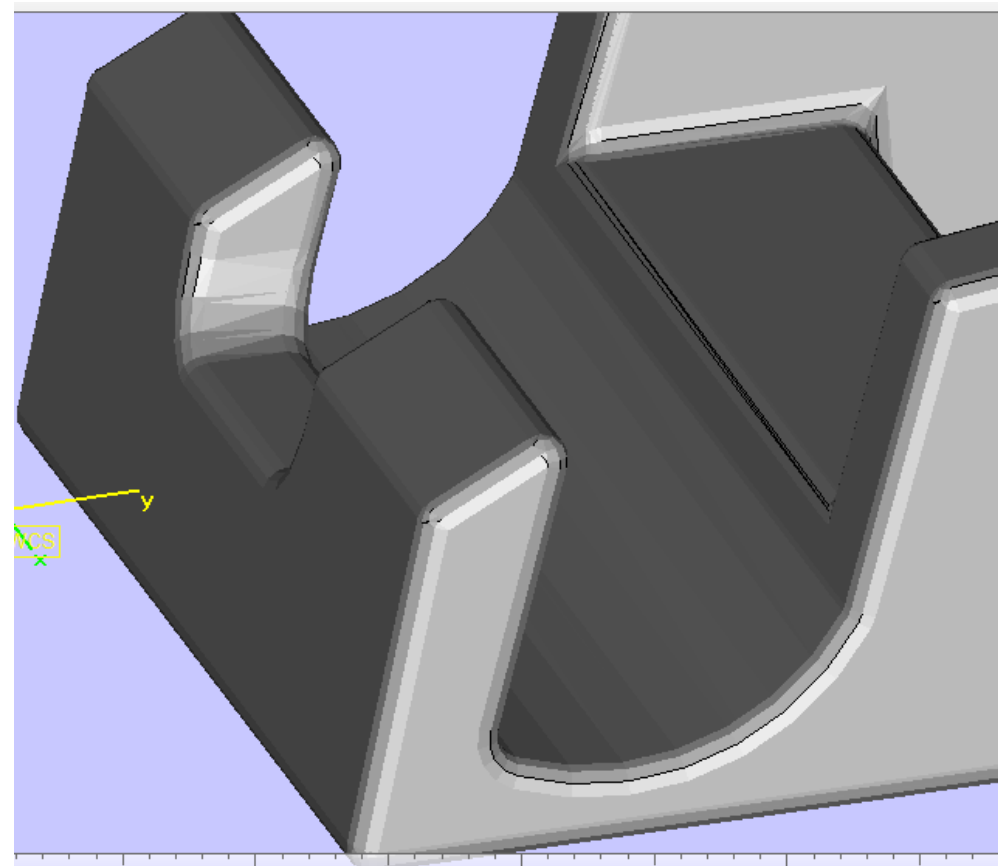
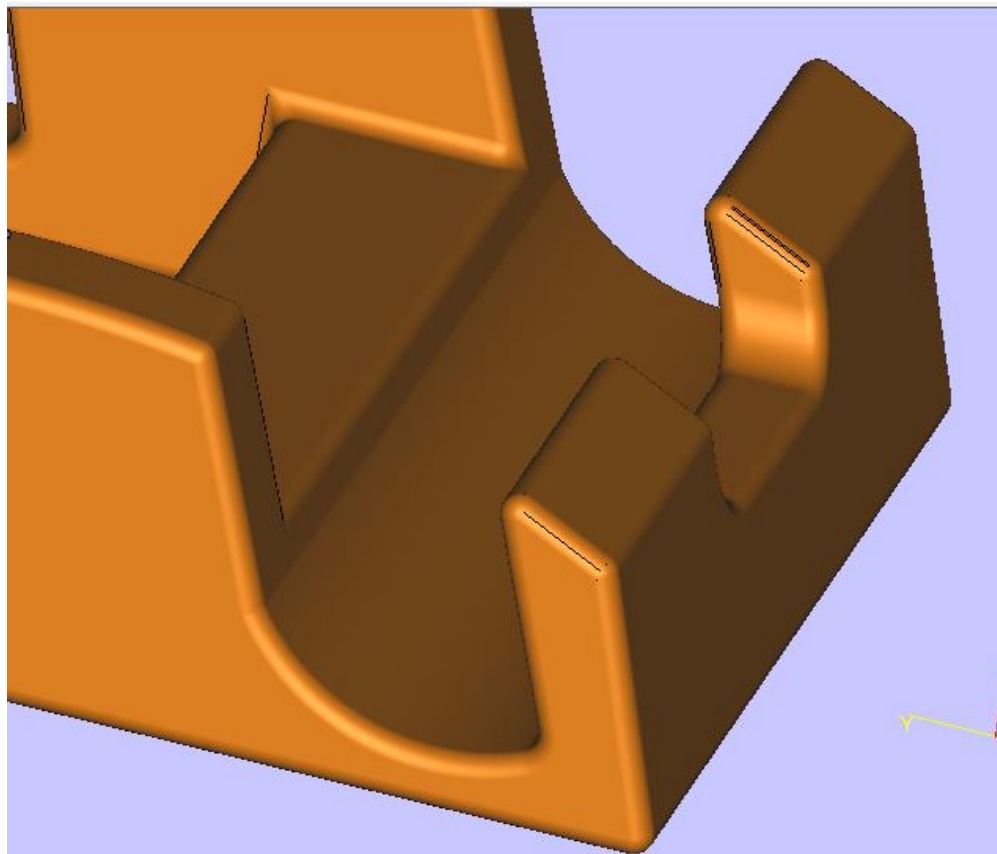
- Geometrija dela opisana trouglovima (koordinate tačaka ➡ i definicija normale)
- Sto je veci broj trouglova – bolja je rezolucija delova ➡ veći fajlovi
- Standardni format za sve CAD softverske pakete

Za delove od plastike preporučena podešavanja za izvoz modela u STL format

- Deviation tolerance: 0,01 mm
- Angle tolerance: 2 deg



Priprema modela



Priprema modela

Svaki dobar iprojektovan model u CAD softveru je pogodan za izradu SLS tehnologijom.

Predvideti odgovarajuća zaobljenja.

Ukoliko se rade delovi koji se naknadno sklapaju, bilo bi dobro dati sklopne crteže.

Primer Magics

Izrada delova



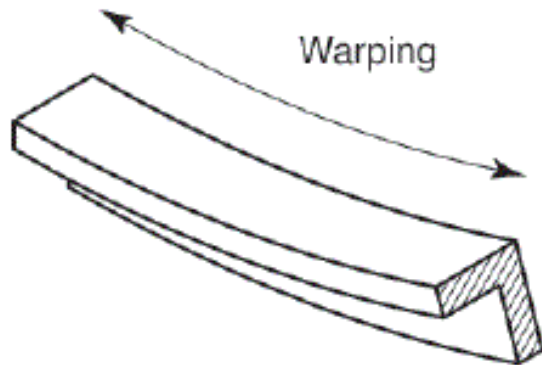
Dimenzije radne zapremine 200 x 250 x 320 mm
Dimenzije delova X x Y x Z x koeficijenti širenja delova
Nije moguće izraditi deo čije su dimenzije 200 x 250 x 320 !!!

