

# Hibridni sistemi in laserska direktna depozicija za izdelavo 3D kovinskih komponent

Edvard Govekar



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za strojništvo*

Ljubljana. Okt. 10th 2016



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za strojništvo*

**Vsebina**

- 1. Uvod**
- 2. Hibridni izdelovalni sistemi**
- 3. Direktna laserska depozicija z anularnim žarkom**
- 4. Zaključki**

## Dodajalne tehnologije - argumenti

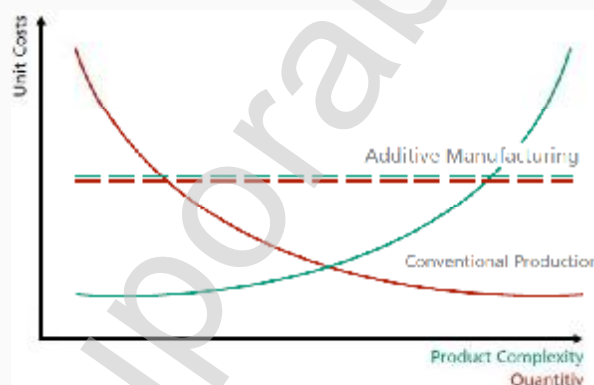
### Za:

- Geometrijsko kompleksni izdelki
- Manj materiala in krajši (lead) produkcijski časi
- Neodvisni stroški glede na kompleksnost in serijo izdelka



### Proti:

- Počasen postopek
- Nekontrahirana kakovost
- Naknadna obdelava



3

## Industrijske panoge - uporabnice dodatnih tehnologij



Automotive



Aviation and Aerospace



Electronics



Medicine



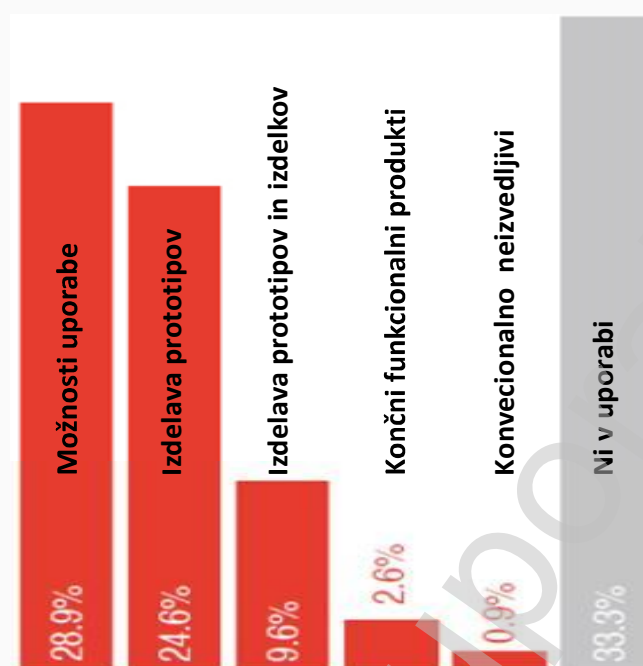
Energy Technology



Consumer Goods

4

## Uporaba aditivnih tehnologij v industriji (2014)



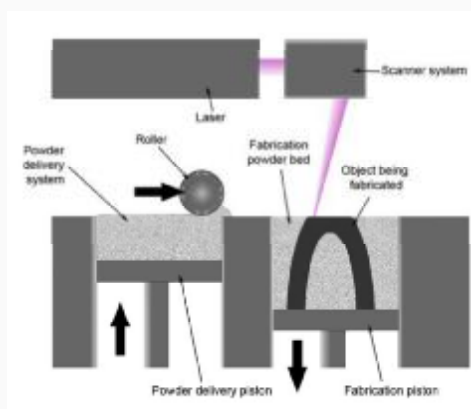
5

## Obstoječe aditivne tehnologije v praksi

Stanje snovi	Trdne snovi ( polimeri, kovine, keramika)			Tekoča snov (n.p. plastika)		
Oblika snovi	Prah		Žica	List	Brez oblike	
Material	Kovina		Plastika			
Proces	Taljenje in strjevanje			Rezanje in sestavljanje	Polimerizacija	
Tehnologija	DLD	SLT	SLT	Ekstruzija	Laminirana izdelava	Stereolitografija
Primeri						

