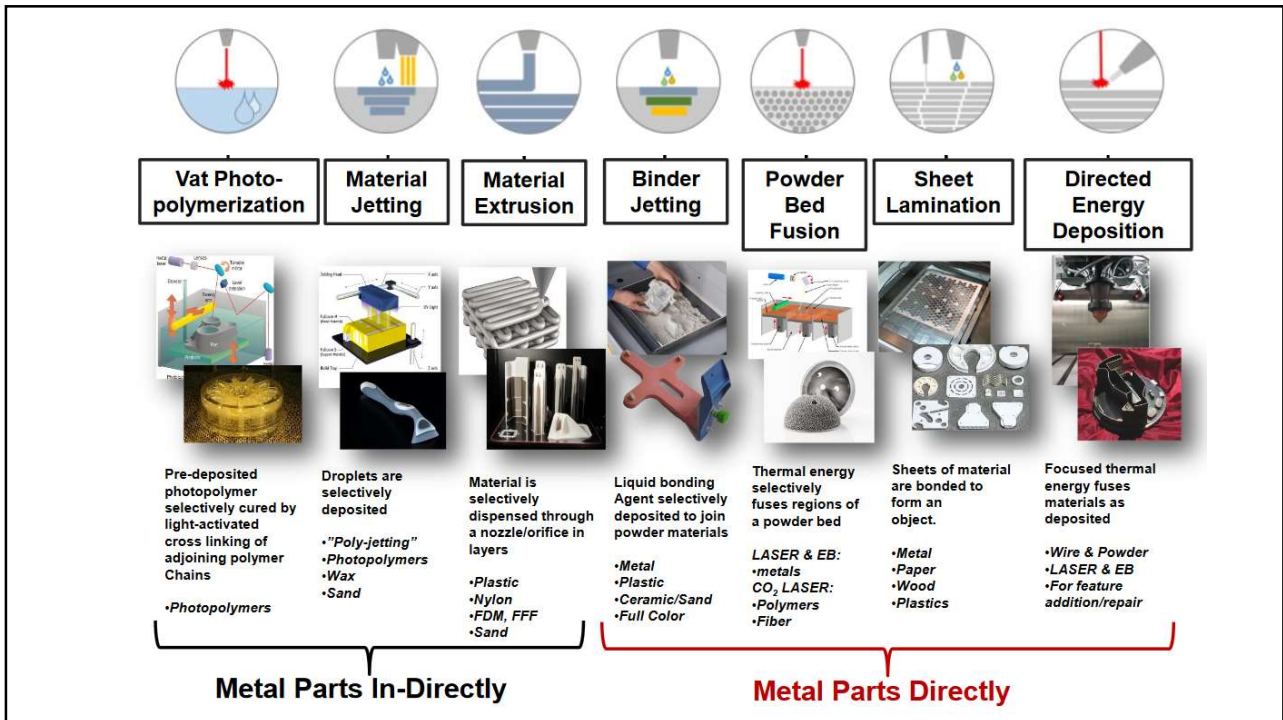


# АДИТИВНЕ ПРОИЗВОДНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Депонување применом усмерене енергије  
(Directed energy deposition)

Ламинирање фолија (Sheet lamination)



## Категорије процеса

### **1. Фотополимеризација у кади (Vat photopolymerization) /**

стереолитографија, Stereolithography (SLA)

процес адитивне производње (АП) током које течни фотополимер у кади селективно очвршћава полимеризацијом која је активирана светлошћу.

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

процес АП током којег се капљице градивног материјала (фотополимер или восак) селективно таложе.

### **3. Везивна 3D штампа / Бризгање везива (Binder jetting) / Indirect Inkjet Printing (Binder 3DP)**

процес АП током којег се течно везивно средство селективно наноси ради спајања прашкастог материјала.

3

## Категорије процеса - наставак

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

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

процес АП током којег топлотна енергија селективно топи и спаја нанети прашкасти материјали.

### **5. Екструдирање материјала (Material extrusion) / Fused Deposition Modeling (FDM); Contour Crafting**

процес АП током којег 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 током којег се фокусирана топлотна енергија (ласер, сноп електрона, плазмин лук) користи тако да топљењем споји материјал док се таложи.

