

АДИТИВНЕ ПРОИЗВОДНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ (АПТ)

ИСТОРИЈАТ

„СВИ СЕ И ДАЉЕ ПИТАЈУ О БУДУЋНОСТИ 3Д ШТАМПЕ, АЛИ ДА БИ ВИДЕЛИ
БУДУЋНОСТ МОРАМО ЗНАТИ ПРОШЛОСТ ...“

Шта има скоро 40 година, али изгледа потпуно ново?

Веровали или не, то су **адитивне технологије**.

ИСТОРИЈА АПТ: ОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ СУ СТАРИЈЕ ОД ВАС (АКО СТЕ МЛАЂИ ОД 30 ГОДИНА)

Први покушај формирања чврстог објекта слој по слој

Крајем 1960-их: експеримент који је укључивао пресецање два ласерска снопа различитих таласних дужина у посуди са смолом, у покушају да учврсти фотополимерну смолу у тачки пресека.

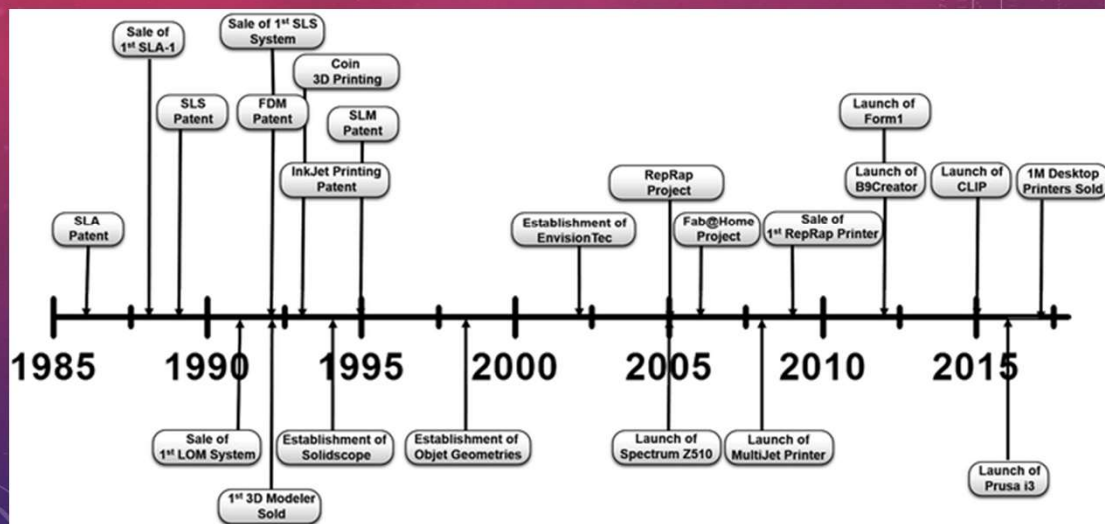
Крајем 1970-их: серија патената који су подразумевали резање попречних пресека уз помоћ компјутерског управљања, користећи глодалицу или ласер и слагање да би се формирао 3Д комад.

Први радови техника адитивне производње

Нидео Кодама: Октобар 1980, рад Three-Dimensional Data Display by Automatic Preparation of a Three-Dimensional Model у ком је детаљно изложио свој експеримент - међу првима осмислио приступ очвршћавања помоћу једног ласерског зрака.

Новембар 1981, рад Automatic Method for Fabricating a Three-Dimensional Plastic Model with Photo Hardening
Описао кључни елемент процеса стереолитографије - три основне технике које је користио за стварање пластичних делова „учвршћивањем танких, узастопних слојева фотополимера“

ИСТОРИЈА АПТ: ОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ СУ СТАРИЈЕ ОД ВАС (АКО СТЕ МЛАЂИ ОД 30 ГОДИНА)



Charles Hull (суоснивач и главни технички директор компаније **3D Systems Inc.**), август 1984. формално рођење **Аддитивних технологија**. Поднео патент Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography, добијен марта 1986.

Такође препознат да је један од твораца формата датотеке **STL**, који је најчешћи формат штампе.

Carl R. Deckard, **Селективно ласерско синтеровање**, СЛС, технолошки изум Царла Р. Децкарда догодио се 1986. Следеће године, 1987, 3D Systems је испоручио своје прве бета јединице купцима у Северној Америци, непосредно пре него што су финализоване производне јединице започеле испоруку у априлу 1988. То су били прве комерцијалне инсталације система за адитивни производњу икад.