Izrada delova

Slična pravila kao kod livenja plastičnih delova pod pritiskom

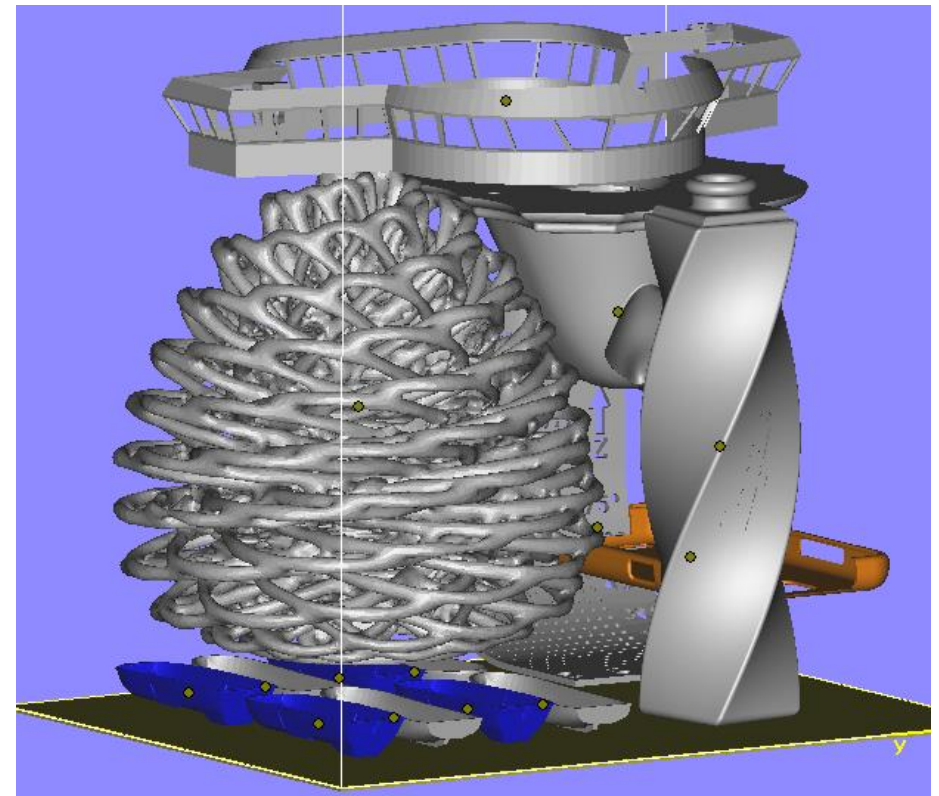
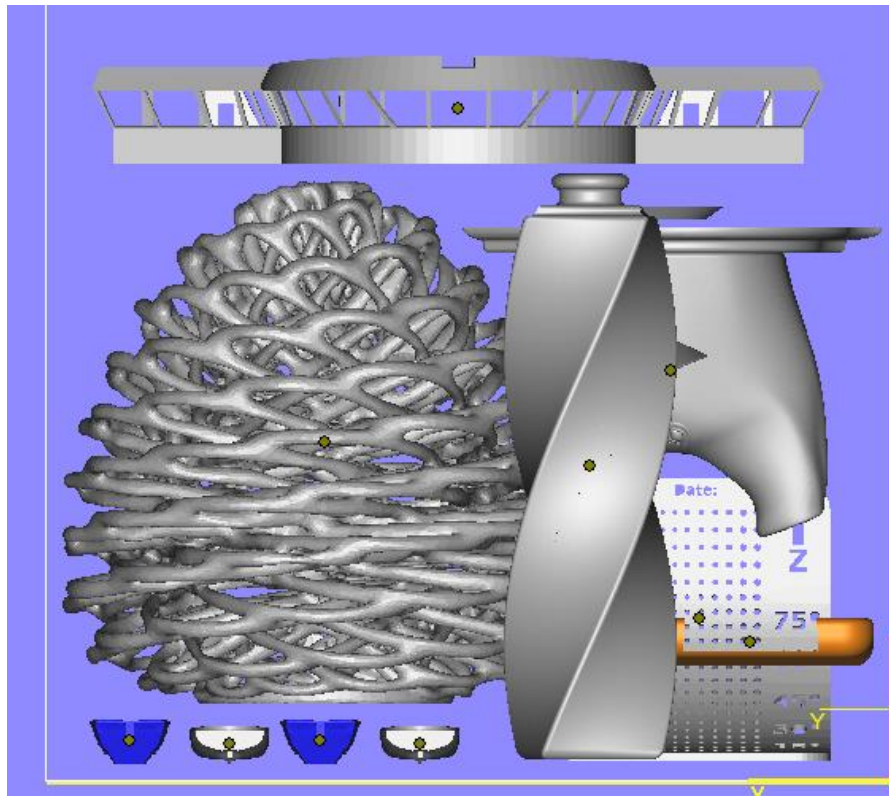
Uvijanje tankih delova usled neravnomernog hladjenja

Uvijanje usled različite debljine zidova



Izrada delova

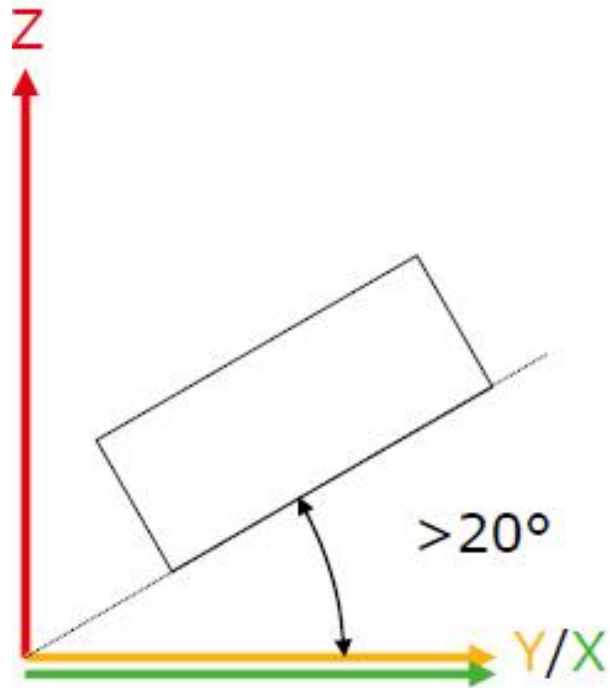
Plastični prah služi kao noseća struktura za plastične delove pa je moguće graditi jedan deo iznad drugog.



Izrada delova

Izrada delova u slojevima ima i svoje nedostatke.

Pojava stepenica na površini delova ukoliko je ugao nagiba prema x-y ravni manji od 20 stepeni



Izrada delova

Zazori:

x i y pravac – 0,3 do 0,5 mm

z pravac – 0,5 do 0,6 mm

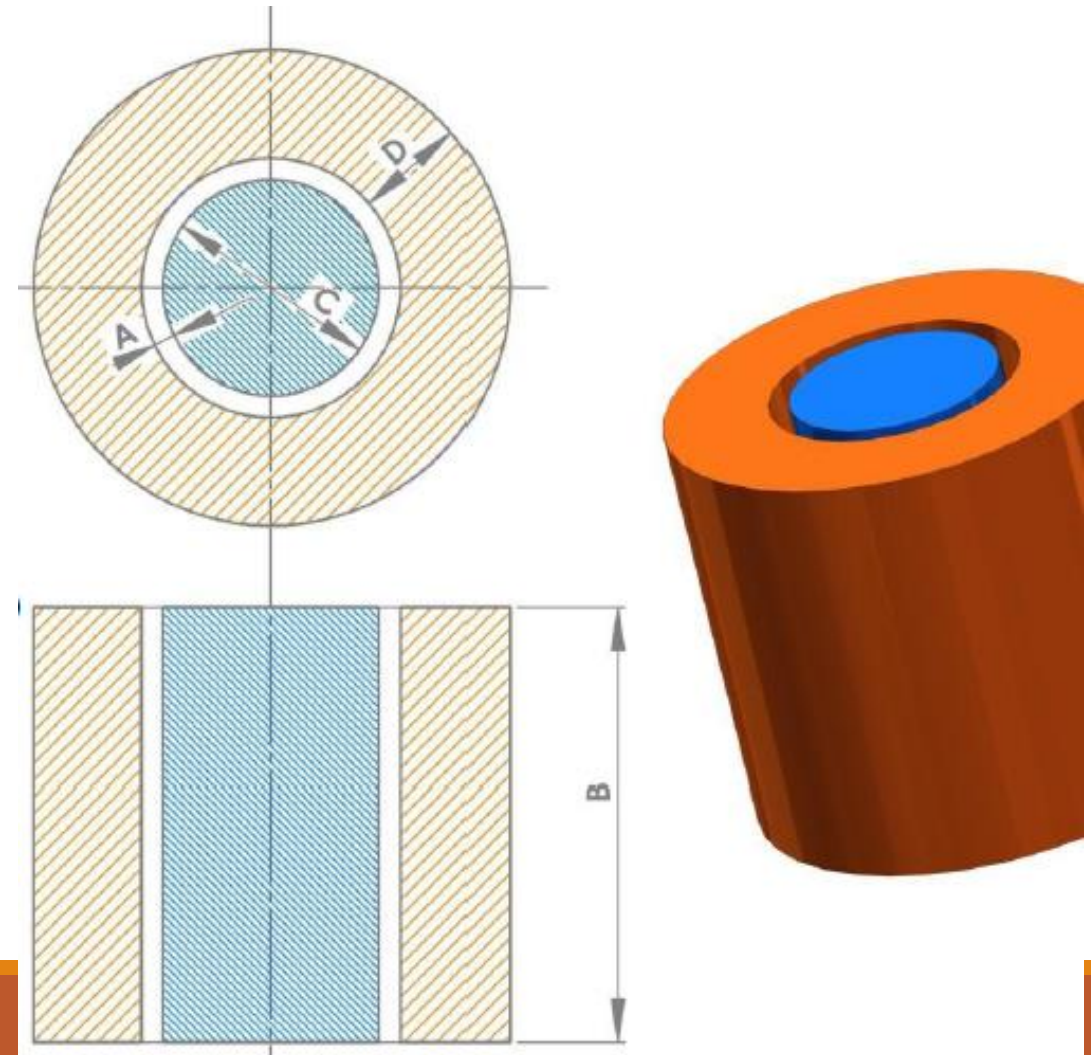
Variable:

