



Snežana Ćirić Kostić

Aдитивна proizvodnja komponenti visokih mehaničkih performansi

ЗД Импулс

Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu



Sadržaj



Laboratorija «3D Impuls»



Princip i primena AP



Nauka u praksi– istraživanja mehaničkih svojstava



Umesto zaključka



Laboratorija «3D Impuls»

IMPuls



Laboratorija “3D Impuls”

- 3D štampa



- 3D skeniranje





Projekti

- **IMPuls**

- EU projekat, RSEDP2 program, 2011-2013
- ~1.000.000 EUR
- Raški, Rasinski i Moravički okrug

- **USAID**

- Modeli saradnje MSP-Univerzitet
 - Velika Britanija
 - Republika Češka
- Promocija 3D tehnologija



IMPuls

Projekti

Razvoj proizvoda

❑ 3D Plus

- RAS, 2017
- PKS i FMG

❑ INOVACIONI VAUČERI

- Inovacion fond, 2018-2020

Obuke za privredu

❑ DIGITALNE TEHNOLOGIJE ZA RAZVOJ PROIZVODA

- PKS i GIZ, 2018

Istraživanja

FoFAM, HORIZON 2020

AM-MOTION, HORIZON 2020

A_MADAM

- HORIZON 2020 program, Marija Kiri akcije, RISE poziv 2017-2020
- Advanced design rules for optiMAI Dynamic properties of Additive Manufacturing products



Reference ~200

LEONI

GOMMA
LINE

damson

prvi partizan.

EUROICC

Agencija za nove tehnologije
"MIM-TEHNOLOGIJE"

160 years
Zastava
a r m s

BrainTrain

IMP

RT-RK

INMOLD
mold design & produ

NB I.N.A.T.
NB INTERNATIONAL NEW ARMS TECHNOLOGIES

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ БЕОГРАД

IP8

RT-RK

svako dobro
Hemofarm
član STADA grupe

ATI-TERMING
AQUA TERM INVEST-TERMING

LOGIC
www.d-logic.net

PROIZVODNJA TERMOENERGETSKE OPREME

CINI

BUCK

CIMOS
AD KRUŠIK - PRECIZNI LIV

RASINA

D logic

turbo.servis
Užice

ELEX COMMERCE Beograd

insomnia

TCS
TürControlSysteme

Omni
PROJEKT

EVROTEHNA
RAZVODNI ELEKTRO ORMANI

PHOTON
OPTRONICS

ORAO
1944

pygmy
TITAN

Feniks Elektro Inženjering d.o.o.

SINEL
d.o.o. - Labin - Croatia

1009
TRAYAL
KORPORACIJA

KORALI

ekofarm
D.O.O. UŠČE SRBIJA

MAREL
PRIVREDNO DRUŠTVO
ZA PROIZVODNJU PROMET I USLUGE

METALKA
MAJUR

SPOKTAR

PoliplasT

MET
HIGH TECHNOLOGY
By Dragičević

MTTCO
the most advanced technology center in Bosni
Center for Advanced Technologies

elit
inox



ALING CONEL

VISARIS

Aero-East-Europe
SILA Serbian Industry Light Aircraft
JAR - PART 21 VLA & 23 GA

ATM

METALKA
MAJUR

PoliplasT

MTTCO
the most advanced technology center in Bosni
Center for Advanced Technologies

Omni
PROJEKT

EVROTEHNA
RAZVODNI ELEKTRO ORMANI

Feniks Elektro Inženjering d.o.o.

ekofarm
D.O.O. UŠČE SRBIJA

MAREL
PRIVREDNO DRUŠTVO
ZA PROIZVODNJU PROMET I USLUGE



Princip i primena AP



Aditivne proizvodne tehnologije

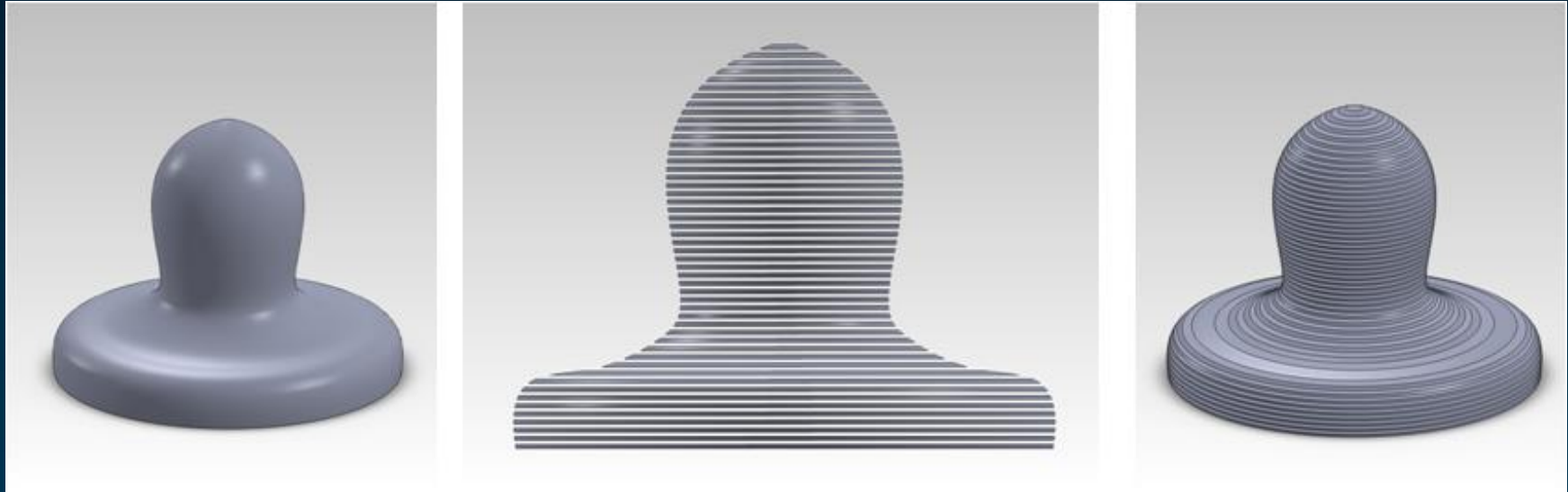
- Tradicionalne proizvodne tehnologije
 - Tehnologije oduzimanja materijala
 - Tehnologije oblikovanja materijala



