

3D-print i metall

Roland Stolt, Tekniska Högskolan i Jönköping

2021-06-02

ROLAND STOLT

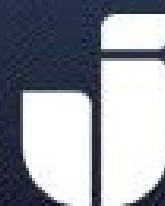
Docent

- Forskare inom produktutveckling
- Datorstöd för konstruktion (CAD, PLM)
- Konstruktion för tillverkning (DFA, DFM)
- Additiv tillverkning



INNEHÅLL 2021-06-02

- Skrivare för metall
- Material
- Utformning och exempel av komponenter
- Framtidsutsikter för metallprint



JÖNKÖPING UNIVERSITY

JÖNKÖPING UNIVERSITY (JU) BESTÅR AV FYRA SKOLOR

- Tekniska Högskolan (2, 3 och 5 åriga tekniska utbildningar)
- Handelshögskolan (International Business School)
- Lärarhögskolan (Högskolan för lärande och kommunikation)
- Hälsohögskolan

JU

Utbildning

- Omsättning: 1 030 mnkr.
- 7 710 helårsstudenter (exkl. uppdragsutbildning)
- 11 937 registrerade studenter.
- 450 lärare
- 2 876 avlagda examina.

Forskning

- Omsättning: 254 mnkr.
- 49 professorer (årsarbeten)
- 181 aktiva doktorander
- 19 doktorsexamina

ADDITIV TILLVERKNING

- Addera – Lägga till material till något
- Additiv tillverkning
- Subtraktiv tillverkning (fräsa, svarva, borra...)



OLIKA TYPER AV ADDITIV TILLVERKNING



Powder Bed

Binder Jetting

Metal, Polymer, Ceramic



Nozzle

**Direct Energy
Deposition**

Metal powder and wire



Vat

**Vat Photo -
polymerisation**

Photopolymer, Ceramic
(SLA)



Sheet

Sheet Lamination

Metal, Polymer, Ceramic

Powder Bed Fusion

Metal, Polymer, Ceramic (SLS,
SLM, EBM)

Material Extrusion

Polymer filament (FDM, FFF)

Material Jetting

Photopolymer, wax

See:
[http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/th
e7categoriesofadditivemanufacturing/](http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/)

ISO/ASTM Standard Terminology

ADDITIV TILLVERKNING I METALL

- SLM (Selective laser melting, pulverbädd laser)
 - EBM (Electron Beam Melting, pulverbädd elektronstråle)
 - DED (Direct energy deposition, typ svetsrobot)
 - Binder Jetting (pulverbädd med limning av lager)
 - FDM (Som plast men med metallpulver i filamentet)
 - DLD (Digital light processing, fotopolymer med inblandat pulver)
- } Efterföljande sintring i ugn
1150°C

3D SKRIVARE

Plast, FDM



★★★★★

Creality Ender-3 V2 3D-skrivare

3 320

Säljs och levereras av: elefun.se



★★★★★

Creality LD-002R - DLP 3D-skrivare

3 330

Säljs och levereras av: elefun.se



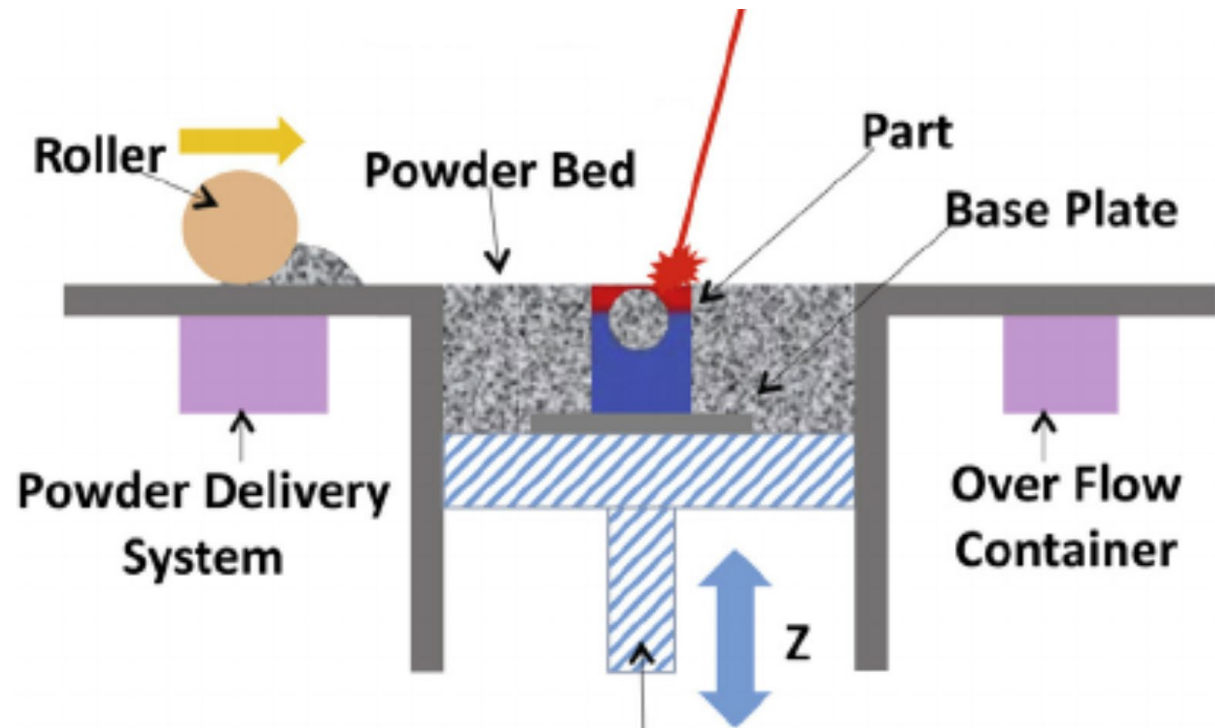
Metall, SLS, EBM



Kostar några tusen...

Kostar några miljoner...

Laser Powder Bed Fusion L-PBF (SLM, EBM)