Veličina zazora A

Prečnik osovine C

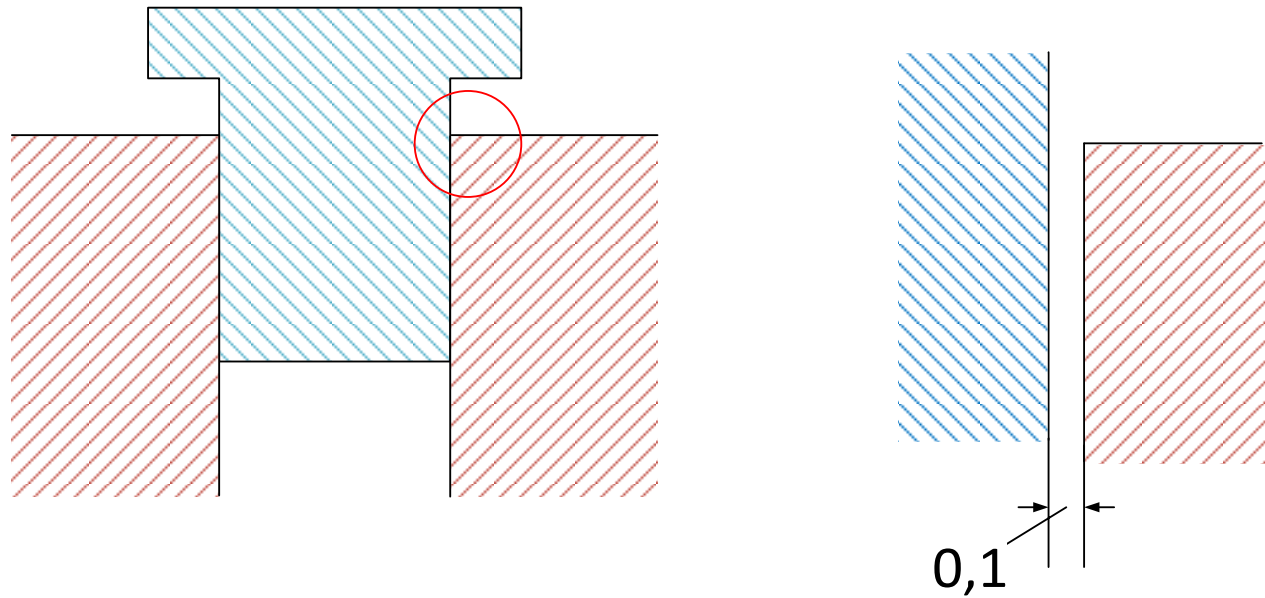
Debljina D

Visina zgloba B



Izrada delova

Izrada labave veze – samo u slučaju kada se delovi rade posebno (ne u sklopu).



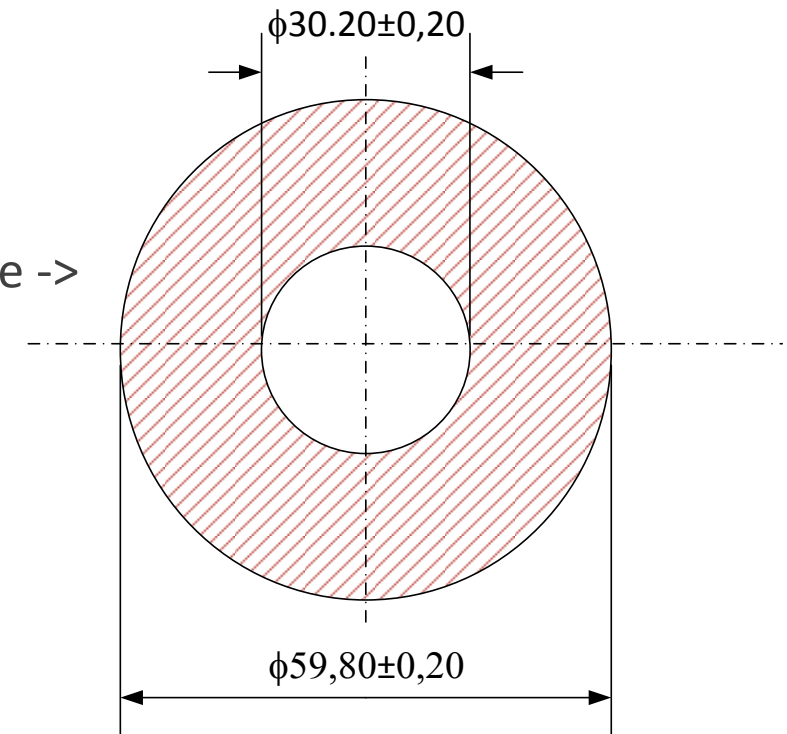
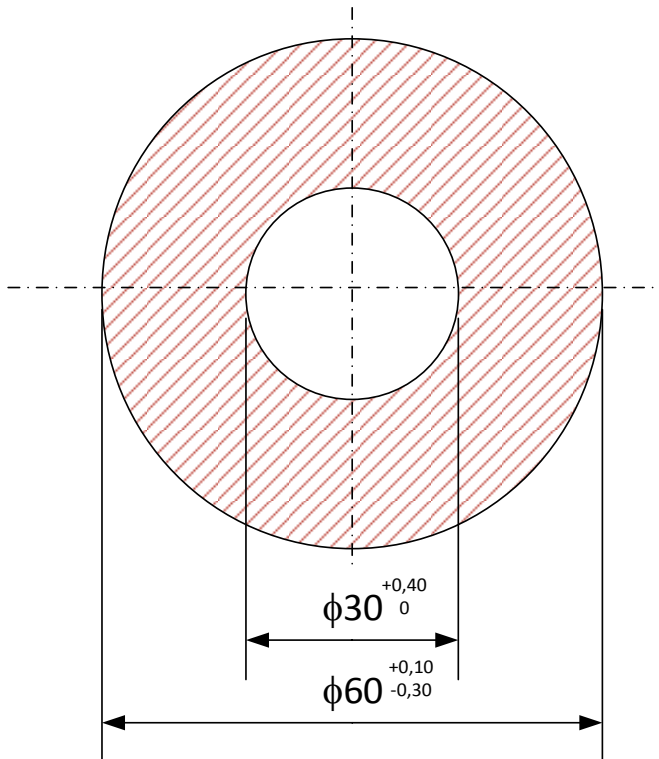
Izrada delova

Tolerancijska polja

Potrebno je definisati simetrična tolerancijska polja zbog samog procesa proizvodnje.