- Aditivne proizvodne tehnologije
 - Tehnologije dodavanja materijala



Aditivna proizvodnja



- Proizvodnja dodavanjem slojeva
- Materijal
 - Prah, tečnost, žica, folija...
- Alati nisu potrebni
 - Kompjuterski upravljana mašina

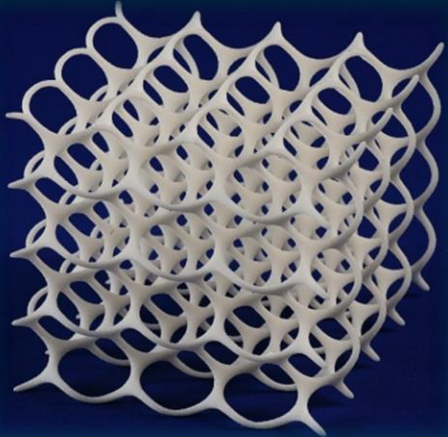
Aditivna proizvodnja





Aditivna proizvodnja

- Zašto-prednosti?
 - Mogućnost proizvodnje složenih oblika



- Kratko vreme pripreme proizvodnje
- Nezavisnost cene i vremena proizvodnje od oblika proizvoda
- Proizvodnja prilagođena pojedincu

Aditivna proizvodnja

- Kada?
 - Vreme kritično
 - Oblik kritičan
 - Obim proizvodnje kritičan



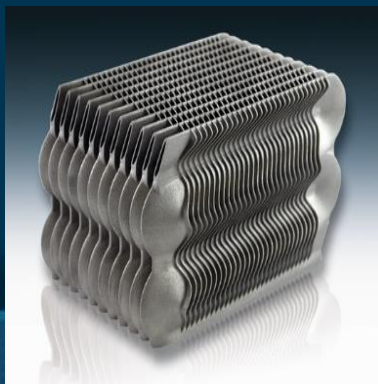
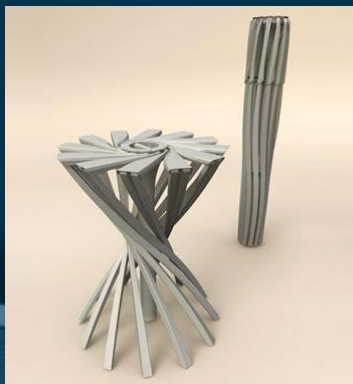


Izazov za konstruktore

da prevaziđu postojeće paradigme konstruisanja

- Nova rešenja u dizajnu- Dizajn za AM
 - Dizajn za smanjenje mase
 - Bionički dizajn
 - Dizajn za topološku optimizaciju
 - Dizajn za multi-funkcionalnost ostvarenu oblikom
 - Dizajn za funkcionalnost
 - Dizajn za optimizovano hlađenje alata
 - ...

Saznaj i
razmišljaj na
nov način





Oblasti primene

Aditivne proizvodne tehnologije

Koncepcioni
modeli

RP

Funkcionalni
prototipovi

Alati

RT

Proizvodi

RM



Oblasti primene

Aditivne proizvodne tehnologije

**Koncepcioni
modeli**

**Funkcionalni
prototipovi**

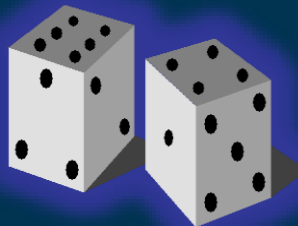
RP



**Funkcionalni
prototip?**

Cena razvoja proizvoda
konstruisanje 10%
Funkcionalni prototip <1%

Novi
proizvod



IMPuls

Brza izrada prototipa



Train door opener

Laser-sintered functional prototype of a door opener for a sliding train door

Brza izrada prototipa



Mogućnost istovremene izrade velikog broja
varijantnih rešenja istog proizvoda!