1989 - **EOS GmbH Electro Optical System**, Немачка
Electrolux, Финска - direct metal laser sintering (DMLS)

1989 – Депоновање растопљеног материјала, Fused Deposition Material (FDM)

1991 – Helysys, Обрада ламинирањем, Laminated Object Manufacturing (LOM)

1999 – Objet Geometries, inkjet 3D принтер

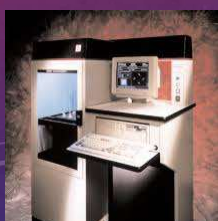
Stereolitografija

1987. 3D Systems (SAD) – SLA-1
SLA 250, viper SLA

1988. SL materijali

1988-89. NTT Data CMET, Sony/D-MEC
(Japan)

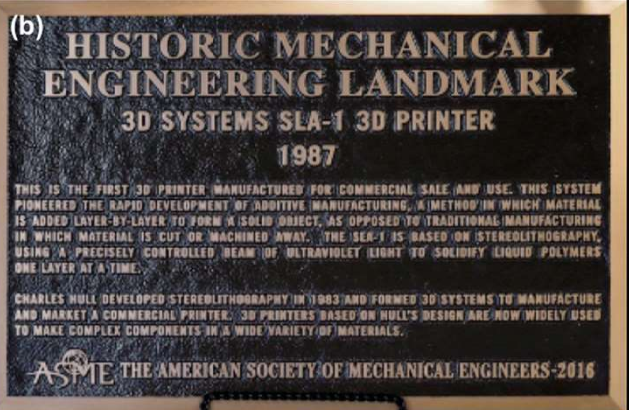
1990. EOS (Nemačka) Stereos, Quadrax
(SAD) Mark 1000



(a)



(b)



1991. Stratasys (SAD) FDM očvršćavanje taloženjem

Cubital (SAD) Tonografski postupak SGC
Helsys (SAD) LOM postupak laminiranja

1992. DTM, Teijin Seiki – SLS Selektivno lasersko sinterovanje

1993. Solingen (SAD) DSPC

1994 Solidscape (SAD) ModelMaker
Meiko (Japan)

Pojava 3D štampača

1996. Stratasys – Genisys

3D Systems – Actua 2100 (ink-jet)

Z Corporation (SAD) – Z402 3D

Kinergy (Singapur) – Zippy (laminiranje papira)

1997. AeroMet LAM – Laser Additive Manufacturing

1998. Optomec (SAD) LENS – Laser Engineered Net Shaping

1999. 3D Systems - ThermoJet
SLA 7000 (800.000 \$)

Extrude Hone (SAD) – ProMetal RTS-300 (ink-jet metala)

Fockele & Schwarze (Nemačka) SLM – Selective Laser Melting

2000-te: 3D štampa добија видљивост медија

2000. Objet Geometries (Izrael) – Quadra, (3D ink-jet PolyJet)

Precision Optical Manufacturing (POM) (SAD) DMD – Direct Metal Deposition

Z Corporation – Z402C prvi višebojni 3D štampač

Stratasys – Prodigy (FDM sa ABS polimernim materijalom)

Cubic Technologies (SAD) preuzela Helisys

2001. Solidimension (Izrael) – LOM tankih folija od PVC

Solidica – ultrazvučni postupak (Ultrasonic Consolidation) – kombinacija ultrazvučnog zavarivanja i CNC obrade Al delova.

Stratasys – FDM Titan (materijali PC, ABS, PC/ABS)

Texas Instruments DLP – Digital Light Processing (princip projekcije slike na platno)

EOS – novi materijal DirectSteel 20-V1 (prah na osnovi čelika, 20 mikrona)

2001. RSP Tooling LLC (SAD) i INEELL – RSP – Rapid Solidification Process

2002. Stratasys – Dimension
 Concept Laser – M3 Linear SLM – Selective Laser Melting
 Solidscape – T66 – pristupačan ink-jet štampač

2003. Z Corporation – Zprinter 310 (ink-jet)
 Solidscape – T612
 EOS – EOSINT M 270 – DMLS - Direct Metal Laser Sintering
 Trumpf – TrumaForm LF i TrumaForm DMD 505.