### **7. Ламинација фолија (Sheet lamination) / Laminated Object Manufacturing (LOM)**

процес АП током којег се фолије материјала спајају како би формирале део.

4

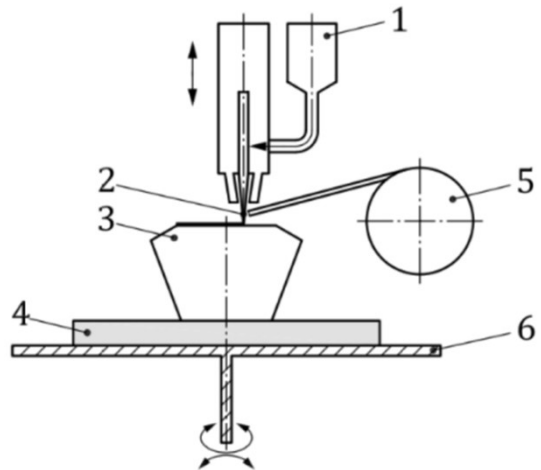
## 37. Депоновање применом усмерене енергије (Directed energy deposition)

Дефиниција према ISO 17296-1 гласи да је депоновање под дејством извора енергије поступак адитивних производних технологија у коме се фокусирана топлотна енергија користи за стапање топљењем материјала док се депонује.

1. Резервоар за прах
2. Усмерени енергетски сноп (ласер, сноп електрона, плазмин лук)
3. Производ
4. Супстрат
5. Котур жице (филамент)
6. Платформа

Могућност обраде са више оса (3-6) постиже се кретањем млазнице и платформе.

Алтернативни системи за напајање материјалом, на пример: прах убачен кроз енергетски сноп, прах убачен до енергетске жижне тачке, филамент (жица) убачена до жижне тачке снопа.



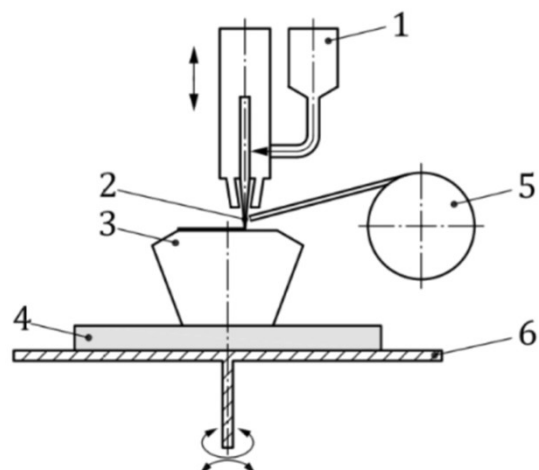
Схематски приказ принципа екструдирања материјала

**Припремак (полазни материјал):** прах или жица, типично од метала, за одређене примене керамички укључци могу бити придодати основном материјалу.

**Механизам везивања:** везивање топлотном реакцијом: топљење и очвршћавање.

**Активација:** ласер, сноп електрона, плазмин лук.

**Постпроцесирање:** побољшање квалитета површине, нпр: резањем, микро пескирањем, ласерско претапање, брушењем ил полирањем и побољшање својстава материјала – термичка обрада.



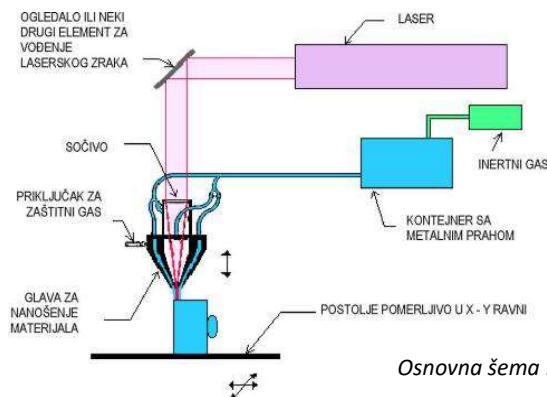
## 376. Технологија laserskog mrežnog oblikovaња

Laser Engineered Net Shaping (LENS)

Депонованье применом усмерене енергије (**Directed energy deposition**)

Tehnologija laserskog mrežnog oblikovanja - **Laser Engineered Net Shaping™ (LENS®)** je proces u principu vrlo sličan procesu selektivnog laserskog sinterovanja. Umesto da se čestice praha valjkom nanose u cilindar za sinterovanje, prah se doprema pomoću mlaza gasa kroz brizgaljke.