Oblasti primene

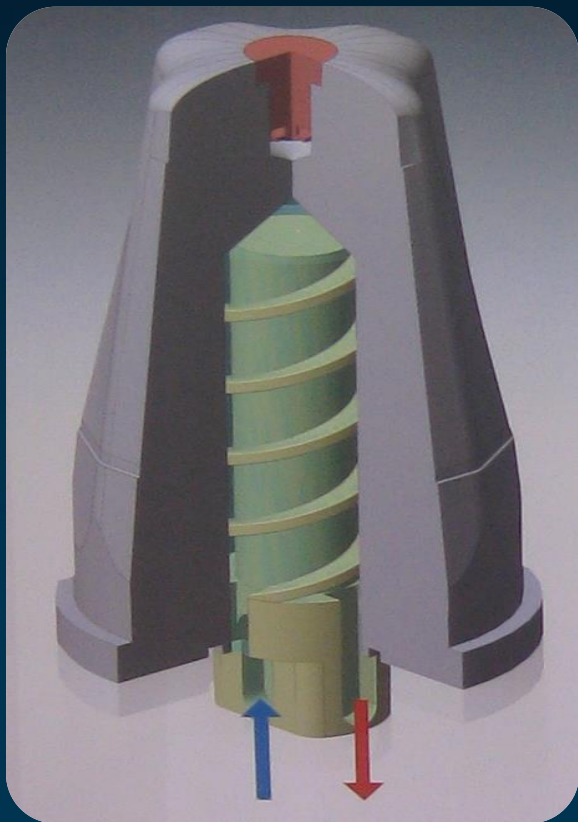
Aditivne proizvodne tehnologije

Alati

RT



Alati sa optimizovanim hlađenjem



Vreme ciklusa: 24 sek

Konvencionalan način



Vreme ciklusa : 13,8 sek

DMLS tehnologija

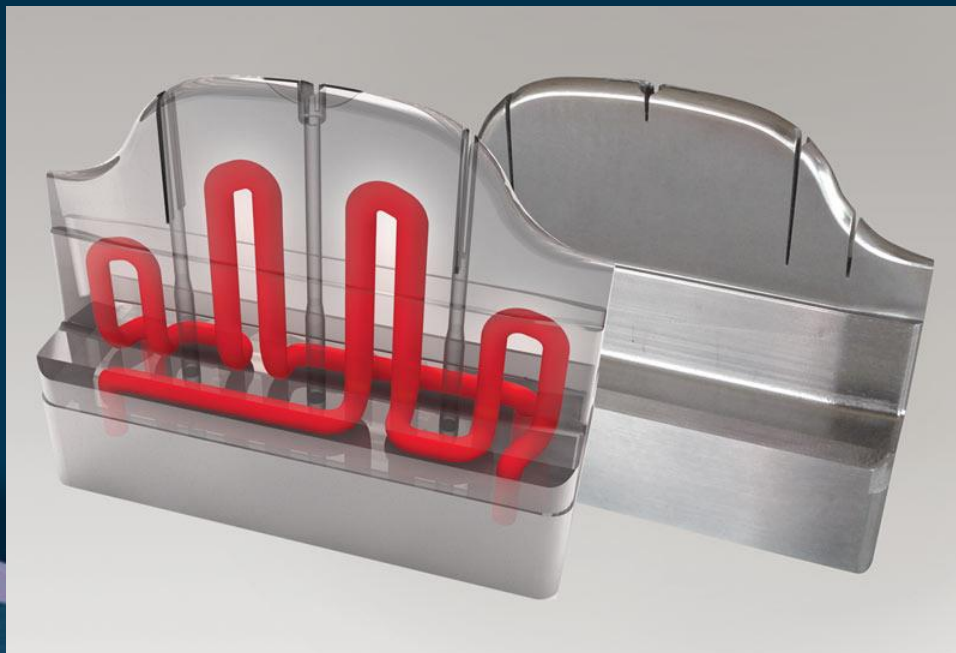


IMPuls



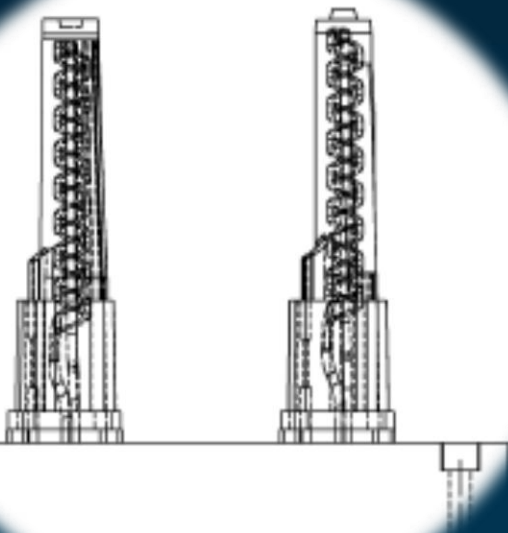
Primeri iz prakse

- Alati sa optimizovanim hlađenjem





Alati sa optimizovanim hlađenjem

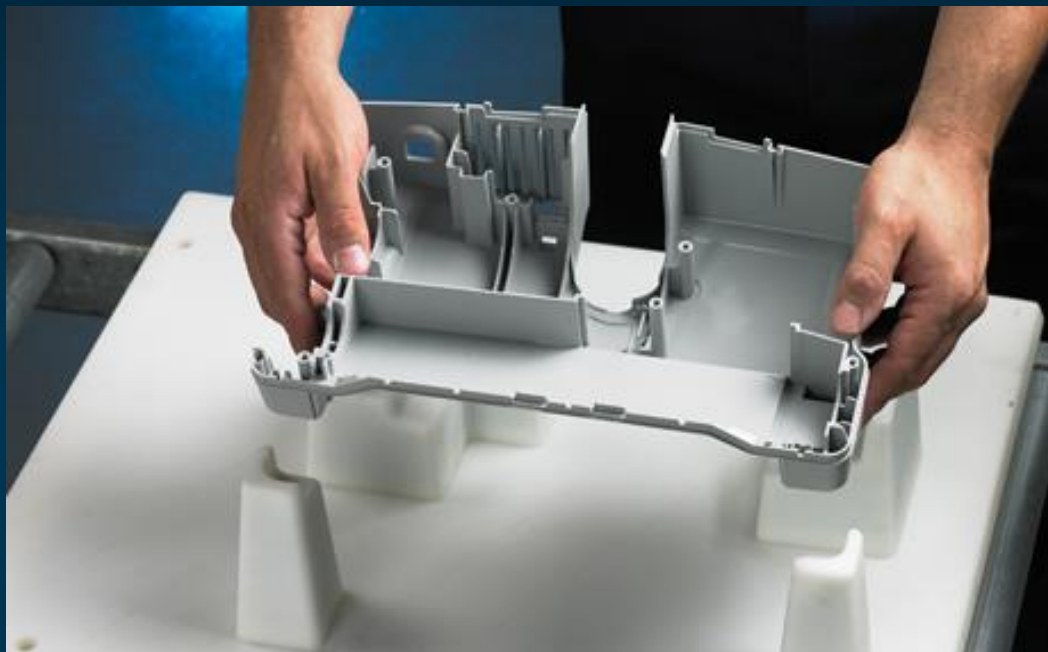


Alat za ručnu kočnicu





Pomoční alati