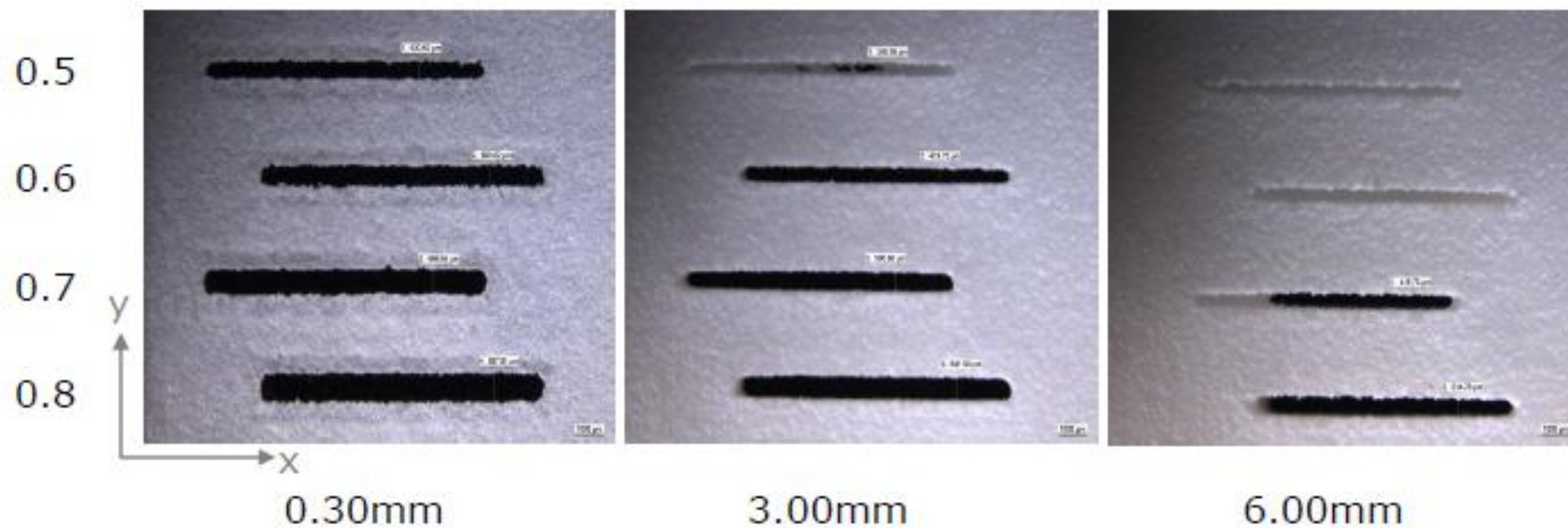
< - Asimetrično tolerancijsko polje

Simetrično tolerancijsko polje ->

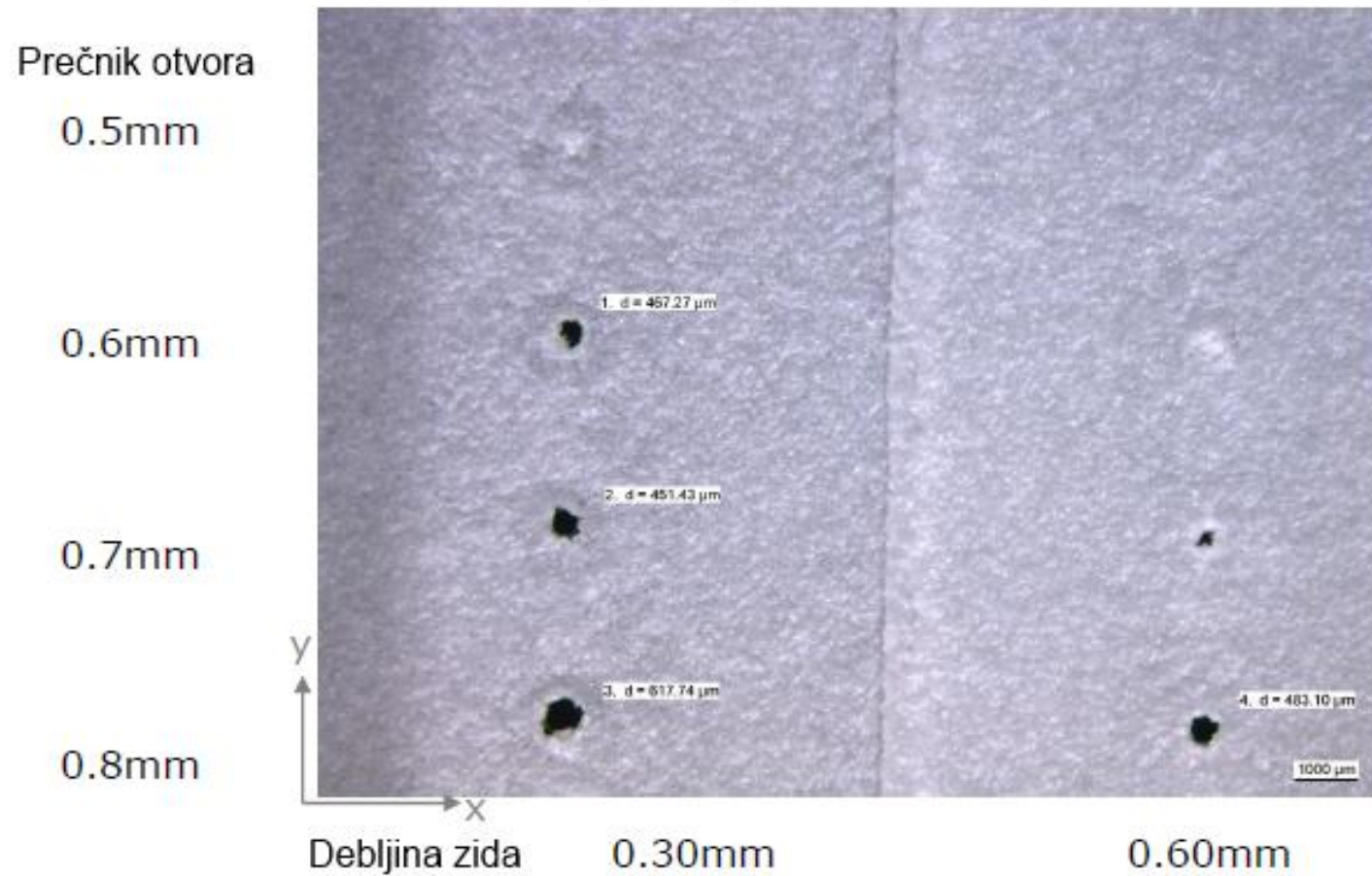


Izrada delova

Otvori – debljina zida



Izrada delova



Izrada delova

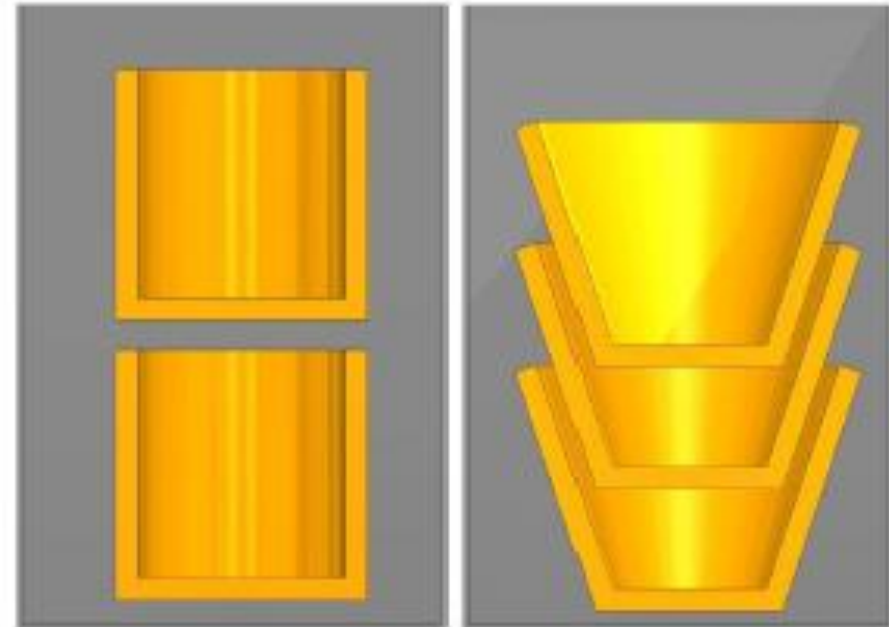
Cena izrade u najvećoj meri zavisi od visine gradnje (z - osa) i od utrošene količine praha

Redukovati visinu gradnje delova ->

- Projektovati delove što je moguće manje visine
- Projektovati delove tako da se poveća ispunjivost radne zapremine

Redukovati zapreminu delova

- Integrisano projektovanje
- Projektovanje „lakah“-tankozidnih delova
- Optimizacija



Izrada delova

Debljine zidova

Zависи prvenstveno od orijentacije dela prilikom izgradnje!

x/y

- Minimalna debljina zida 0,45 mm
- Minimalna debljina zida koja garantuje mehaničke osobine i dimenzije 1,5mm

Z

- Minimalna debljina zida –teoretski debljina sloja – 0,1 mm

Čivije – stubovi

- Minimalna debljina zida 0,8 mm
- Minimalna debljina zida koja garantuje mehaničke osobine i dimenzije 1,8mm

Obrada delova nakon izrade

Standardna procedura za obradu delova nakon izrade je peskarenje.