DED



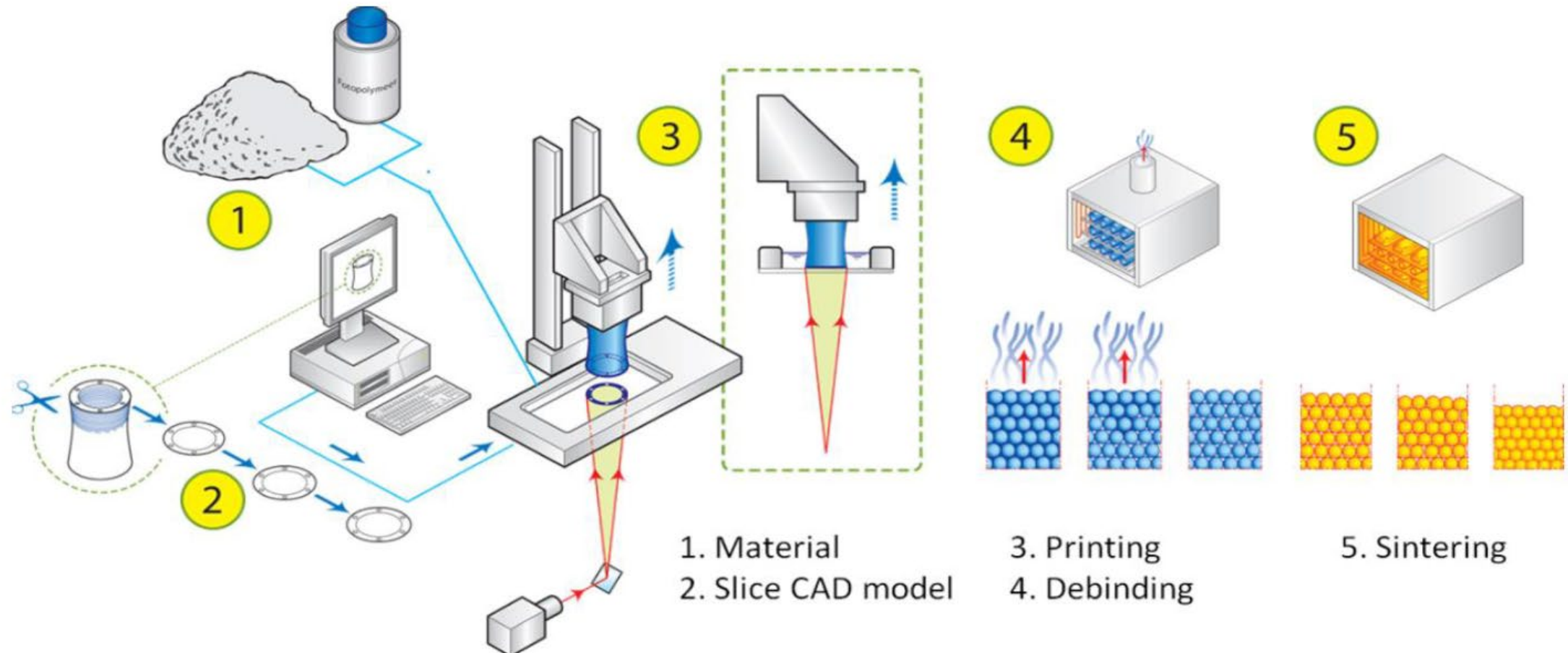
”Uppsvetsad” detalj



[DMG Mori Lasertec](https://www.dmg-mori.com/en/products/laser-welding)

Digital light processing (DLD)

Ceramics or metal powders are mixed in the photopolymer



Saurwalt J.J., Opshoor J., Berkeveld L. Powder metallurgical steel quality by additive manufacturing using VAT polymerisation technology, ECN 2017

SINTER PROCESSER EXEMPEL

- [Digital Metal](#) (Höganäs AB) (Binder Jetting)
- [Markforged](#) (FDM med metall, Metal X)



PULVERMATERIAL SOM KAN PRINTAS

- Stål
- Rostfritt stål
- Aluminium
- Titan
- Nickellegeringar (HAYNES®, INCONEL®)
- Magnesium
- ...

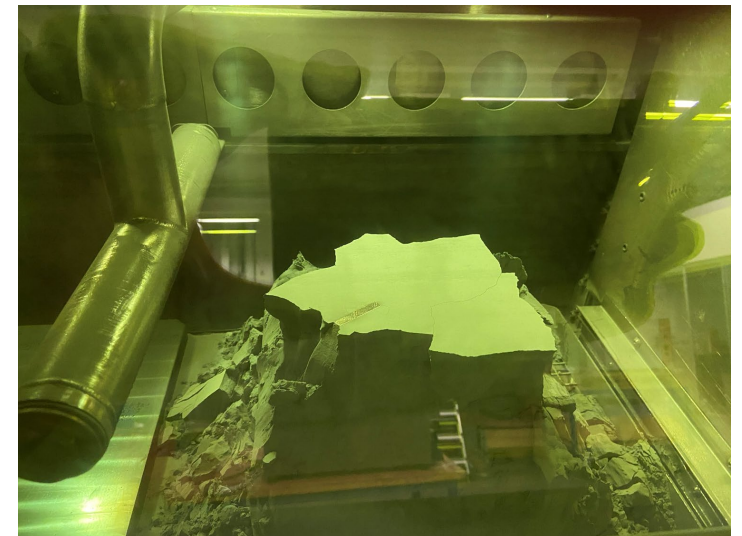
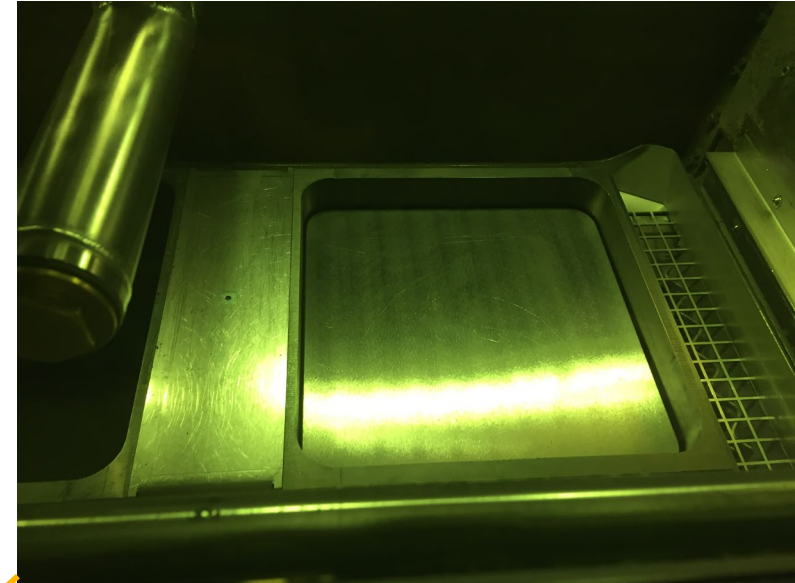
SKRIVARE PÅ HÖGSKOLAN I JÖNKÖPING (SLM)