Oblasti primene

Aditivne proizvodne tehnologije

Proizvodi

RM

IMPuls



Proizvodi

- Delovi smanjene težine



Bearing block
Bearing block



Airduct
Airduct



Proizvodi

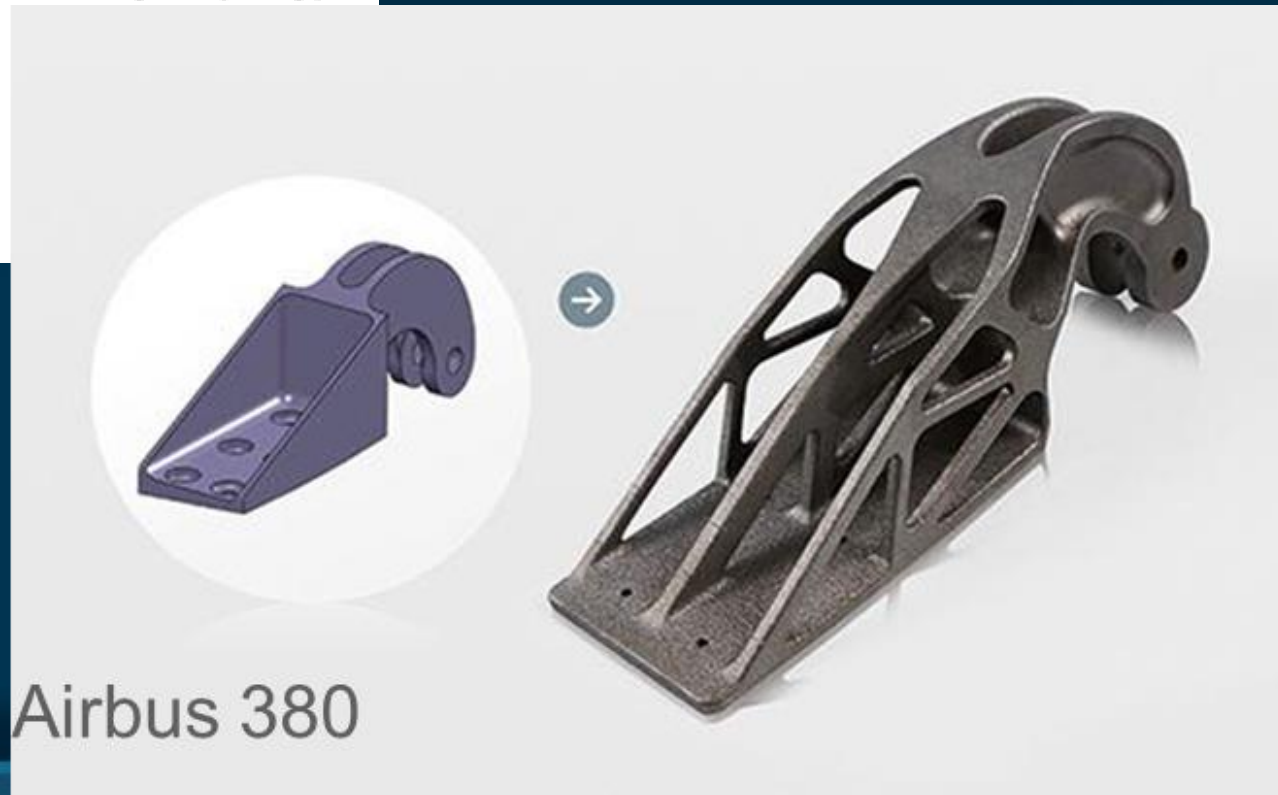
■ Delovi smanjene težine

- Material: Ti64

Benefits

- A 60% weight saving was achieved through topology optimization
- Significant cost reduction

- **topološka optimizacija**
- rešetkaste i ćelijske structure
- primena bioničkih principa i transformacija oblika iz prirode