Dimenzije radne zapremine nisu i dimenzije delova koje možemo da napravimo jer je moguće

Lepljenje delova od plastike



Obrada delova nakon izrade

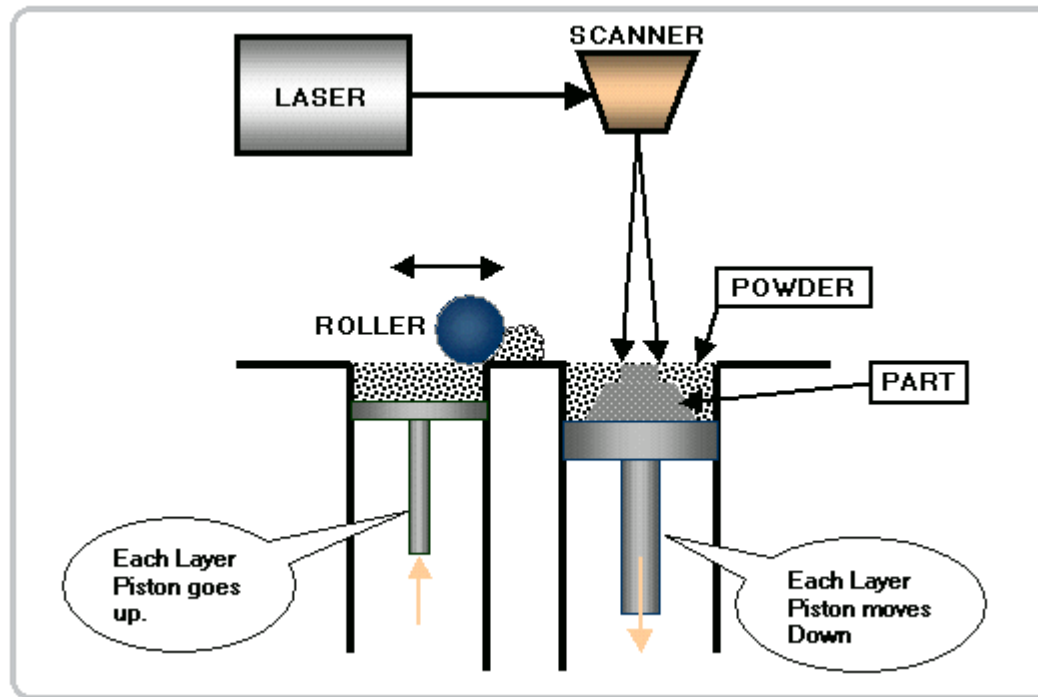
Metaliziranje



Bojenje



Izrada delova od metala - DMLS



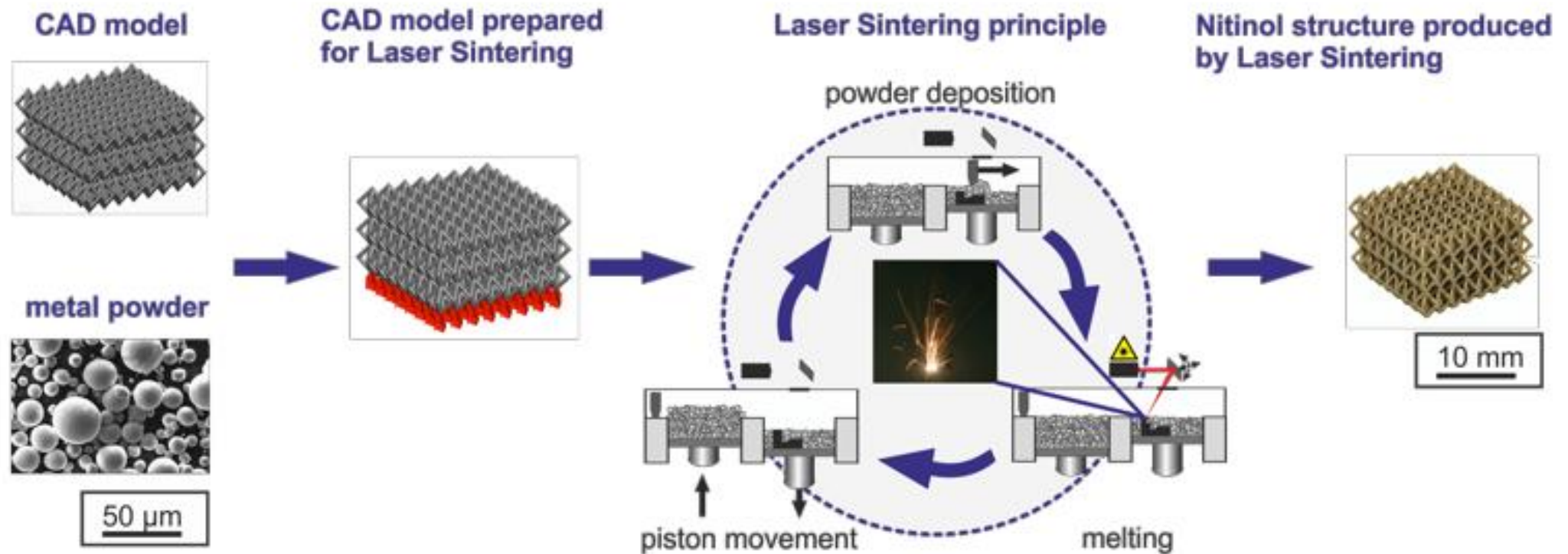
Selektivno lasersko sinterovanje
je
Selektivno lasersko sinterovanje

DMLS -> Direct Metal Laser Sintering

Osnovna razlika u odnosu na plastiku je rad u zaštitnoj atmosferi – bez prisustva kiseonika

- Azota
- Argona

Postupak izrade



EOS M 280 - DMLS

DMLS – Direct metal laser sintering

Materijali

- Alatni čelik
- Nerđajući čelik
- Aluminijum
- Titanijum
- ...

Debljina sloja

- 0,04-0,06mm

Dimenzije radne zapremine

250 x 250 x 330 mm



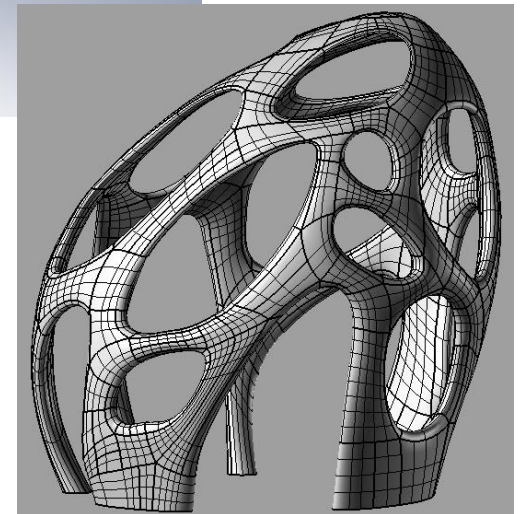
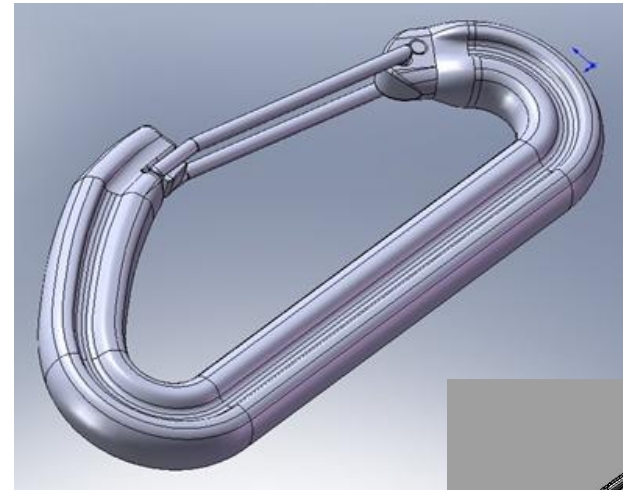
Priprema delova

CAD modeli (model je opisan matematičkim funkcijama)

- Prijem modela u standardnim formatima za razmenu podataka između CAD sistema (step, iges)
- Ukoliko je moguće, preferiramo prijem CAD modela u Solid Works formatima (sldprt, sldasem)
- Moguće je dostaviti modele i u parasolid formatima ()

STereoLithography – STL

- model je opisan sa trouglovima.
- Ne sadrži nikakvu informaciju koju je moguće naknadno menjati.
- Operacije nad STL formatom su veoma ograničene.



Izrada delova

Izrada delova kompleksne geometrije

Posebno namenjena za jezgra alata za livenje

Delovi UVEK MORAJU BITI VEZANI ZA RADNU PLOČU!

Nakon izrade delovi se skidaju sa radne ploče –
erozimatom, testerom,

Zaostali prah je veoma zapaljiv!!!