3D Systems ProX 300 DMP på JU-cast

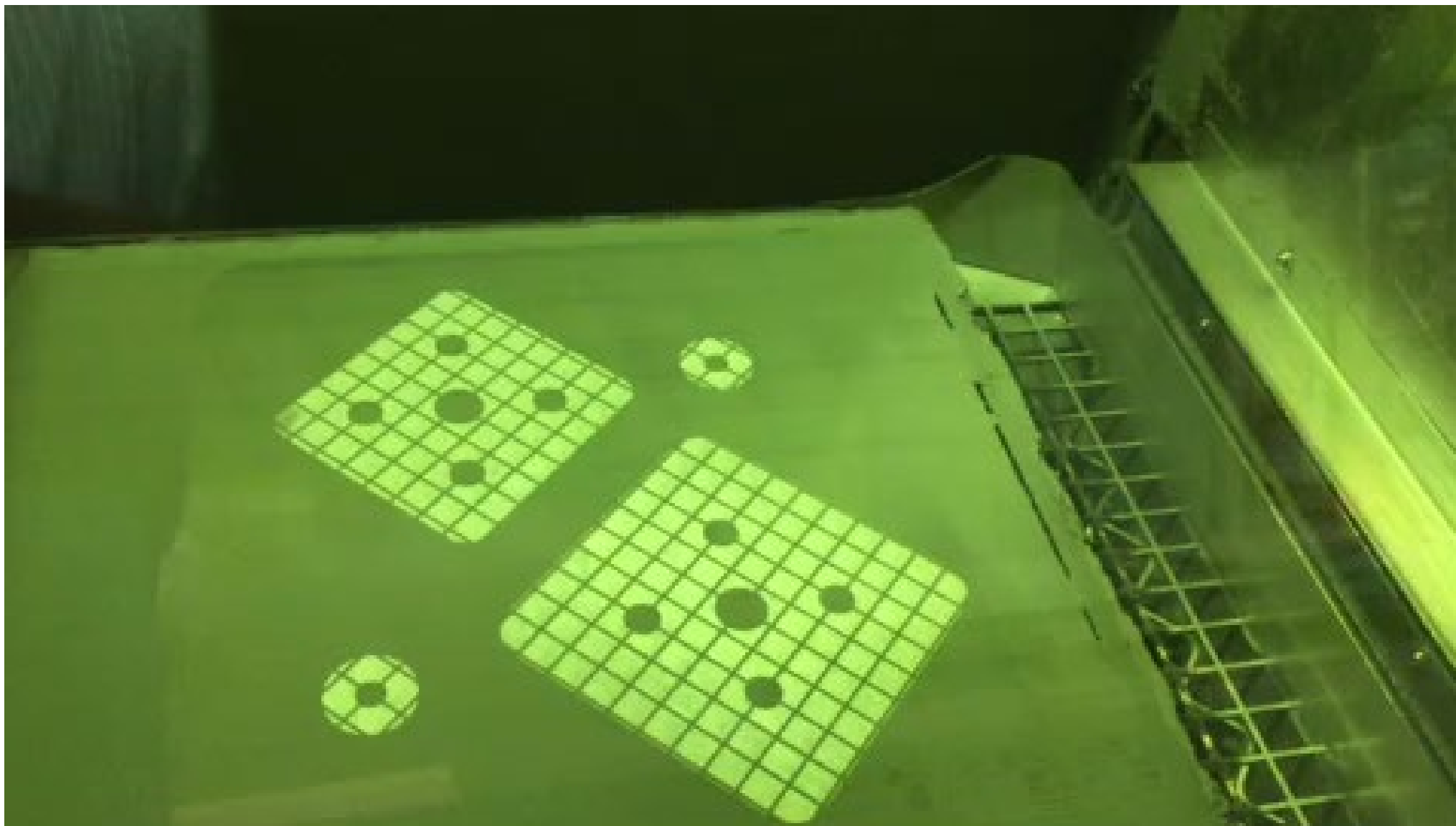
ProX[®] DMP 300

Build envelope capacity (W x D x H)¹	9.84 x 9.84 x 12.99 in (250 x 250 x 330 mm)
Metal alloy choices with developed print parameters	LaserForm CoCr (B) LaserForm 17-4PH (B) LaserForm Maraging Steel (B) LaserForm AlSi12 (B)
Layer thickness	
Repeatability	μm, z=20 μm
Min. feature size	μm
Min. wall thickness	150 μm
Typical accuracy	± 0.1-0.2% with ± 50 μm minimum
Material loading	Automatic
Recycling system	Automatic
Interchangeable build modules	No





YouTube: <https://youtu.be/TfTgio5SJac>



Risker med metallpulver (5-10 μm)



Hälsosfarlig. Produkten kan ge ärftlig genetisk skada, cancer, fosterskador eller störa fortplantningen. Används också för produkter som ger allergi vid inandning, kemisk lunginflammation vid förtäring eller andra allvarliga skador vid enstaka eller upprepade exponering.



Explosiv. Produkten är explosiv och kan explodera om den utsätts för slag, friktion, gnistor eller värme. Måste hanteras varsamt.



Antistatiska skor

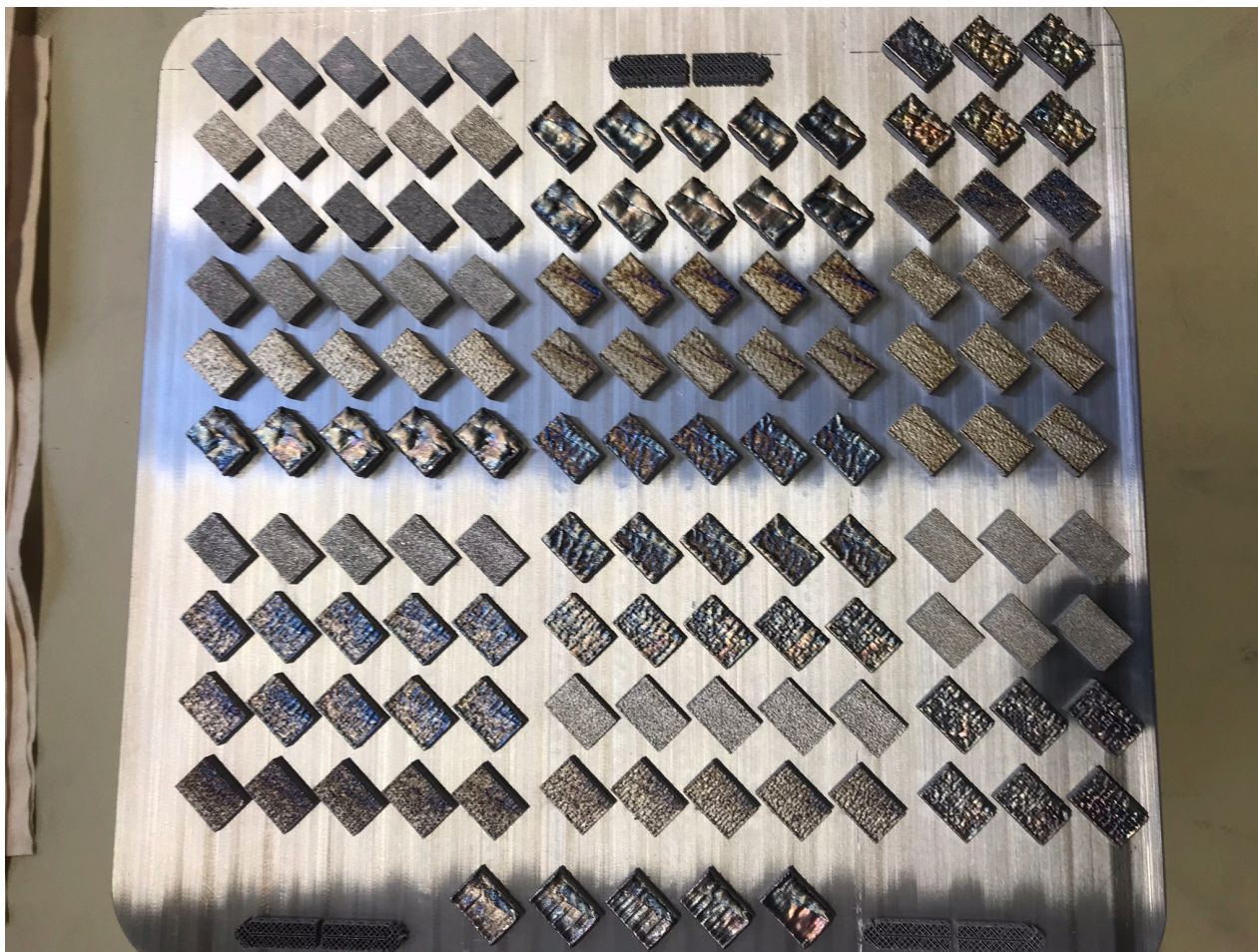


Brandfarlig. Produkten är brandfarlig och kan brinna våldsamt vid antändning eller värmeförsel. Vissa produkter utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten eller självantänder i luft.

VAD HAR VI SKRIVAREN TILL?