Primeri iz prakse

- Male serije





Primeri iz prakse

- Male serije





Primeri iz prakse

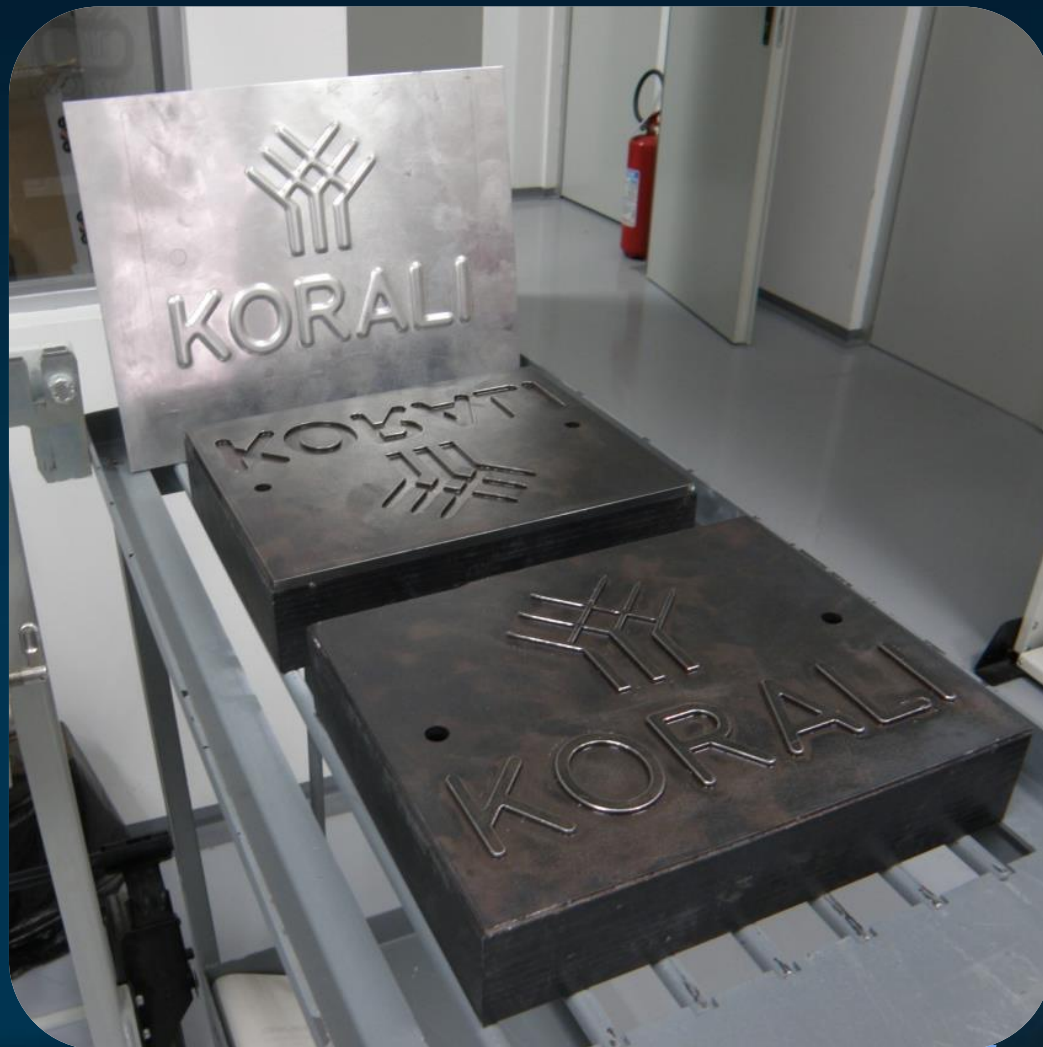
- Rezervni delovi





Primeri iz prakse

- Nadogradnja
- Reparacija



IMPuls



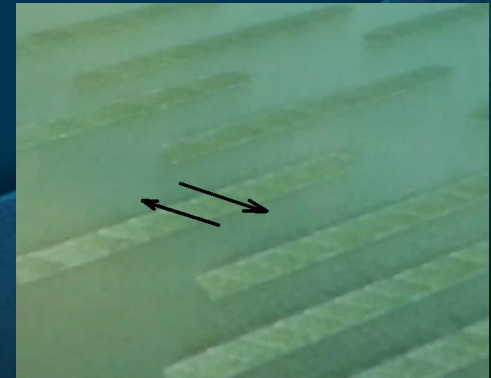
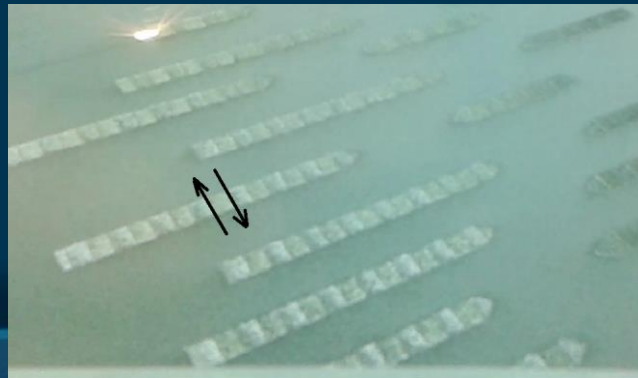
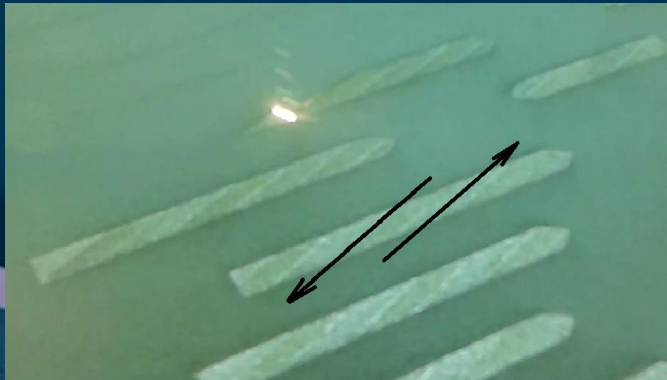
Nauka u praksi– istraživanja mehaničkih svojstava

IMPuls

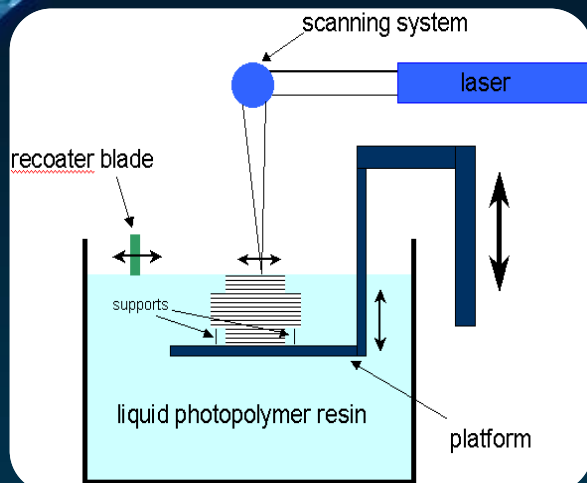


Mehanička svojstva AP proizvoda

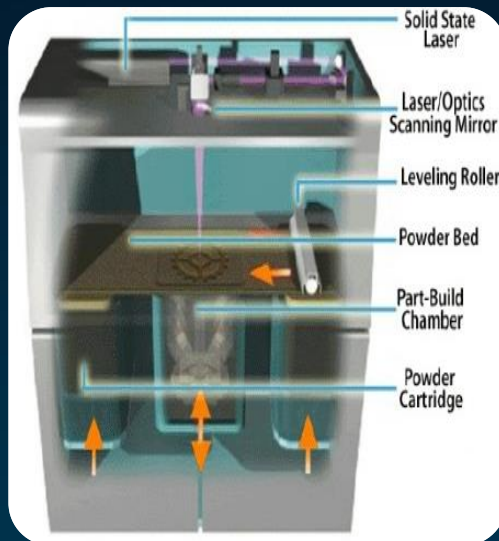
- Mehanička svojstva proizvoda
 - Dizajn
 - Materijal
 - Tehnologija
- Aditivne tehnologije
 - Debljina sloja
 - Struktura sloja
 - Spajanje slojeva