2004.
 Stratasys – FDM Vantage (PC, ABS)
 EnvisionTEC – Vanquish – DLP od fotopolimera
 ProMetal – RX-1 za metalne proizvode

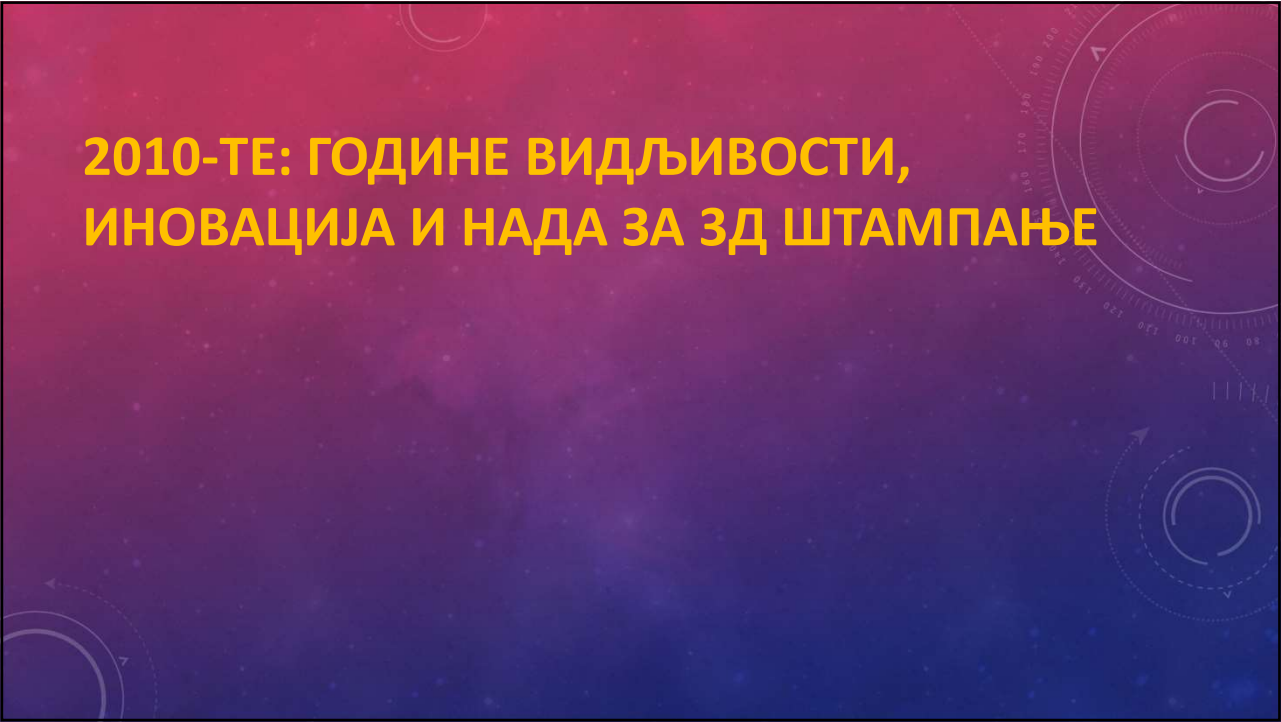
2005. Z Corporation – Spectrum Z510– 3D štampa u boji 24 bit
 3D Systems – Sinterstation Pro