- Hitta rätt parametrar för nya metallpulver
- Skriva ut provstavar för materialprovning
- Printa ut komponenter och verktygsdelar
- Printa prototyper

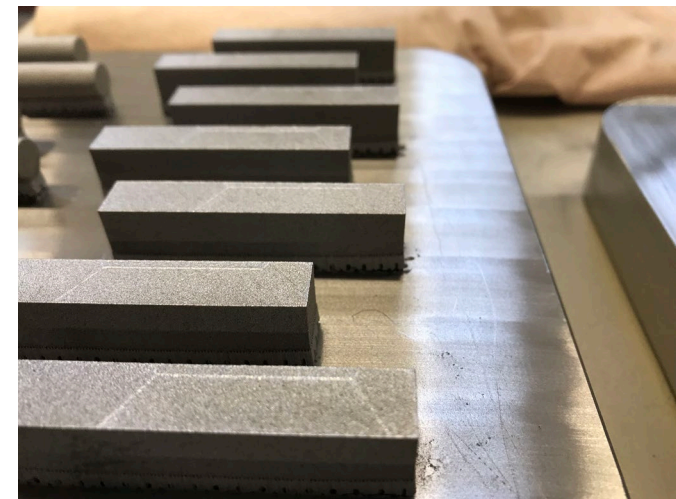
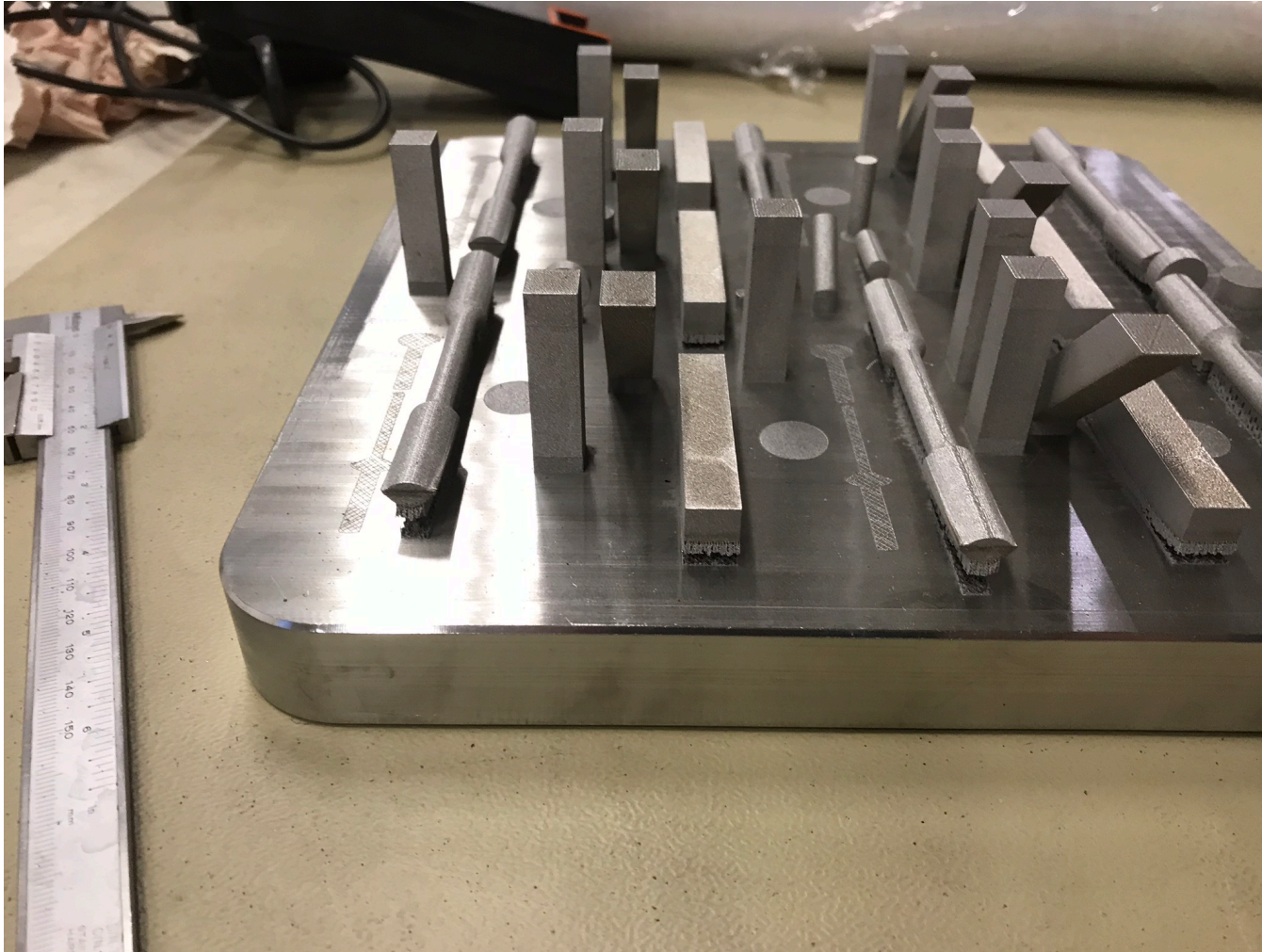
Ställa in printerparametrar