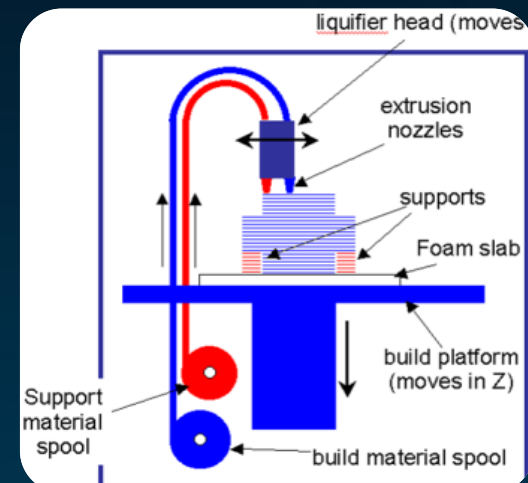
AP tehnologije



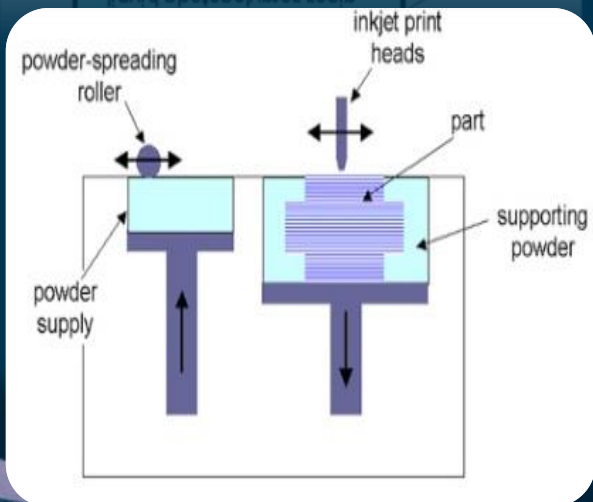
SLA



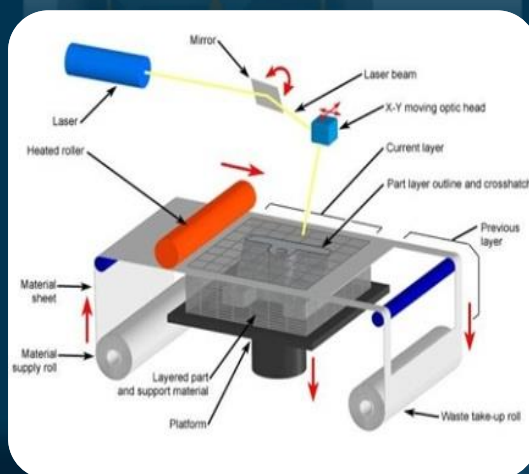
SLS/DMLS



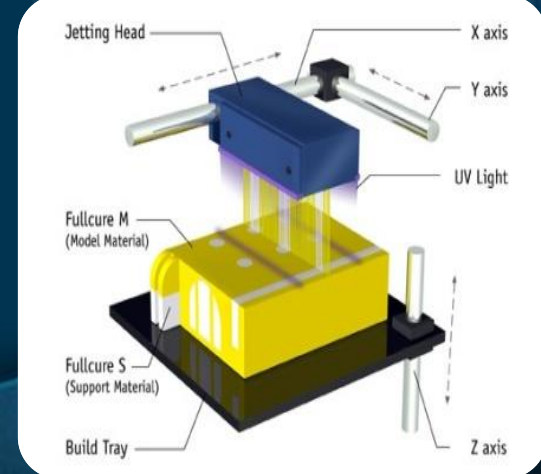
FDM



Vezivna 3D štampa



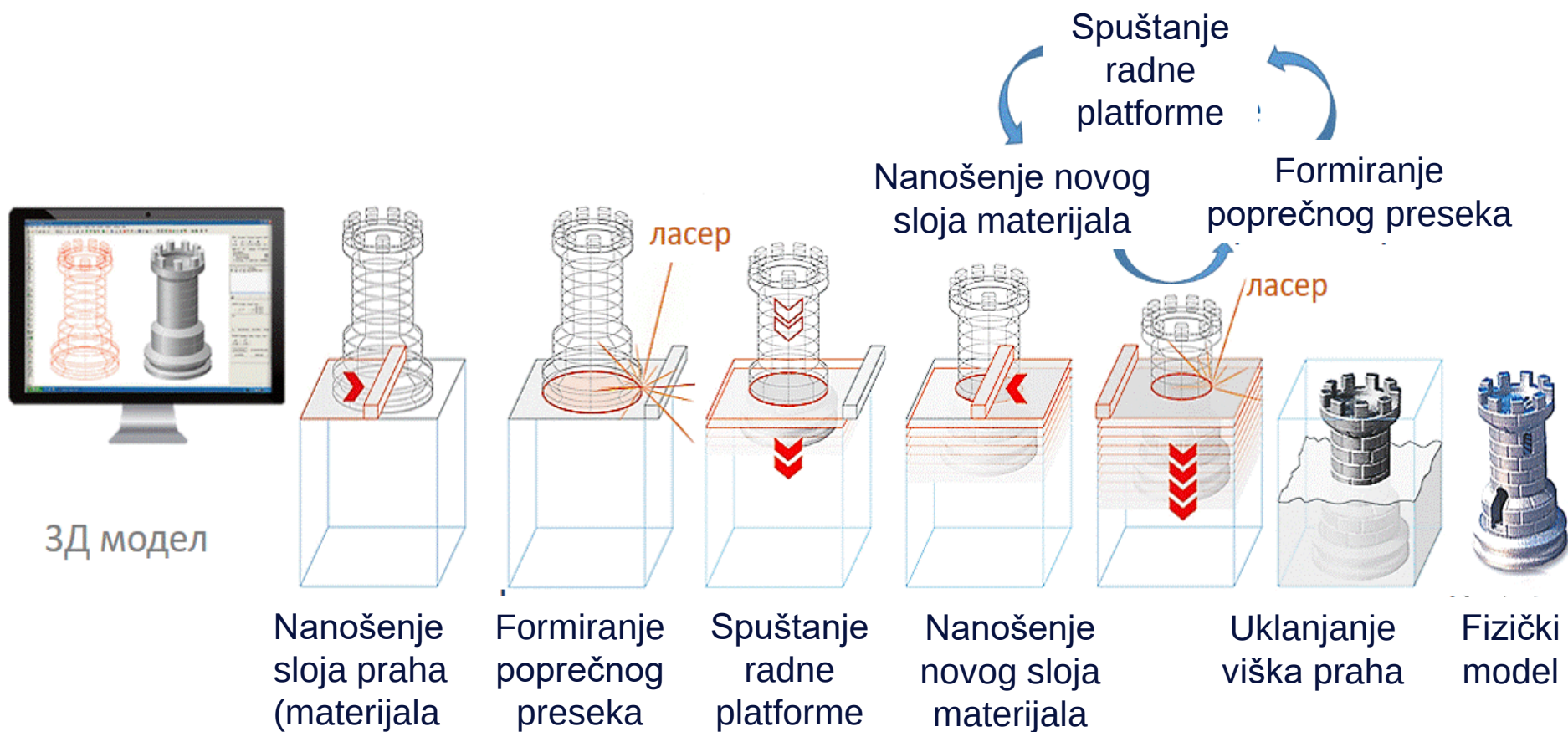
LOM



INK-JET

SLS/DMLS tehnologije

■ Princip

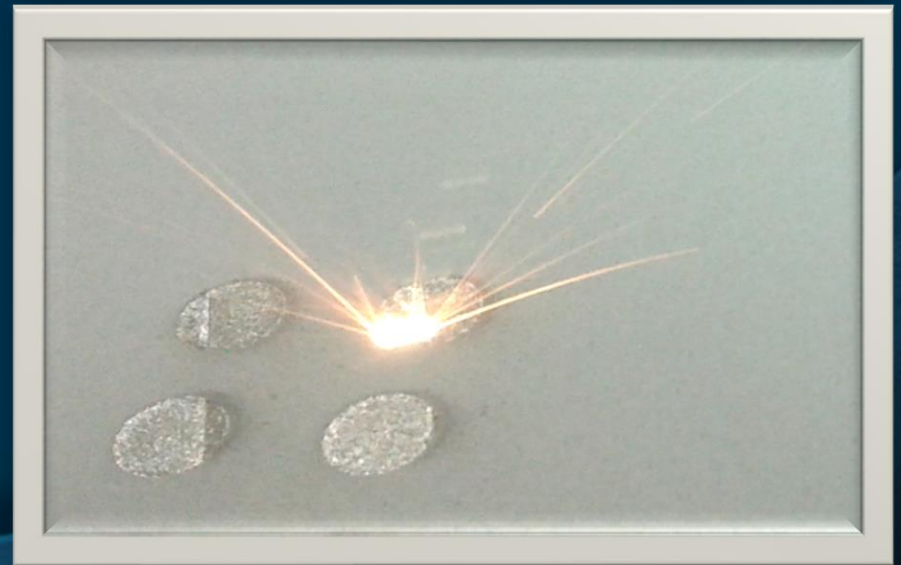




DMLS - Materijali

Materijali - **metali**

- MS1- Alatni čelik (18 Mar 300 / 1.2709)
- PH1- Nerđajući čelik (15-5 / 1.4540)
- 316 L
- Inkonel
- Titanijum
- Aluminijum
- Kobalt hrom
- ...





SLS - Materijali

Materijali – polimeri

- PA 2200
- PA 3200 GF
- PA 2210 FR
- ALUMIDE®
- CarbonMide®



Bearing block
bearing block



Steering wheel
steering wheel



Train door opener

Laser-sintered functional prototype of a door opener for a sliding train door

opener for a sliding train door
laser-sintered functional prototype of a door



Rubber boot sole

ALUMIDE material as DirectTool for rubber injection moulding.

injection moulding.
ALUMIDE material as DirectTool for rubber



SLS/DMLS tehnologije

- Mehanička svojstva
 - Statička svojstva
 - Ispitana
 - Garantuje proizvođač
 - Dinamička svojstva

SLS/DMLS tehnologije

■ Mehanička svojstva

■ Statička svojstva

- Ispitana
- Garantuje proizvođač

Property	Test method	Units	Specification	Result