6

## SLT vs. DLD



	Selektivno lasersko taljenje	Direktna laserska depozicija
Proces:	Taljenje predhodno nanesenega prahu	Taljenje sprotno dodajane prahu
Uporaba	Prototipi, Izdelki	Prototipi, izdelki, popravki, oplaščenje
Sistem	Zaprta komora	Lahko odprt
Naknadni postopki	Pogosto potrebni	Vedno potrebni
Velikost / hitrost	1/1	<u>10/10x</u>
Točnost	10 – 50 μm	50 – 200 μm

7

## Področja uporabe direktne laserske depozicije kovin

Izdelava 3D komponent

Obdelovanci:  
Maloserijske komponente:  
1) Letalska industrija  
2) Medicina  
3) Avtomobilska industrija  
4) Izdelava kalupov

Popravila

Obdelovanci:  
Popravila komponent:  
1) Orodja  
2) Turbinske lopatice  
3) Medicina

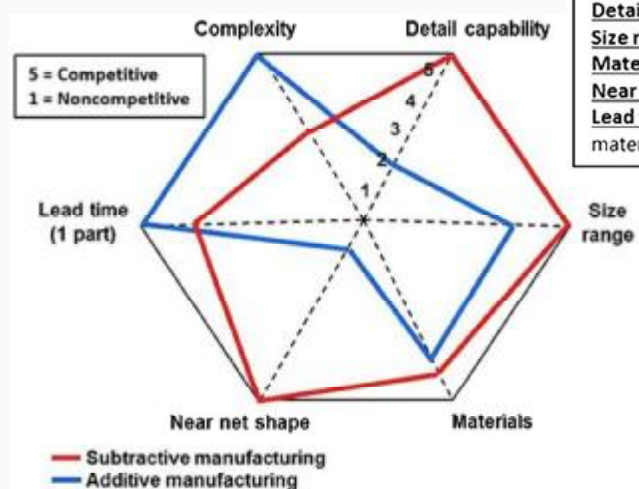
Zaščitne plasti

Obdelovanci:  
Nanašanje zaščitnih / funkcionalnih plasti:  
1) Valji  
2) Krojene lastnosti površin

Geometrijska odstopanja in hrapavost površine

8

## Komplementarnost dodajalnih in odzermalnih tehnologij



**Complexity:** Geometric complexity that can be provided by a process  
**Detail capability:** Accuracy of the part feature that can be provided by a process  
**Size range:** Ability to make very small and very large parts by a process  
**Materials:** Ability to use a wide range of materials by a process  
**Near net shape:** Closeness to final form that can be provided by a process  
**Lead time (1 part):** Time required to produce 1 prototype part including tooling & materials procurement, etc.



### Hibridni (dodajalni – odrezovalni) sistemi

9

## 2. Hibridni sistemi

### Lumex, Sodik, DMG MORI, Mazak

#### SLM + obdelovalni center



#### DLD + 5-osno frezanje in struženje



	SLM	DLD
Točnost	10-50 $\mu\text{m}$	50-200 $\mu\text{m}$
Hitrost	Majhna	Srednja
Sistem	Neprodušno zatesnjena	Odprta
Velikost izdelka	Majhna	Velika
Ciljni izdelki	Orodja, kalupi	Splošni kosi, popravila, nanos zaščitne plasti

10

## Izvedbe združevanja DLD in odrezavanja



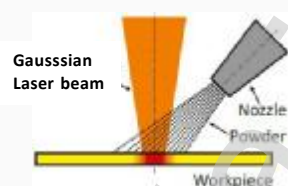
Problematika prisotnosti prahu  
v odrezovalnih centrih