2006. Speed Part (švedska) – lasersko sinterovanje

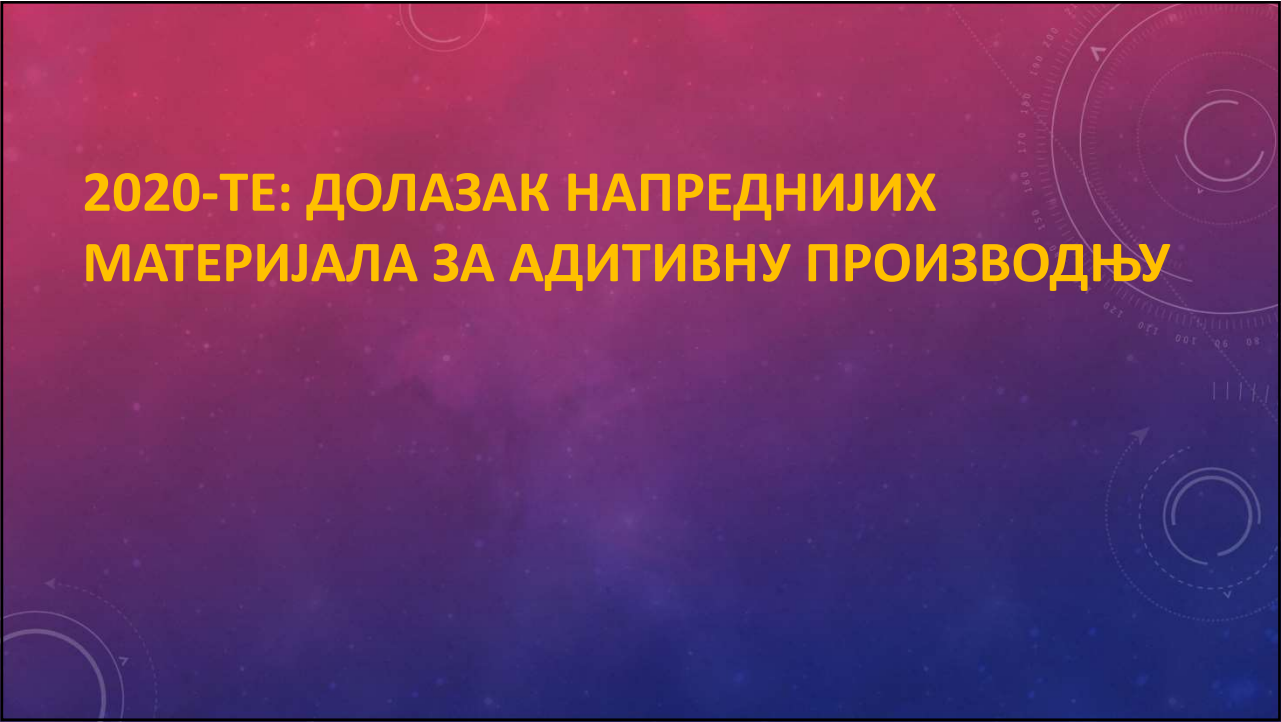
2007. Z Corporation – Zprinter 450, prvi 3D štampač (automatsko
 uklanjanje i recikliranje neupotrebljenog praha.

Novi materijali

Stratasys – FDM 900MC i FDM 400C – sofisticiraniji FDM sistemi
 kojom je obuhvaćen širok raspon primene prvenstveno zbog velikog
 broja raspoloživih materijala u različitim bojama (od polisulfona do
 standardnih ABS, PC i ABS/PC)



**2010-ТЕ: ГОДИНЕ ВИДЉИВОСТИ,
ИНОВАЦИЈА И НАДА ЗА 3Д ШТАМПАЊЕ**



**2020-ТЕ: ДОЛАЗАК НАПРЕДНИЈИХ
МАТЕРИЈАЛА ЗА АДИТИВНУ ПРОИЗВОДЊУ**

НАЈВРЕДНИЈЕ КОМПАНИЈЕ И ПРОИЗВОЂАЧИ У ОБЛАСТИ 3Д ШТАМПЕ

- 1 – HP
- 2 – Desktop Metal
- 3 – Carbon 3D
- 4 – Materialise NV
- 5 – GE Additive
- 6 – EOS
- 7 – 3D Systems
- 8 – Stratasys
- 9 – Formlabs
- 10 – Protolabs
- 11 – Markforged
- 12 – SLM Solutions
- 13 – ExOne
- 14 – XJet
- 15 – Shapeways
- 16 – Organovo

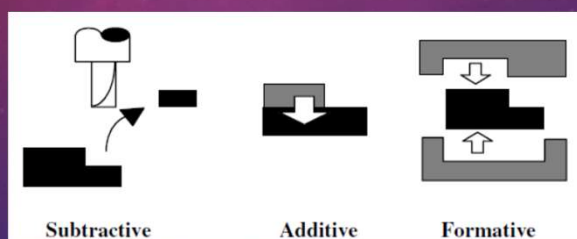
Prusa Research
Ultimaker
Bambu Lab
Creality

ШТА ДОНОСИ БУДУЋНОСТ?

- 3D штампа у медицини: био-материјала, људских органа за трансплантацију
- 3D штампа хране
- 3D штампа у архитектури (брже, јефтиније, без губитка материјала)
- ...