Density	Weighing in air and water acc. to ISO 3369	g/cm ³	≥ 8.0	8.1
Tensile properties in heat treated condition*	Tensile testing acc. to DIN EN ISO 6892-1:2009 B10			
Yield strength R _{p0.2%}		MPa	≥ 1862	1980
Tensile strength R _m		MPa	≥ 1930	2025
Percentage elongation after fracture A ₂₅		%	≥ 2	6
Hardness in heat treated condition*	Hardness testing acc. to EN ISO 6508-1	HRC	-	54

EOS

Mill Test Certificate

Properties of laser processed EOS MaragingSteel MS1 material

Following properties have been determined on laser processed EOS MaragingSteel MS1 lot 0461701 when processed in following setup:

- EOSM1 M2750 machine
- EOS Parameter Set MS1_Performance 1.0
- EOS MaragingSteel MS1

Property	Test method	Units	Specification	Result
Density	Weighing in air and water acc. to ISO 3369	g/cm ³	≥ 8.0	8.1
Tensile properties in heat treated condition*	Tensile testing acc. to DIN EN ISO 6892-1:2009 B10			
Yield strength R _{p0.2%}		MPa	≥ 1862	1980
Tensile strength R _m		MPa	≥ 1930	2025
Percentage elongation after fracture A ₂₅		%	≥ 2	6
Hardness in heat treated condition*	Hardness testing acc. to EN ISO 6508-1	HRC	-	54

*Heat treatment: 610°C/2h/100°C

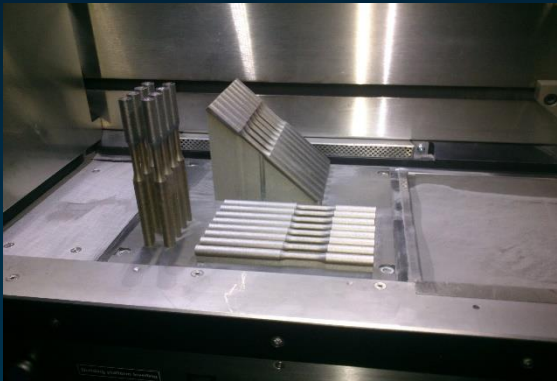
MIL MS1 Certificate: 2011100000
Version: 001.001.001

EOS GmbH
Landsiedelstrasse 26
D-85630 Telfs, Austria
Tel.: +49 (0)89 3090-1000
Fax: +49 (0)89 3090-1001
www.eos3d.com