Ukoliko postoje kanali potrebno je odstraniti prah iz isti

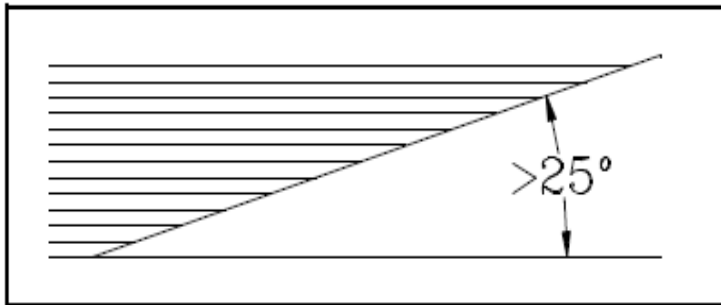


Izrada delova

Metalni prah ne može da služi kao noseća struktura za delove

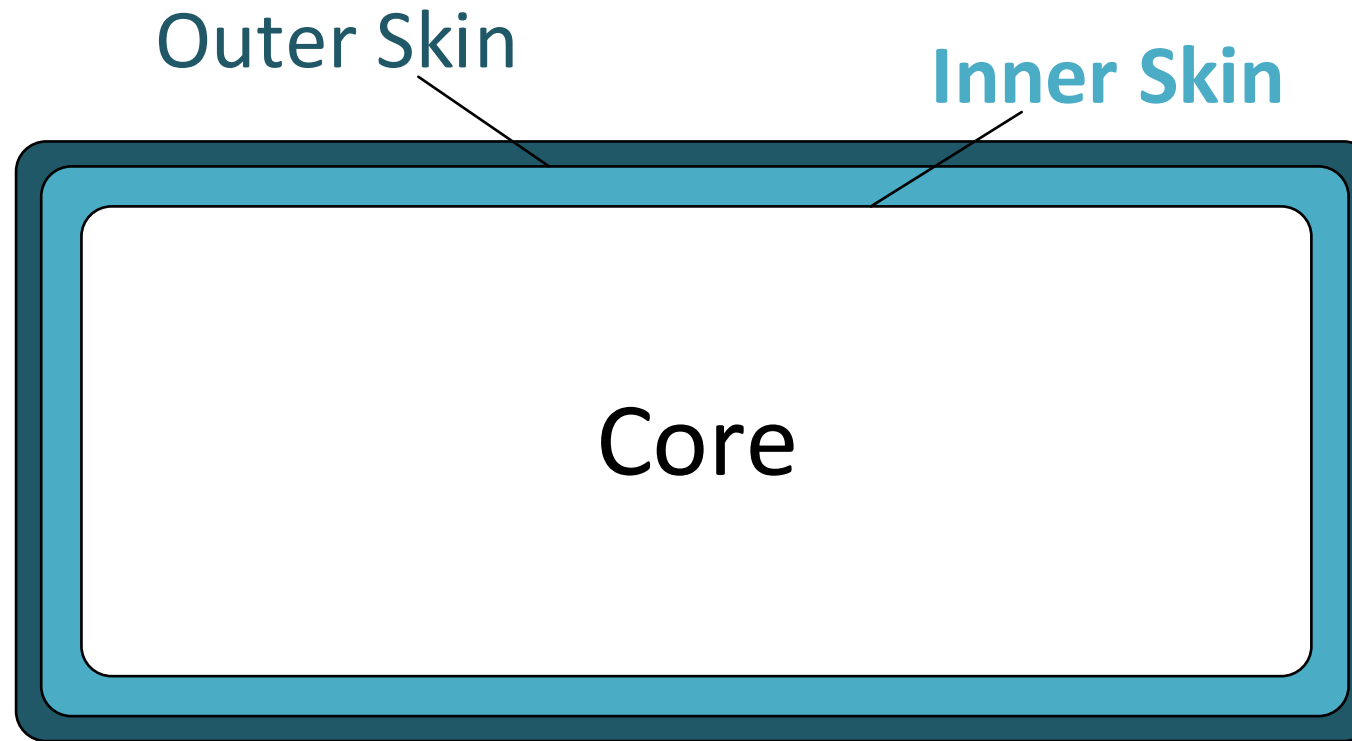
Moraju da se izgrade noseći elementi „support” ako se grade delovi

Ako se grade alati tada je moguća nadogradnja delova – nije potrebna izgradnja nosećih elemenata



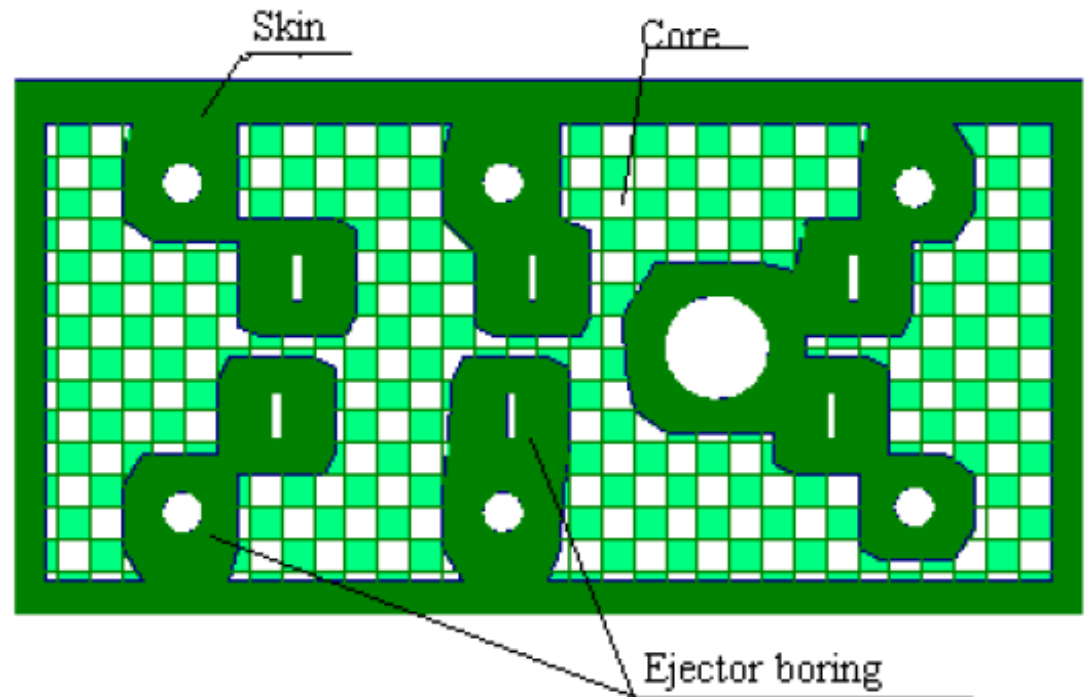
Izrada delova

Strategija izgradnje delova Skin-Core



Izrada delova

Prilikom projektovanja delova u CAD softverskim alatima treba predvideti mesta gde su otvori i rupe

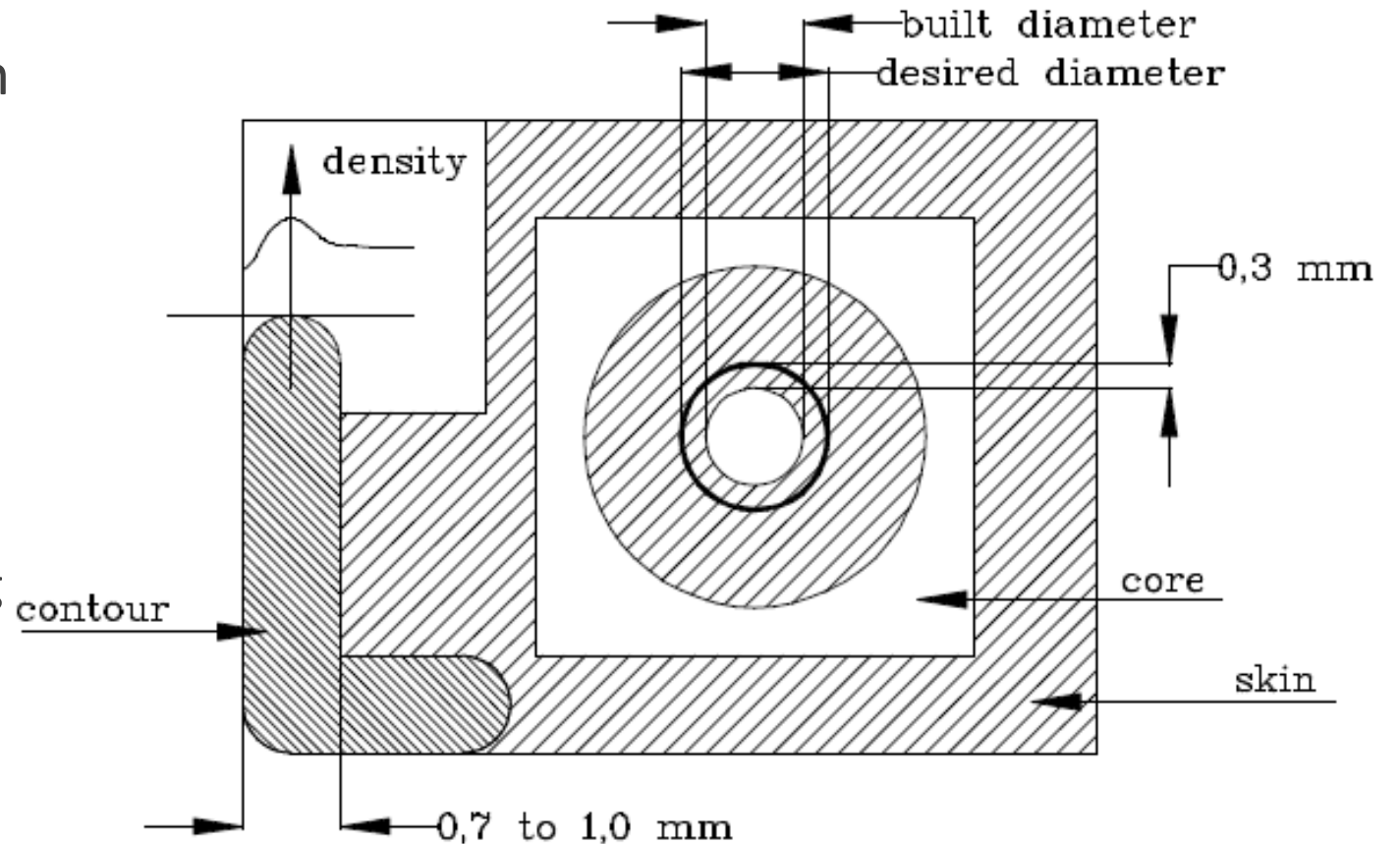


Izrada delova

Nakon izrade delova DLMS-om potrebna je dodatna obrada.