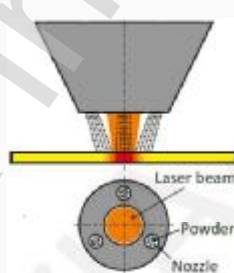
11

## Obstoječi in anularni koncept dodajne šobe

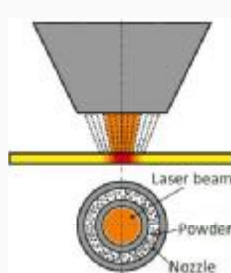
Stranska šoba



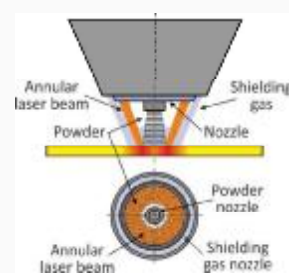
Diskretna koaksialna



Zvezna koaksialna

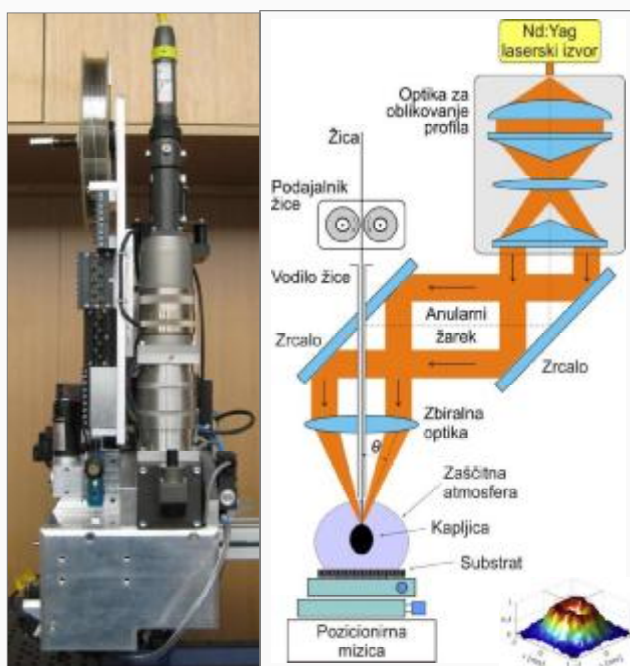


Anularna aksialna

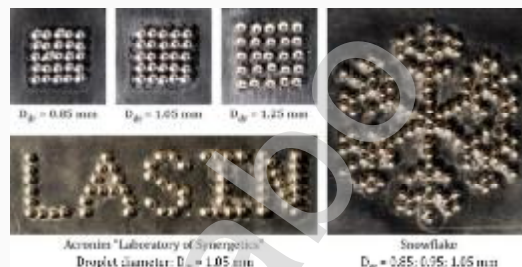


12

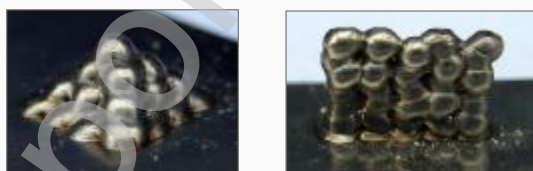
## Izvorna ideja – sistem za tvorjenje kapljic iz žice



### 2D strukture



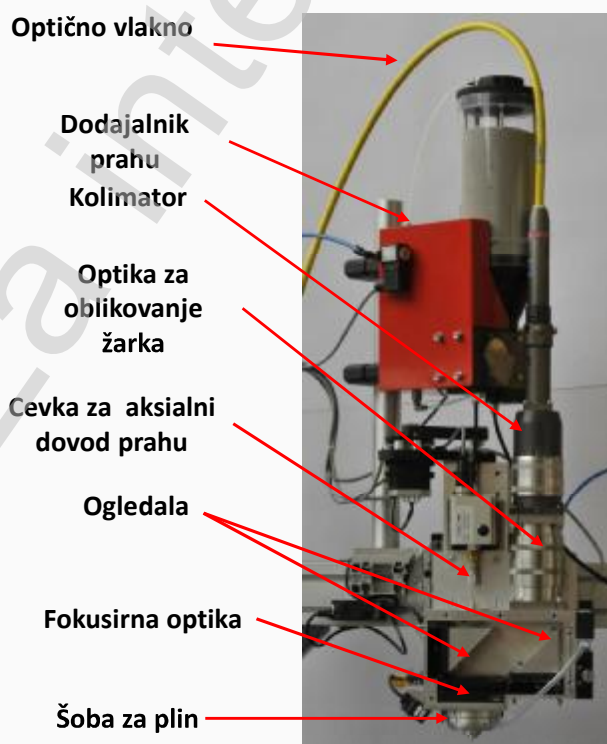
### 3D strukture



E: Govekar et.al . Journal of materials processing technology, 2016, vol. 227, str. 59-70,