SLS/DMLS tehnologije

- Mehanička svojstva



- Dinamička svojstva
 - Nepoznata
 - Projekat A_MADAM



HORIZON 2020

AM
amadam
additive manufacturing

Coordinator
FAKULTET ZA MASINSTVO I GRADJEVINARSTVO
U KRALJEVO UNIVERZITETA U KRAGUJEVCU
www.mfkv.rs

Partners
ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA DI BOLOGNA
www.unibo.it DIN department

STUDIO PEDRINI SRL
www.studiopedrini.it

TOPOMATIKA DOO
www.topomatika.hr

PLAMINGO DOO
www.plamingo.net

HORIZON 2020
The framework programme
for research and innovation

734455 (A_MADAM) - MSCA-RISE
Call: H2020 MSCA-RISE 2016
Topic: MSCA-RISE-2016
Unit: REA/A/03

PROJECT SUPPORTED BY
European Commission



Umesto zaključka



Gde je sad AP?

Ključna tehnologija za poboljšanje konkurentnosti industrije EU

- brza
- delokalizovana
- fleksibilna proizvodnja

FoFAM, HORIZON 2020

AM-MOTION, HORIZON 2020



- Izvod iz strategije razvoja AP u EU
 - Sertifikovane obuke
 - Razviti i uključiti kurseve u redovne programe na fakultetima
 - Obezbediti odgovarajuću literaturu
 - Pravila dizajna za AP
 - Standardizacija
 - procesa
 - materijala
 - proizvedenih delova

Aditivna proizvodnja i Industrija 4.0

<https://www.additiveindustries.com/systems/metalfab1>

Additive Industries

MetalFAB1

- modularnost
- 2-11 modula
- optimizacija parametara prema specifičnim potrebama preduzeća



Aditivna proizvodnja i Industrija 4.0

Digital marketplaces

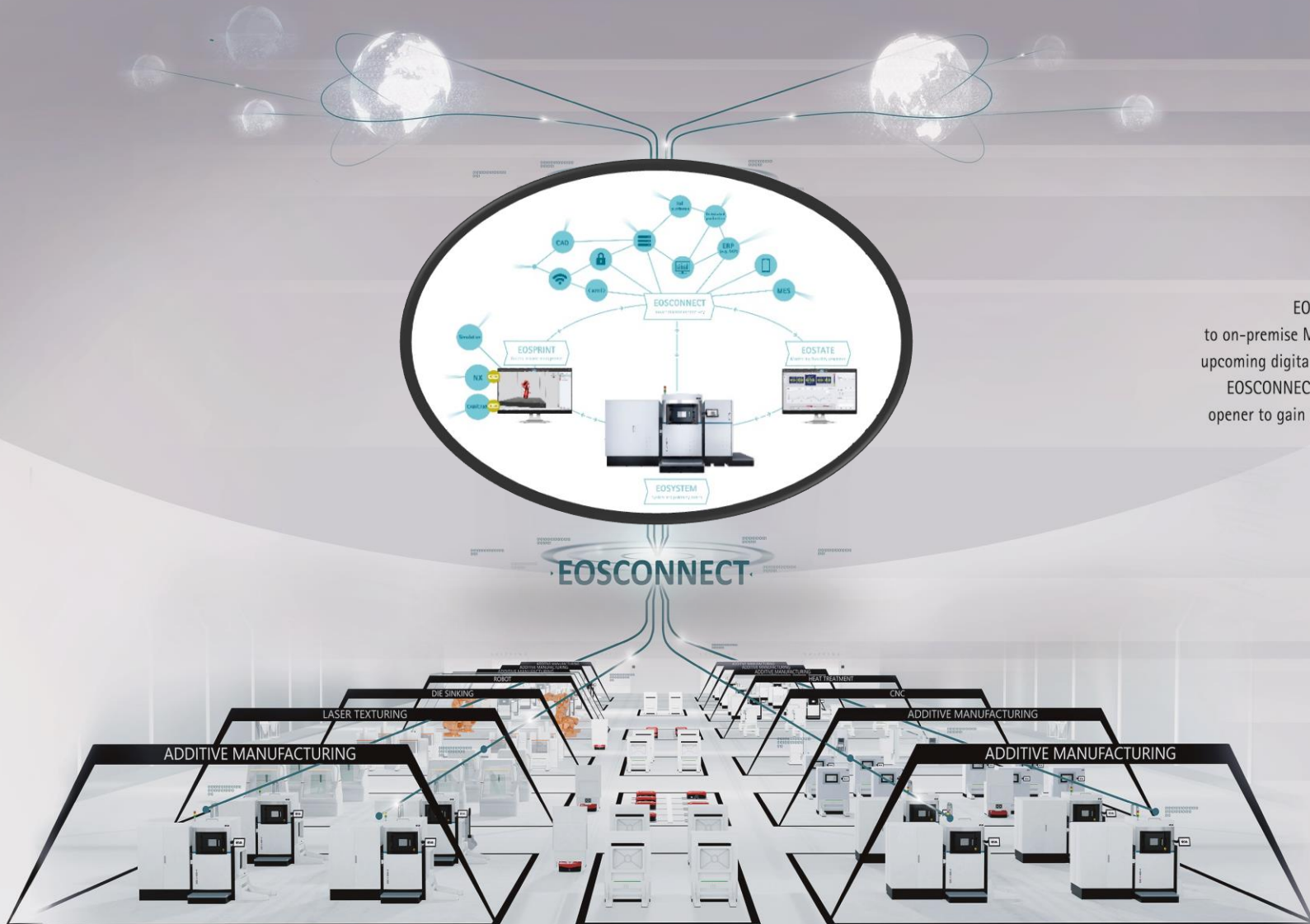
IoT

EOS solutions are highly connective to on-premise MES | ERP solutions but also serve upcoming digital marketplaces and IoT platforms. EOSCONNECT will be the most advanced gate opener to gain flexibility and increase efficiency.

MES | ERP

Shopfloor

Machine



[illegible]

impuls@mfkv.kg.ac.rs