Model se formira očvršćavanjem nanešenog materijala formirajući na taj način potpuno očvrslu strukturu željenog modela.



LENS sistem se sastoji od lasera velike energije - tzv. Nd:YAG lasera, 3-osnog sistema za pozicioniranje i jedinice za dopremanje praha. Putanje kretanja su smeštene unutar kontrolisanog mlaza inertnog gasa (obično argon) pod pritiskom kako bi se sprečilo prodiranje kiseonika i okolnog vazduha. Laserski zrak prolazi kroz glavu za nanošenje materijala i biva fokusiran kroz fokalno sočivo na malu oblast u kojoj se vrši očvršćavanje praha.

Brizgaljka za dopremu praha je tako dizajnirana da se mlaz praha ubacuje direktno u fokusirani laserski zrak, tako da se brizgaljka i sočivo pomeraju zajedno sa glavom. Čestice metalnog praha su veličine oko 150  $\mu\text{m}$ . Laserski zrak obično deluje u središtu glave za nanošene materijala i obično je fokusiran u jednu tačku pomoću jednog ili više sočiva. Deo se zatim pomera po X-Y ravni pri čemu se formira jedan od slojeva na željenom modelu. Glava se pomera u vertikalnom pravcu, inkrementalno, za debljinu sloja.



**Prednosti:**

- Raznovrsnost upotrebljenih materijala
- Nema potrebe za naknadnim termičkim obradama
- Materijal od koga su delovi izrađeni ima finu zrnastu strukturu a samim tim i svojstva vrlo bliska teorijskim
- Mogućnost izrade delova sa velikim odnosom između dužine i prečnika (duboke rupe malog prečnika, visoki delovi tankih zidova.)
- Visok stepen iskorišćenja materijala

**Nedostaci:**

- Visoka cena mašina i pomoćne opreme
- Neophodna vazдушna komora za dobro sinterovanje
- U nekim slučajevima neophodna je završna obrada
- Skupe polazne sirovine
- Skupi troškovi održavanja opreme

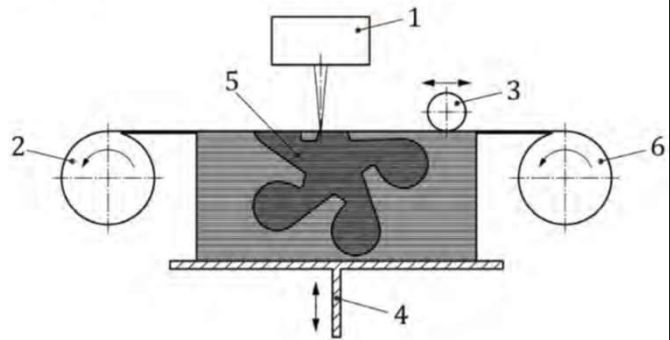




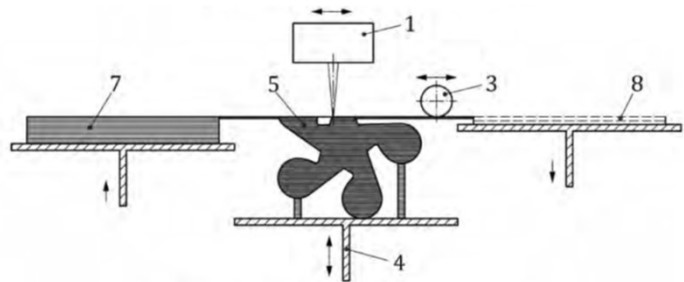
## 38. Ламинирање фолија (Sheet lamination)

Дефиниција према ISO 17296-1 гласи да је ламинирање материјала поступак адитивних производних технологија у коме се листови материјала спајају да би се оформио објекат.