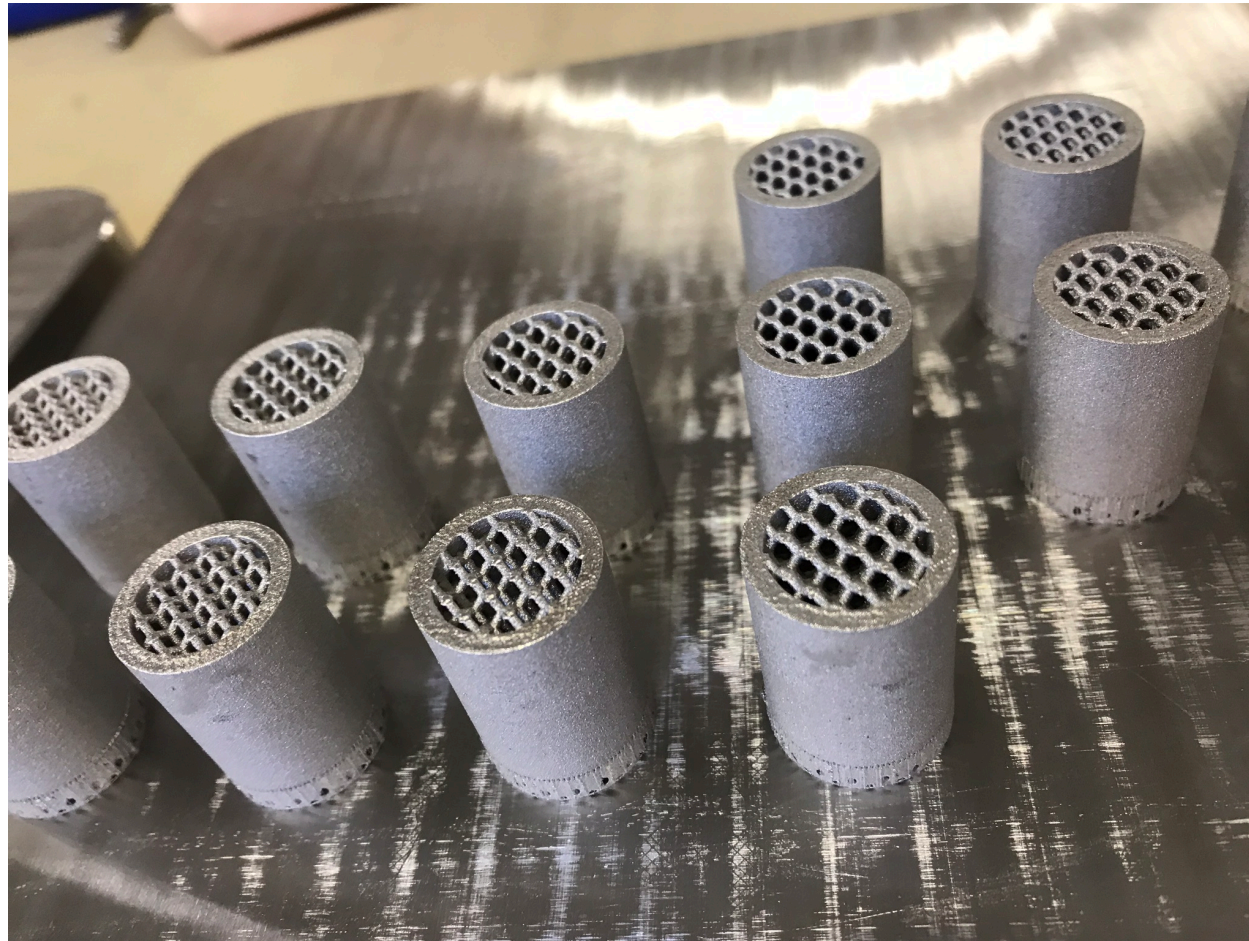
Platta med 125 prover 10x10x15 mm

Run	A:Laser power %	B:Scan speed m/s	C:Hatch spacing micron	D:Defocu s mm	J/mm3
1	34,40	1,19	47,60	-2,00	76
2	43,55	1,50	60,00	-2,00	60
3	29,20	1,50	60,00	0,00	40
4	32,35	1,24	40,00	0,00	81
5	25,00	0,86	40,00	-1,09	90
6	36,07	1,24	60,00	-0,83	60
7	43,55	1,50	40,00	-1,55	90
8	25,00	0,86	47,60	0,00	76
9	32,00	1,20	55,40	-1,58	60
10	25,00	1,19	52,60	-0,69	50
11	25,00	0,86	60,00	-2,00	60
12	25,00	1,50	60,00	-2,00	34
13	25,00	0,86	60,00	0,00	60
14	25,00	1,50	60,00	-2,00	34
15	43,55	1,50	46,00	-0,66	78
16	29,20	1,50	60,00	0,00	40
17	33,05	1,50	47,00	-1,49	58
18	25,00	1,50	40,00	0,00	52
19	25,00	1,28	40,00	-2,00	61
20	33,05	1,50	47,00	-1,49	58
21	25,00	1,31	40,00	-0,90	59
22	43,55	1,50	60,00	-2,00	60
23	25,00	0,86	58,00	-1,10	62
24	43,55	1,50	52,10	0,00	69
25	25,00	1,50	40,00	0,00	52

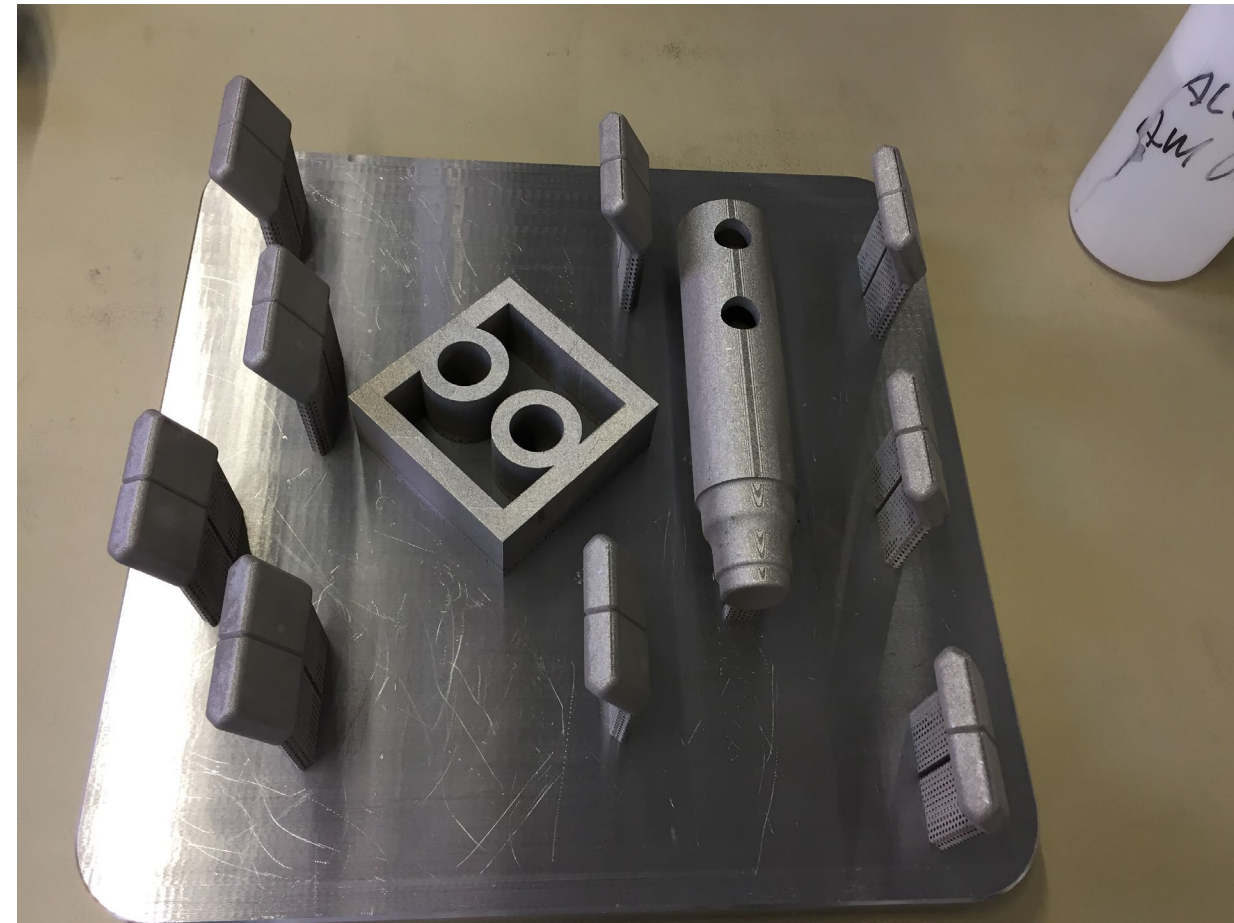
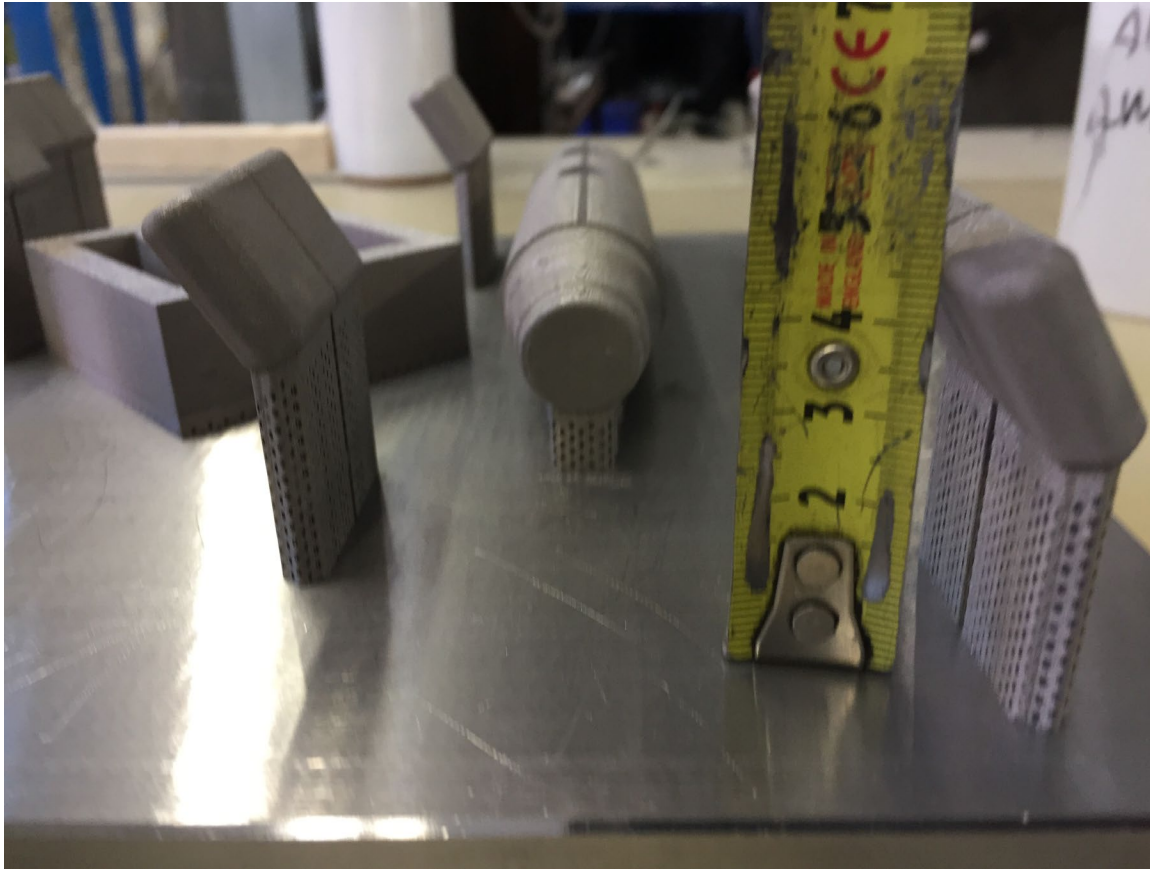
Prover