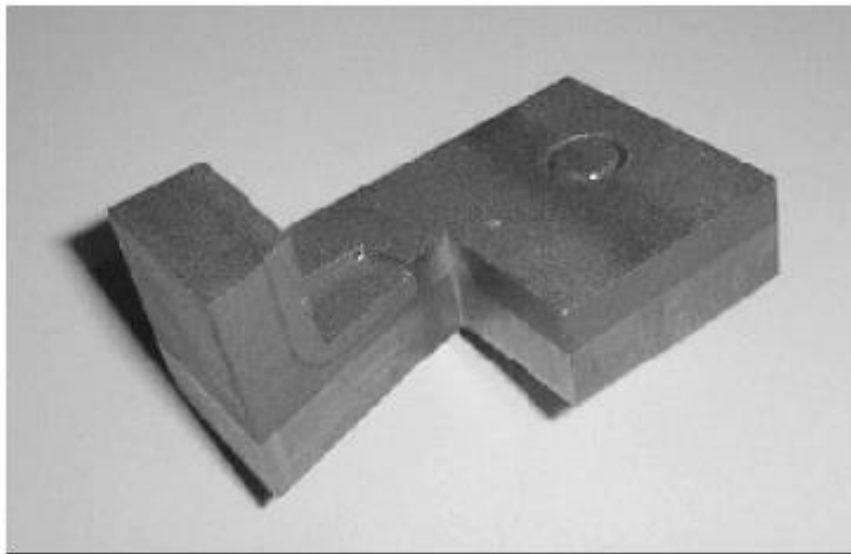
Predvideti dodatke za finu mašinsku obradu (0,3-0,5mm) radi

- Smanjenja poroznosti površine
- Postizanje odgovarajućih mehaničkih svojstava površinskog sloja



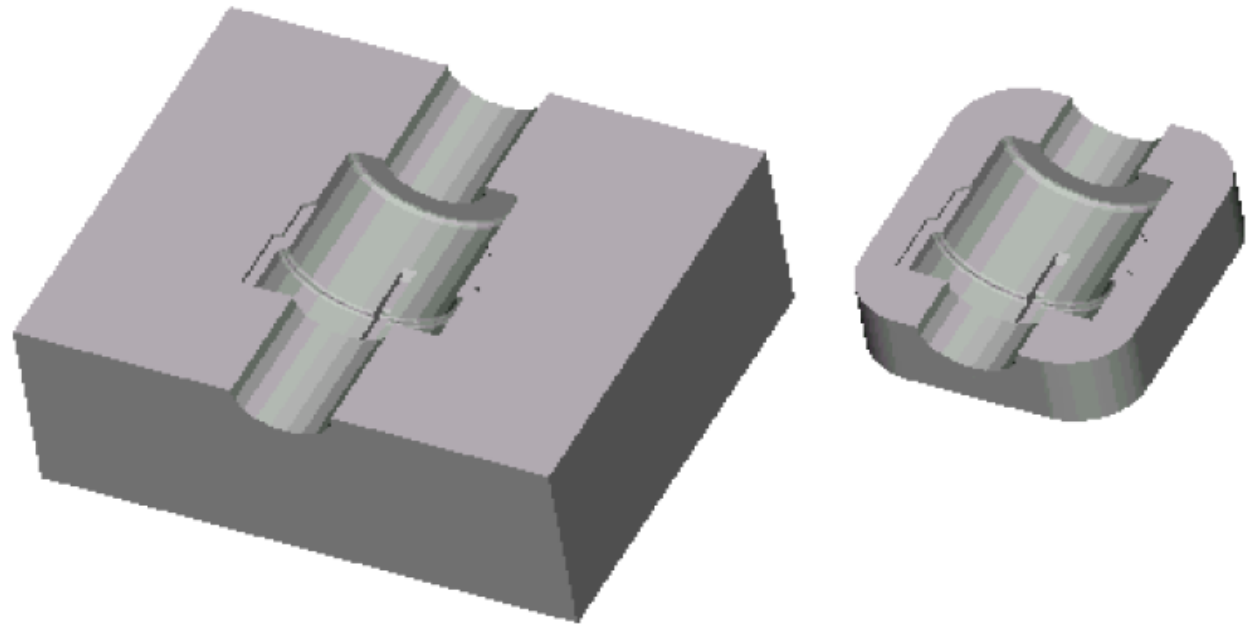
Izrada delova DMLS

Optimizovati geometriju delova za izradu DMLS-om



Noseća ploča

Smanjiti delove koji se izrađuju DMLS-om



Dodatna obrada

Peskarenje nakon izrade

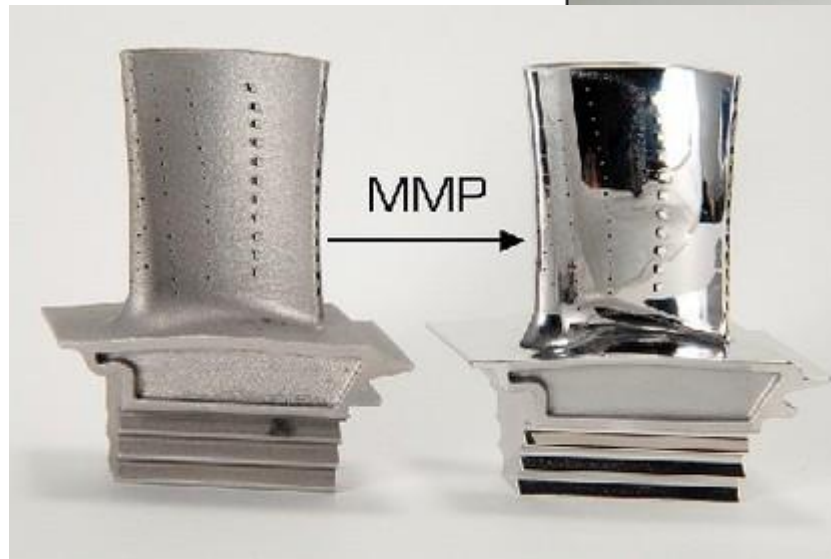
- Dodatak za obradu 0,05mm
- Poboljšanje kvaliteta površine
- Stvara dobru osnovu za dodatnu obradu