PRINCIPI ADITIVNE PROIZVODNJE SLOJ PO SLOJ

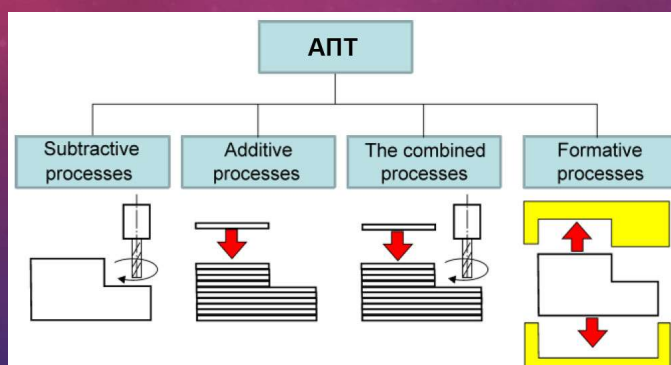
- Upotrebom postupaka APT proizvod nastaje dodavanjem materijala sloj po sloj.
- Ovakav princip suprotan je od primera klasičnim postupcima odvajanja materijala (subtraktivno) koji pripadaju metodama obrade rezanjem (struganje, goldanje, brušenje i sl.)



a) odvajanje materijala, b) dodavanje materijala, c) oblikovanje materijala

PRINCIPI ADITIVNE PROIZVODNJE SLOJ PO SLOJ

- Osnovna klasifikacija aditivnih tehnologija - proširena



a) odvajanje materijala, b) dodavanje materijala, c) kombinovano d) oblikovanje materijala

Why machining is still important

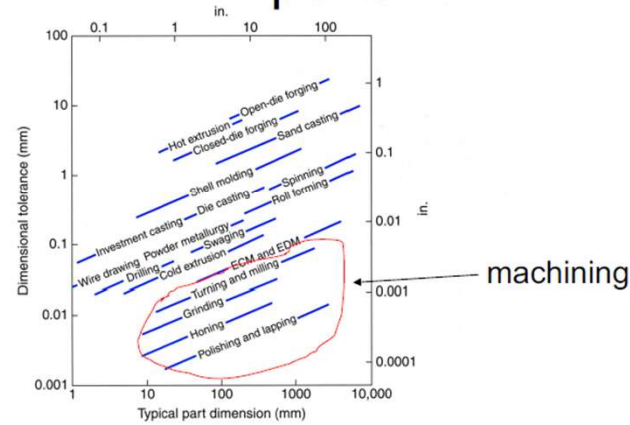


FIGURE 35.20 Dimensional tolerances as a function of part size for various manufacturing processes; note that because many factors are involved, there is a broad range for tolerances.

Kalpajian & Schmid

Compared to Additive

Table 4: Overview of IT-classes for various manufacturing processes according to FRITZ [42]

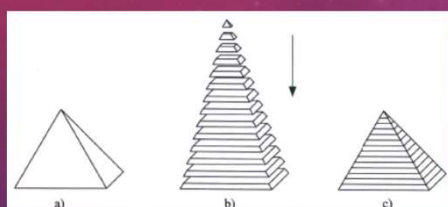
Process	IT-Classes (DIN EN ISO 286-1)											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Casting												
Sintering												
Drop forging												
Precision forging												
Cold extrusion												
Milling												
Cutting												
Turning												
Drilling												
Face milling												
Planing												
Stripping												
Circular grinding												
Additive manufact.												
FDM												
LS												
LM												

Ref Lienke et al, U. Paderborn, Germany (DIN German Standard for part tolerance)

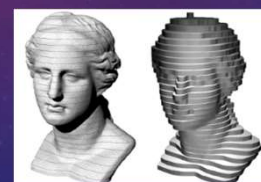
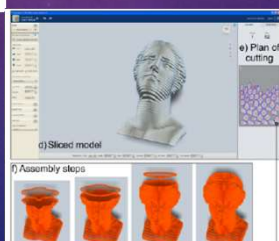