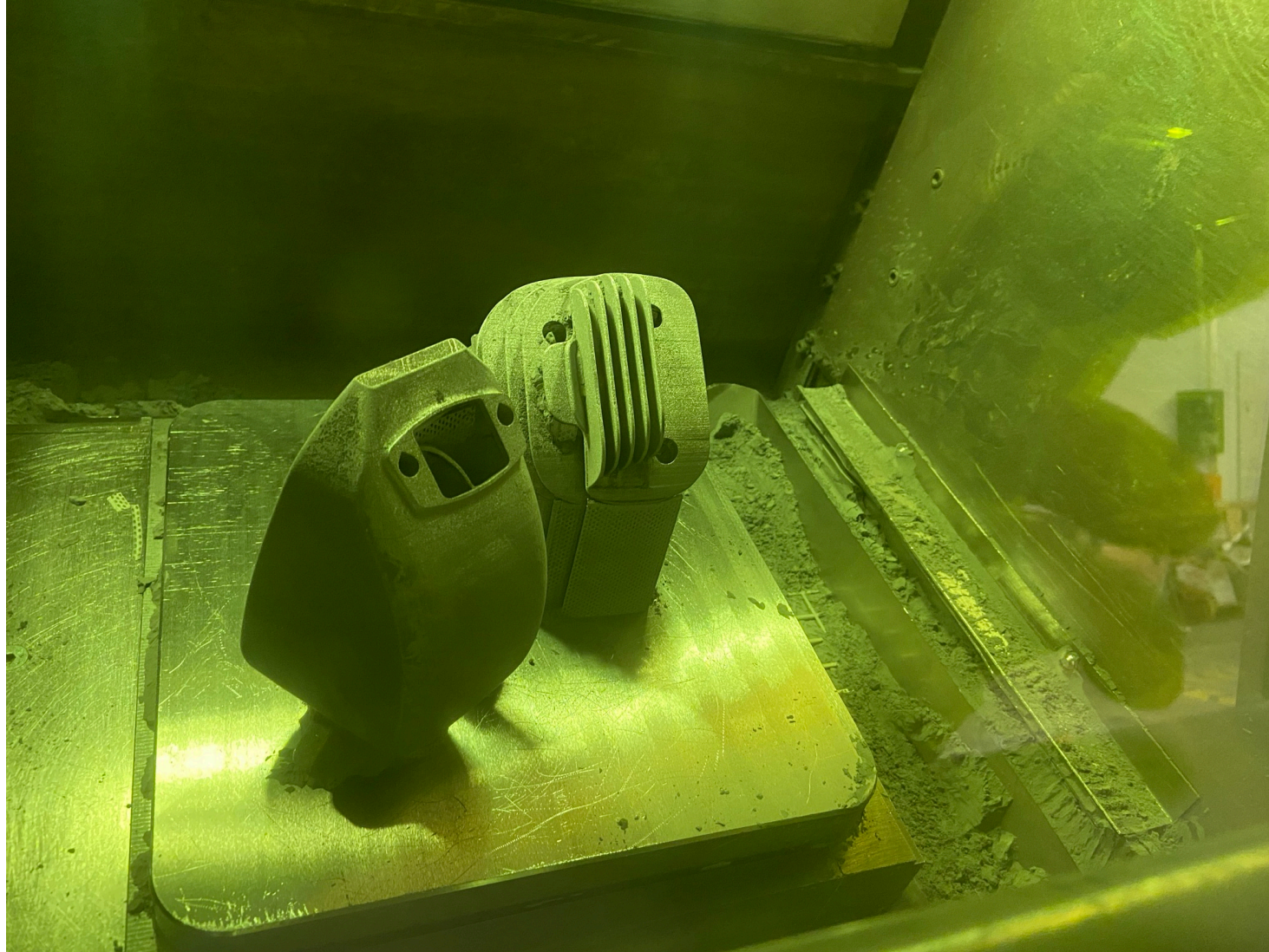
Prover



Komponenter

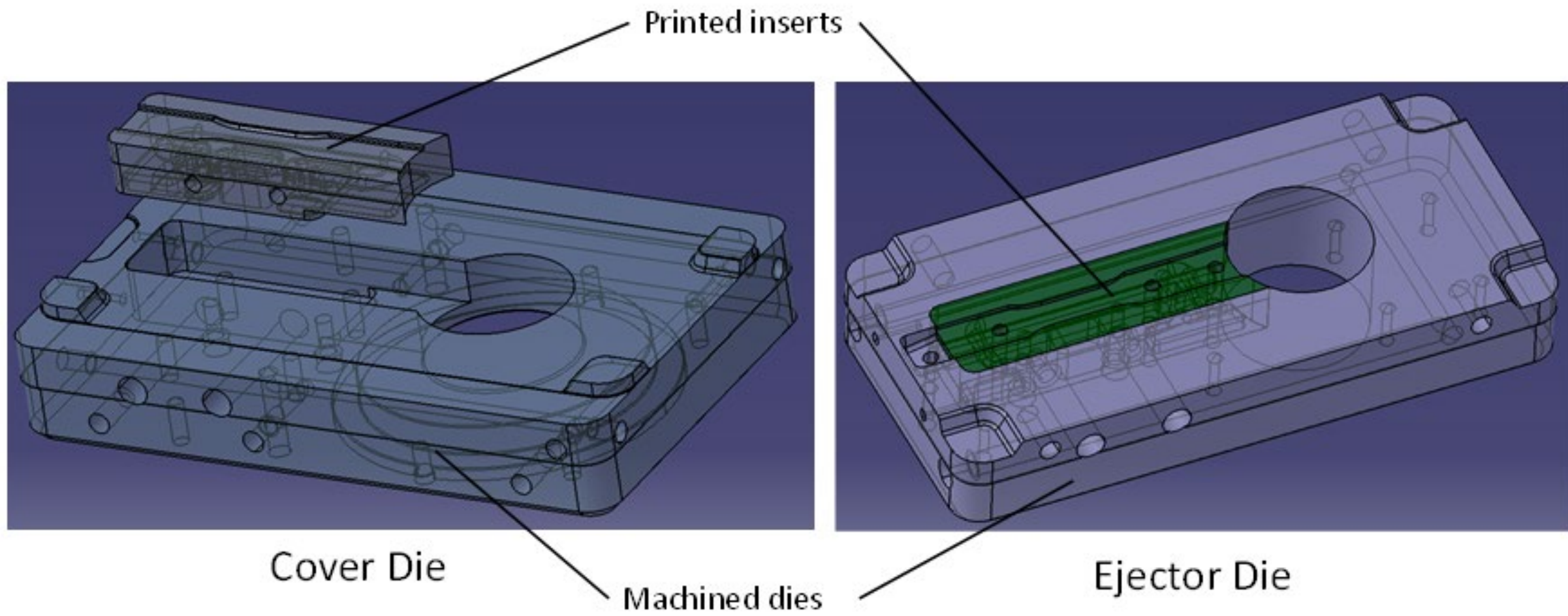


Komponenter

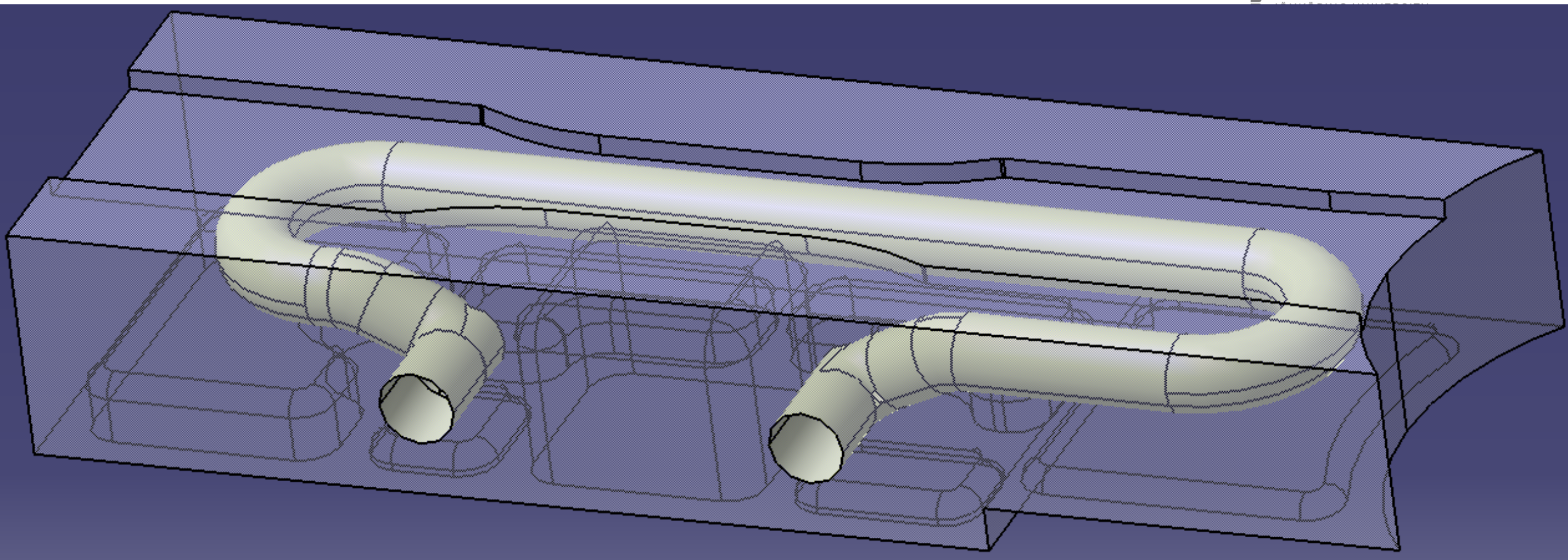


Formverktyg - Pressgjutning









Konform kylkanal

UTFORMNING AV EN PRINTAD DETALJ

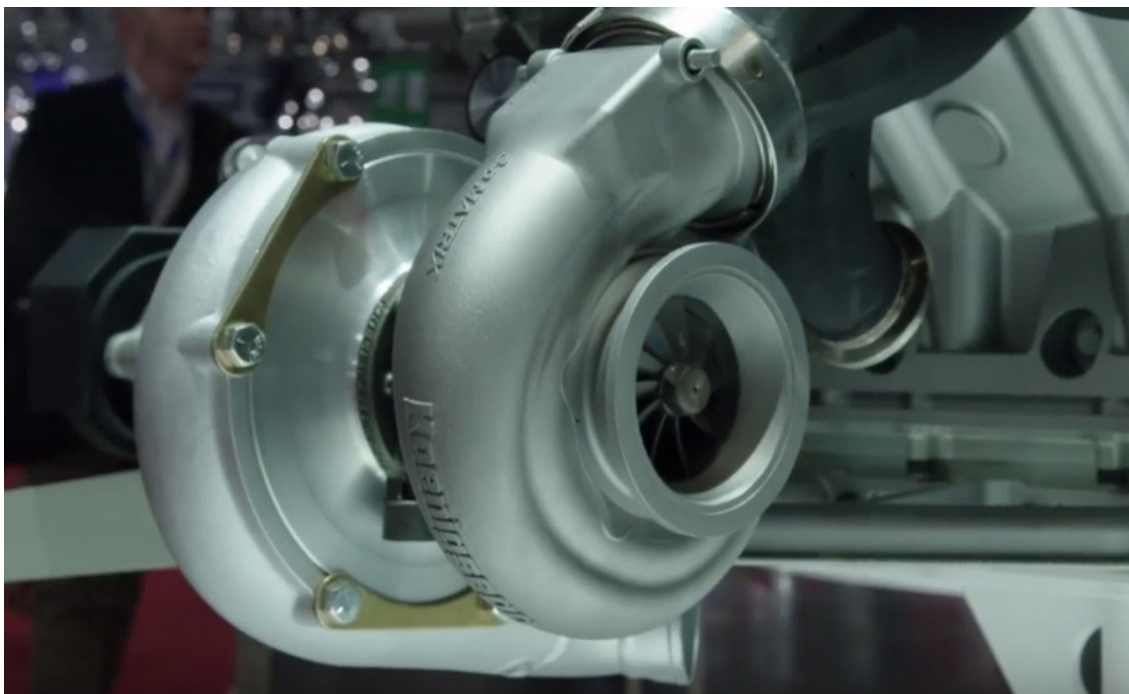
- Så lite material som möjligt
- Tunna väggar, ribbor, lattice struktur
- Inga nedåtvända plana ytor
- Stödstrukturer måste kunna tas bort
- Överblivet pulver måste kunna tas bort



EXEMPEL PÅ METALL KOMPONENTER

- Fordon
- Flyg
- Medicin
- Formverktyg

Fordon



3D printed turbo in hypercar Koenigsegg



3D printed exhaust manifold in high temperature material Inconel®.