1. Уређај за резање
2. Котур са отпатком
3. Ваљак за ламинирање
4. Платформа за градњу и управљање кораком
5. Производ
6. Котур са припремком



Схематски приказ принципа ламинирања материјала



**Припремак (полазни материјал):** листови материјала: уобичајено папир, метална фолија, фолије полимера или композита претеж обликовани од металног или керамичког праха који су међусобно повезани везивом.

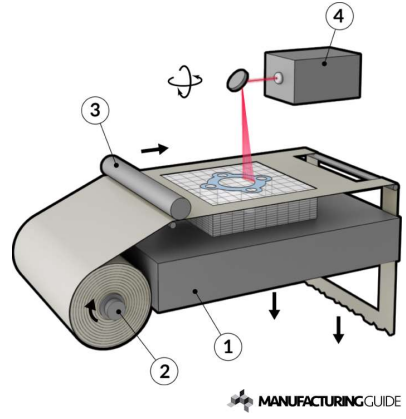
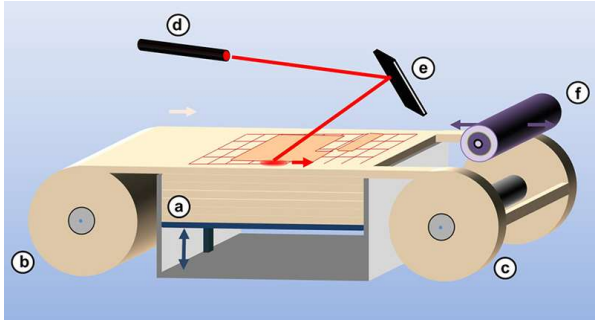
**Механизам везивања:** термичка реакција или хемијска реакција везивањем, ултразвук.

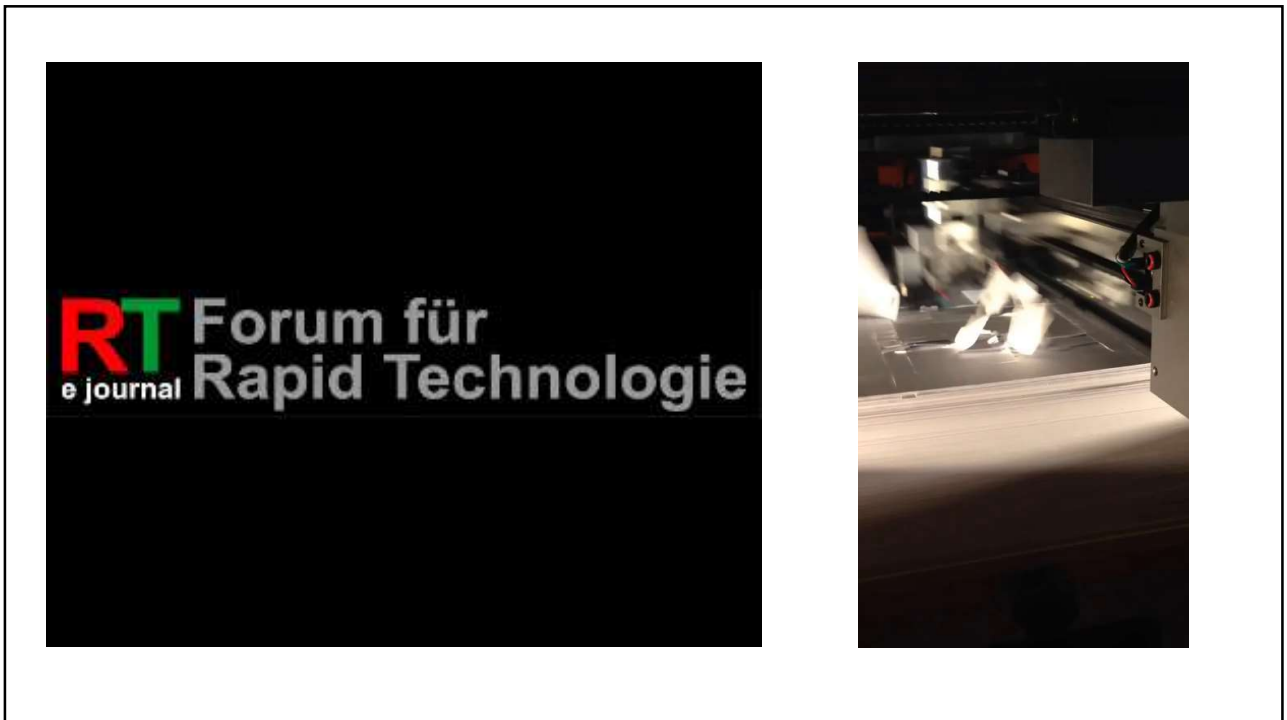
**Активација:** Извор активације: локално или потпуно загревање, хемијске реакције и ултразвучни претварачи.