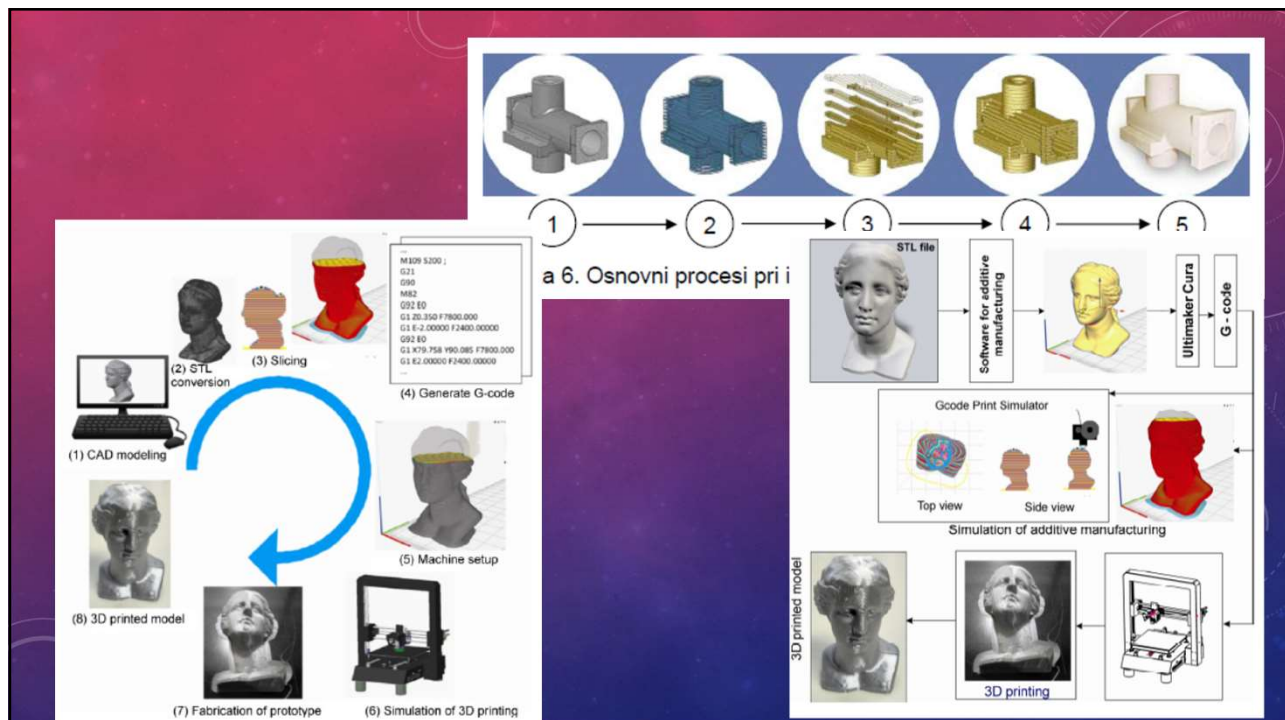
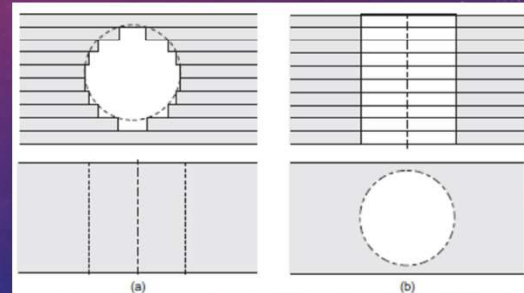
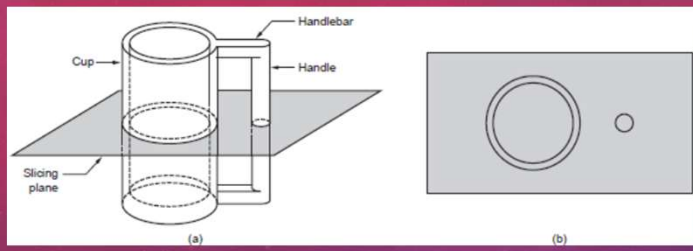
Princip tehnologije slojeva, na primeru slagalice HASBRO

Iako se postupcima APT formiraju vrlo komplikovani geometrijski 3D oblici proizvoda, u principu je reč o 2.5D postupcima pri kojima se 2D slojevi slažu jedan na drugi i tako se dolazi do treće dimenzije proizvoda. Kao rezultat ovakvog načina izrade dobijaju se trodimenzionalni proizvodi velike tačnosti u ravni X-Y, dok tačnost u smeru ose z zavisi od debljine slojeva – što su slojevi tanji, veća je tačnost proizvoda.



Slaganje 2D slojeva u 3D proizvod: a) kompjuterski 3D model izratka, b) slaganje 2D slojeva, c) izradak dobijen sloj po sloj





Formiranje 3D modela

- Modeliranjem (klasično 3D modeliranje pomoću CAD programa)
- Reverzno inženjerstvo
- Iz oblaka tačaka.

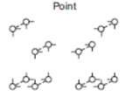
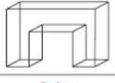
Dimension of CAD Elements	Element	Type of CAD Model
0D	 Point	Corner Model
1D	 Line	Edge Model
2D	 Surface	Surface Model
3D	 Solid / Volume	Solid or Volume Model

Figure 2.7 CAD elements and model types