Flyg



A320 nacelle hinge
brackets



Combustion liner in inconel 718

Up to 13 000 Rotations per minute

50% Reduction in Lead Time

75% Less Development Time

Resists 1 250° Celcius

3D Printed Gas Turbine Blade

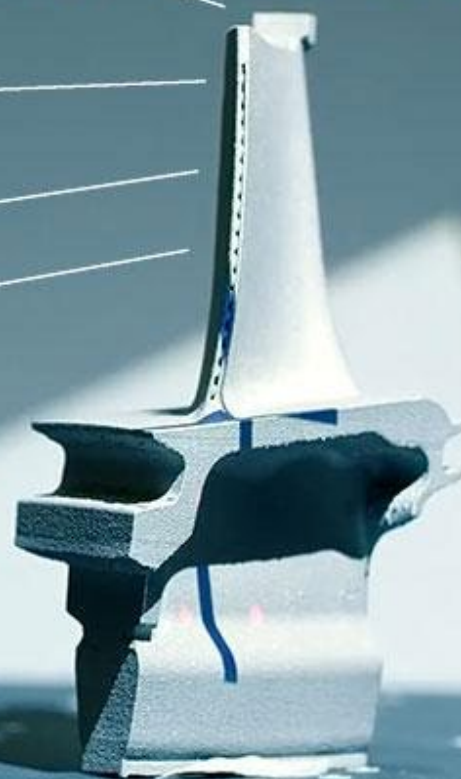
SIEMENS

+

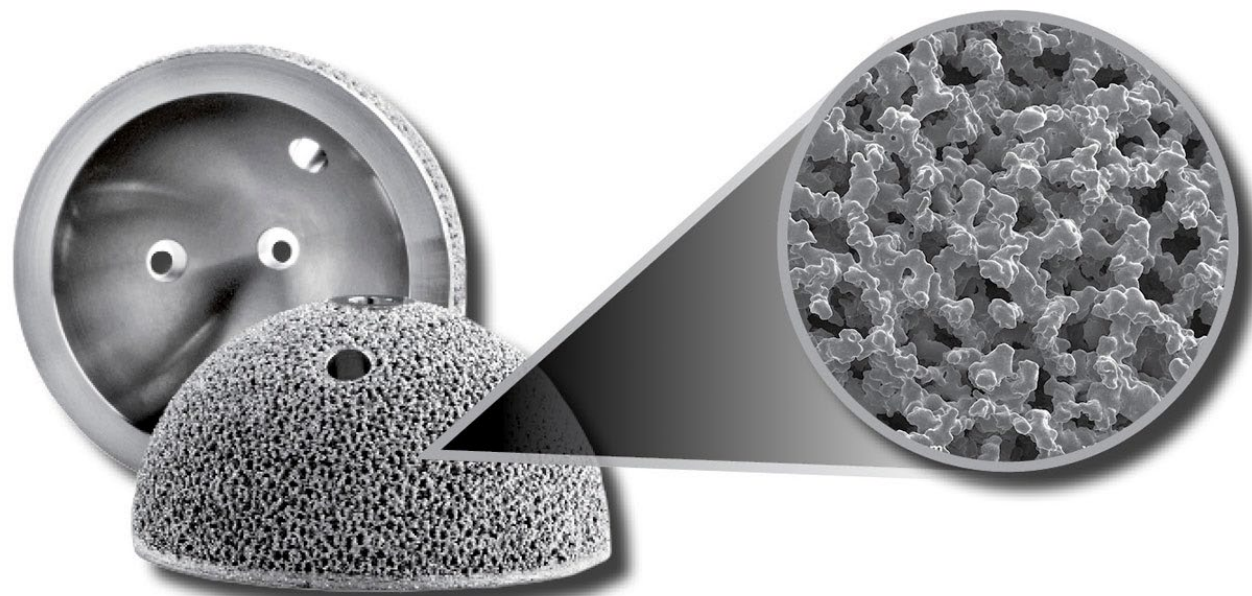


Authorised Agents

RAPID 3D

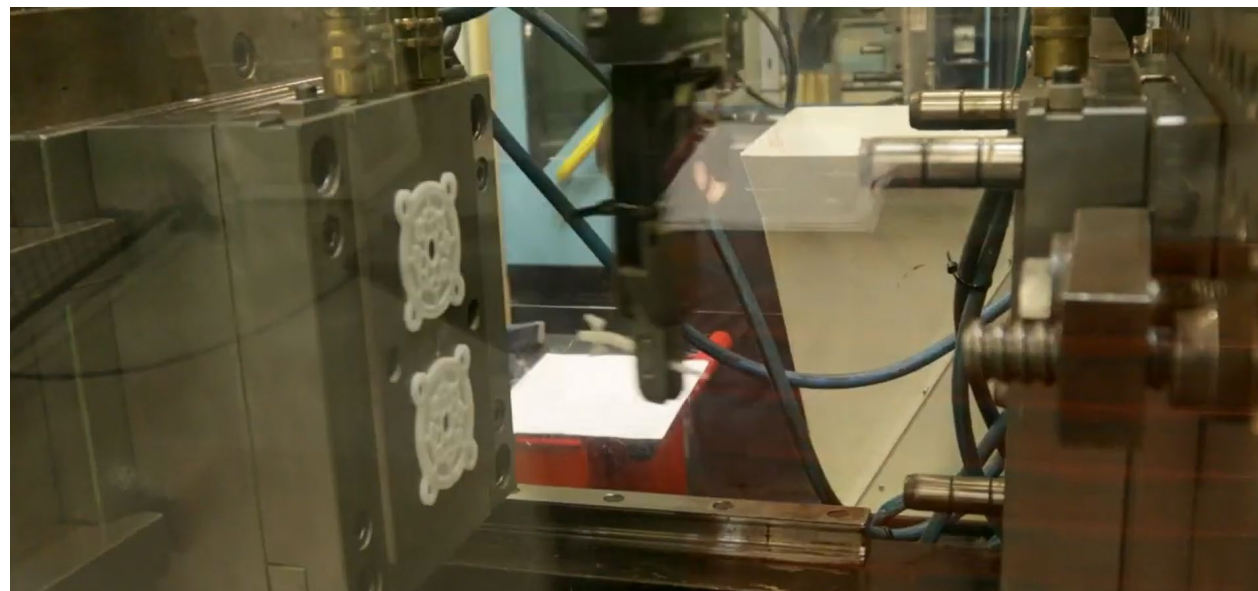


Medicin



Höftimplantat, EBM

Formverktyg - Formsprutning



[Link to video](#)

SLM printat verktyg Plastsystem AB / PLM Group / 3D Metprint

KURSER INOM ADDITIV TILLVERKNING

- Kurs i premium "Additiv tillverkning: koncept, metoder, applikationer" (5hp) (Hösten 2021)
- Promo tisdag i nästa vecka 8/6
- Kurs på högskolan: Materials in Design (7,5Hp) (Våren 2022)

[PREMIUM](#)



JÖNKÖPING UNIVERSITY

School of Engineering