**Постпроцесирање:** уклањање отпадног материјала, опционо синтеровање, инфилтрација, топлотна обрада, брушење или обрада резањем ради побољшања квалитета површине.

1. Уређај за резање
3. Ваљак за ламинирање
4. Платформа за градњу и управљање кораком
5. Производ
7. Залиха припремака
8. Отпадак





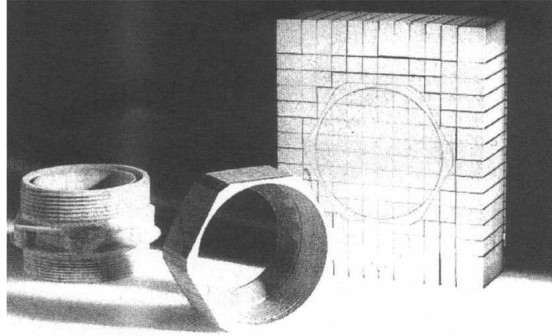


### Предности

Брзина рада  
Могућност израде делова већих димензија  
Могућност примене различитих материјала: папир, пластика, лим  
Јефтини припремци (папир)  
Добра чврстоћа  
Еколошки подобан  
Не угрожава здравље  
Без потребе очвршћавања

### Недостаци

Папир је јефтин али и нестабилан  
Постпроцесирање – отклањање вишка материјала захтева пуно ручног рада – велики отпад  
Јављају се дим и испарења  
Опасност од пожара (стално надгледање)  
Није погодан за комплексне геометрије  
Не користи се за креирање функционалних прототипова

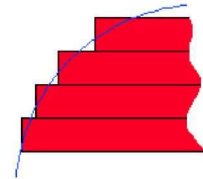


### **Модел великих димензија**

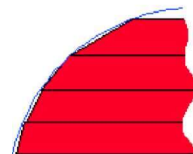
За израду прототипова великих димензија "класични" РП поступком било би потребно веома дуго времена, што би цео процес учинило економски неоправданим. С друге стране, у многим случајевима потребно је у кратком времену израдити моделе/прототипове великих димензија код којих није потребна велика тачност. У таквим случајевима могу се користити модификовани системи РП-а који се базирају на принципу ЛОМ-а. Код њих се користи јефтин материјал, на пример плоче стиропора, из којих се исеца потребан облик помоћу специјалног ножа. Један од проблема који се том приликом јавља је појава степеница.

Тај проблем је овде посебно изражен јер су плоче стиропора релативно велике дебљине (неколико центиметара). Ако се такве степенице на моделу не могу акцептирати, онда се прибегава исецању под углом који најбоље апроксимира стварну закривљеност на моделу.

Ефекат степеница код ламела већих дебљина

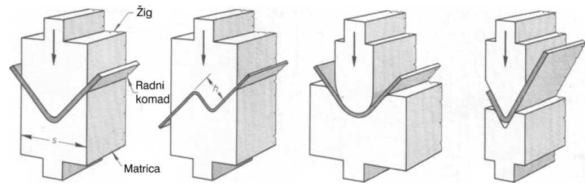


Исецање ламела под углом



*Степеничастост на моделу великих димензија*

**АЛАТ ЗА САВИЈАЊЕ НА АБКАНТ ПРЕСИ**



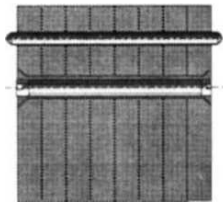
**Спајање вијцима**



**Спајање заваривањем**



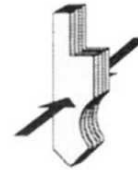
**Спајање лепљењем**



**Попречно на ламеле**



**Наношење лепка**



**Уздуж ивица ламела**

**Притискивање**