13

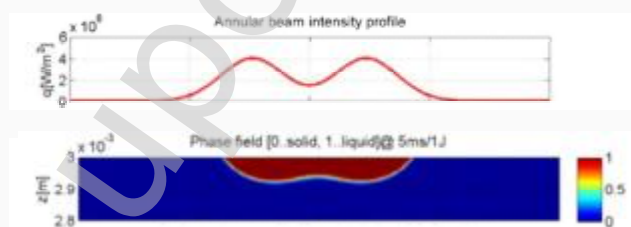
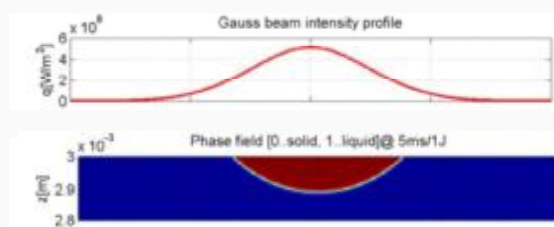
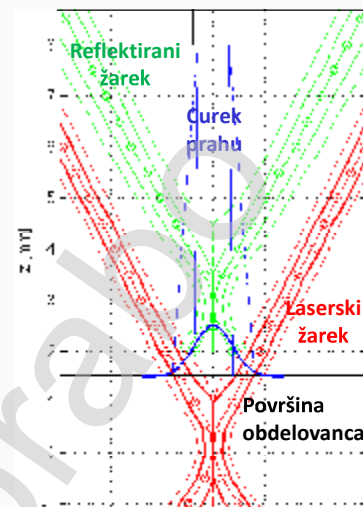
## Glavne komponente anularne laserske glave



14

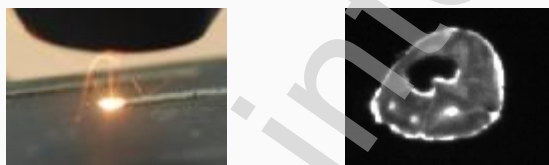
### Motivacija

- **Višji izkoristek prahu** (blizu 100%) zaradi geometrijskih relacij
- **Manjše senčenje laserskega žarka** zaradi geometrijskih relacij
- **Manjše zaostale napetosti, poroznost, dilucija** zaradi porazdelitve intenzitete anularnega laserskega žarka

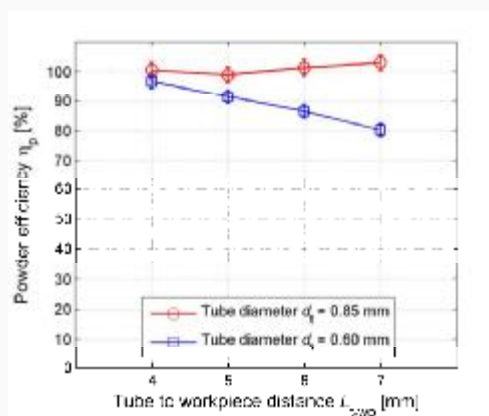
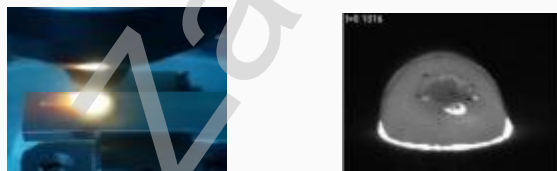


### Proces direktne depozicije z anularnim laserskim žarkom

Pulzni laser (250w)



CW laser (2.5 kW)







**Nadaljne delo:**

- Sistematične raziskave zveznega procesa anularnega laserskega navarjanja prahu
- Primerjalna analiza anularno vs. konvencionalen lasersko navarjanje glede na:
  - Izkoristek prahu,
  - Senčenje laserskega žarka,
  - Lastnosti navarjenega sloja
  - Večnivojsko navarjanje in izdelava 3D komponent
  -
- RR sodelovanje z industrijo

**Hvala za pozornost !**