Fina mašinska obrada

- Dodatak za obradu 0,1-0,5 mm

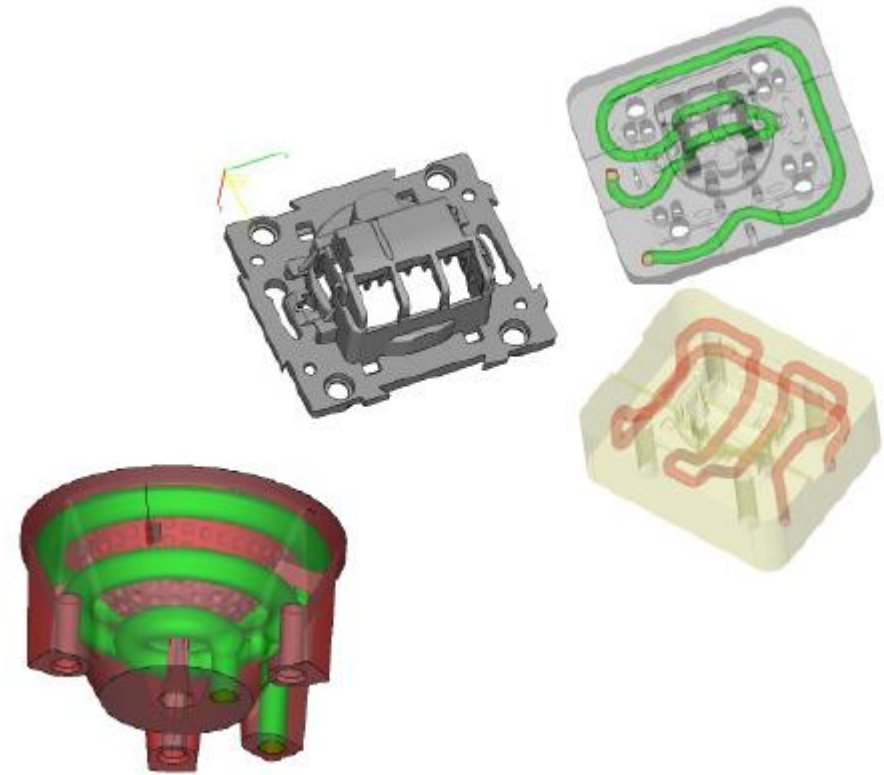
Poliranje

- Dodatak za obradu 0,03 mm

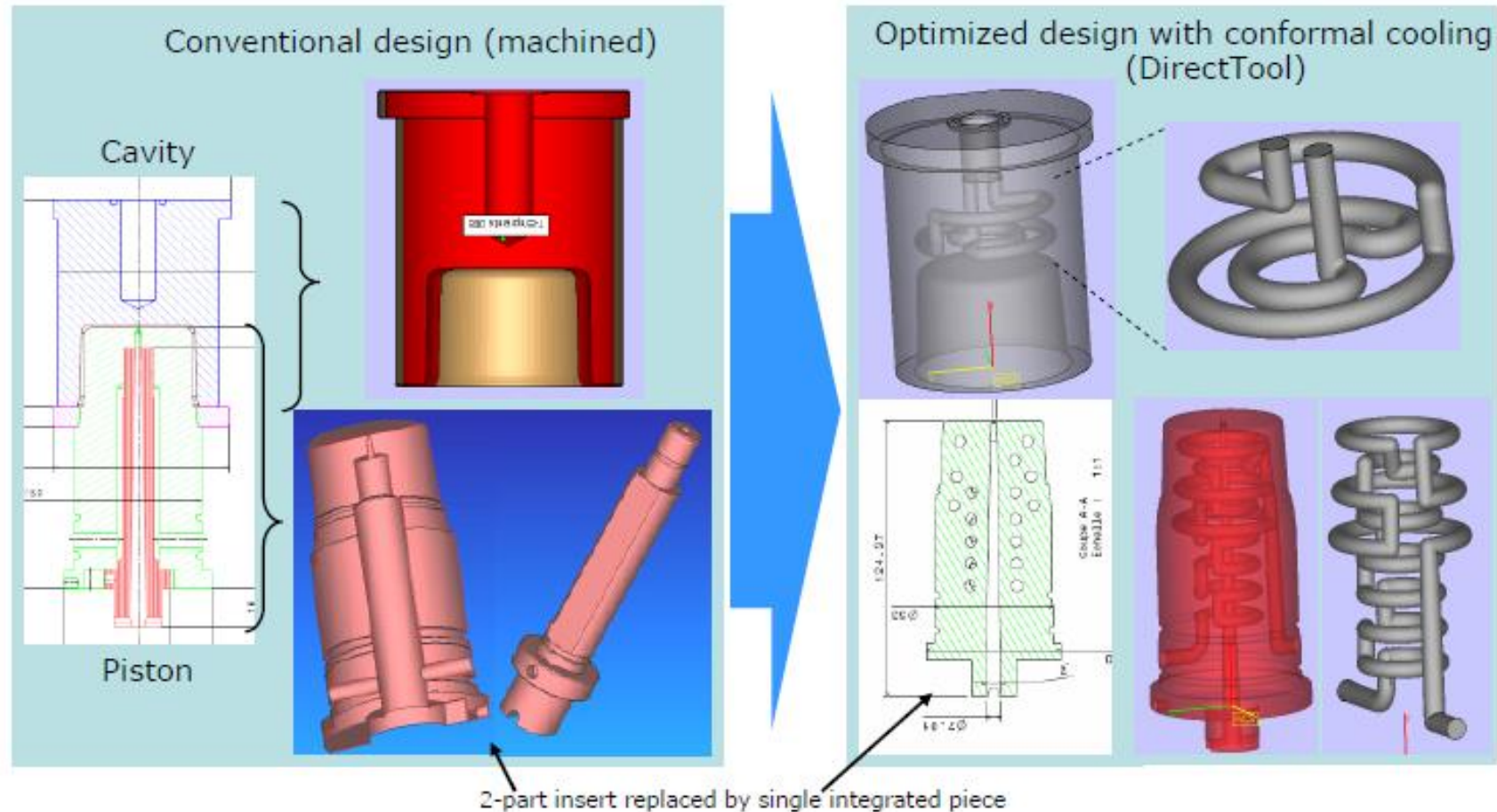


Conformal cooling

- Projektovanje kanala u CAD softverskim paketima
- Kreiranje kanala za hlađenje složene geometrije
- Mogućnost pozicioniranja kanala veoma blizu odlivka
- Efektivnije odvođenje toplote
- Smanjenje ciklusa livenja i do 30%

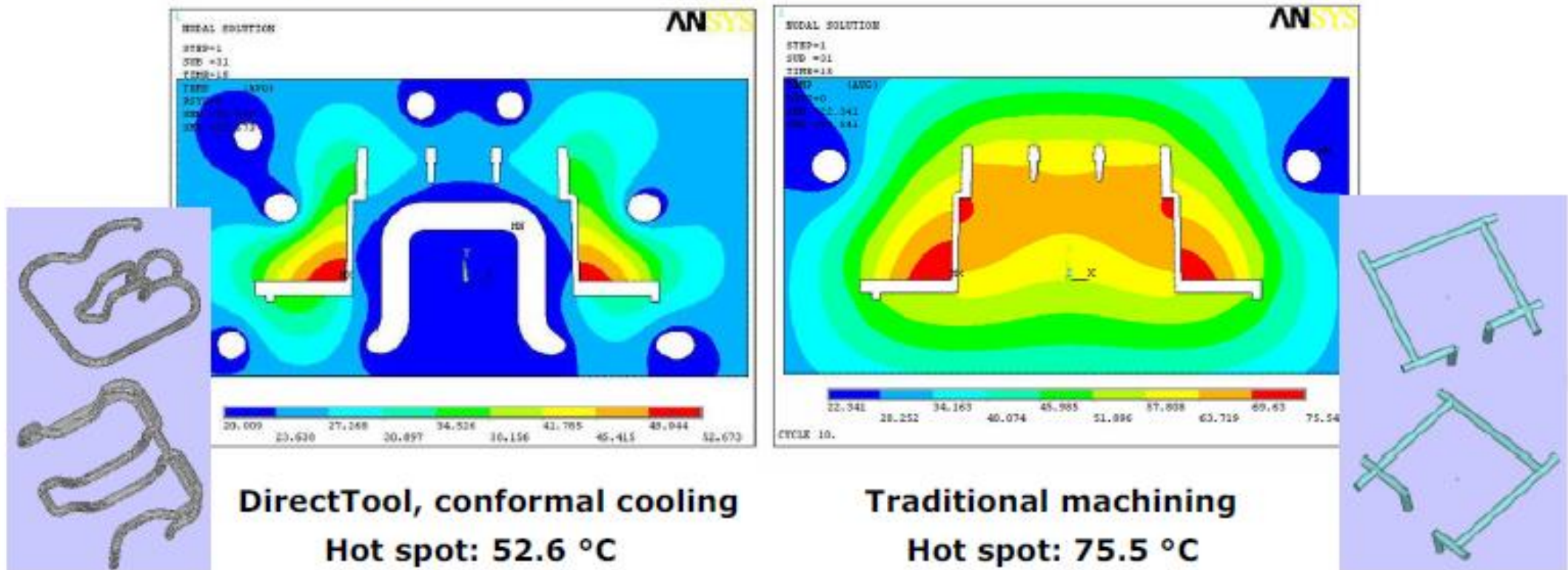


Conformal cooling



Conformal cooling

Temperature of mould, cycle no. 10 @ $t = 15$ s



Conformal cooling

Vreme izrade kanala za hladjenje

- Konvencionalnim postupcima obrade 300 h
- DMLS na EOS M270 -> 35 h za izradu + 50 h završne obrade = 85 h

Korišćenje conformal coolinga omogućava bolji termalni menadžmet alata za livenje

- Redukovanje gradijenta temperature -> smanjenje rizika od uvijanje delova
- Redukovanje temperature alata -> skraćenje ciklusa livenja -> povećanje produktivnosti -> niža cena proizvodnje