



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Trends, muligheder og cases indenfor metal 3D print

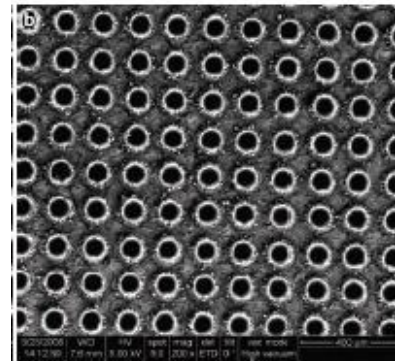
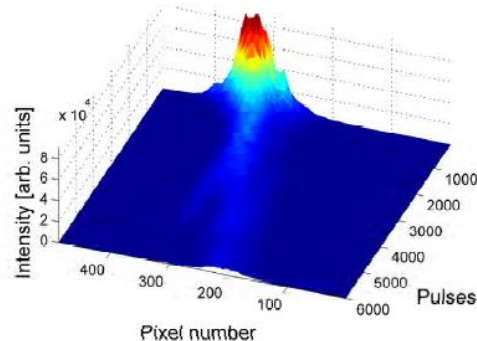
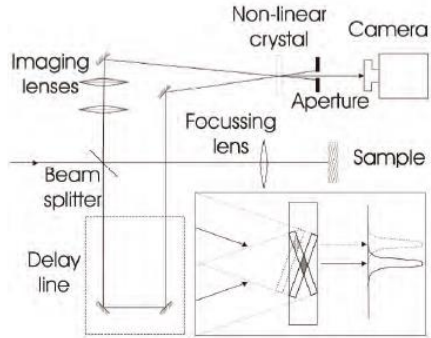
Jeppe Byskov, Souschef/Sektionsleder (Industriel 3D Print)
jpb@teknologisk.dk - 72202865

My background



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Holstebro Gymnasium (Mathematics + Physics + Chemistry @ A-level)
- Mathematics and Physics at AU (but mathematics too abstract)
- Bachelor in theoretical particle physics (but turned out to be too abstract)
- Masters/PhD in applied laser physics (finally something useful)
- PhD co-financed by Grundfos

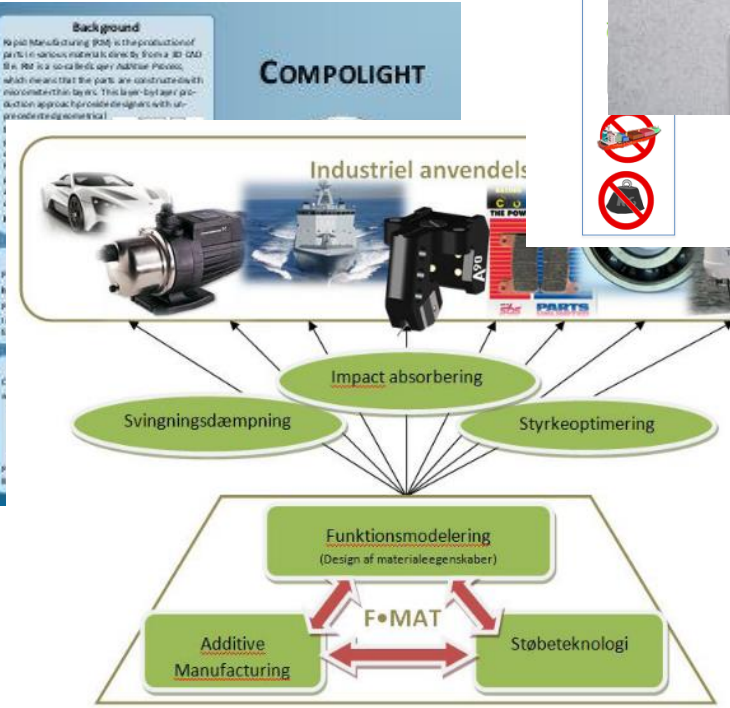


My time at DTI

- DTI since 2010

Optio
Repair at
mainten

Be



Participants

MARCAM ENGINEERING
www.marcam.dk

Hydrauvision
www.hydrauvision.com

DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE
www.dti.dk

STIRTS
www.stirts.dk

FZ-BENTONMETAL
www.fz-bent.com

Fraunhofer IPA
www.fraunhofer-ipa.de

imborator
www.imborator.de

3D-PRINTING
www.3d-printing.com

3D-PRINTING
www.3d-printing.com

3D-PRINTING
www.3d-printing.com

Teknologisk Institut har eksisteret siden 1906



TEKNOLOGISK
INSTITUT

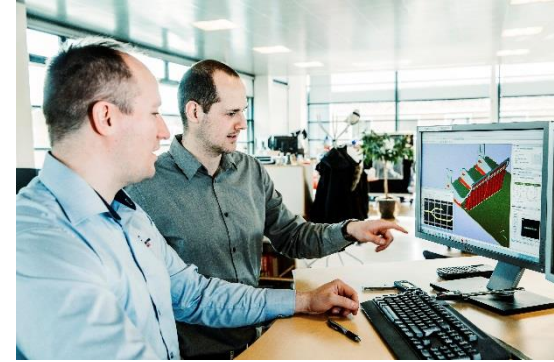
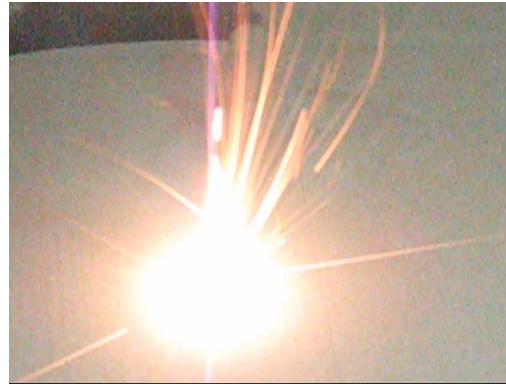
I over 100 år har vi sikret, at den nyeste viden og teknologi er blevet omsat til reel værdi for erhvervslivet.



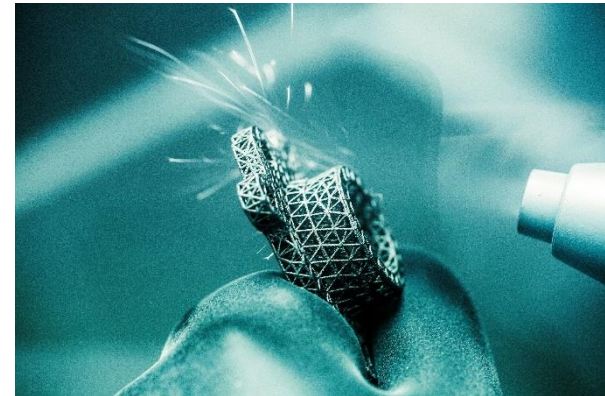
3D-print på Teknologisk Institut



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



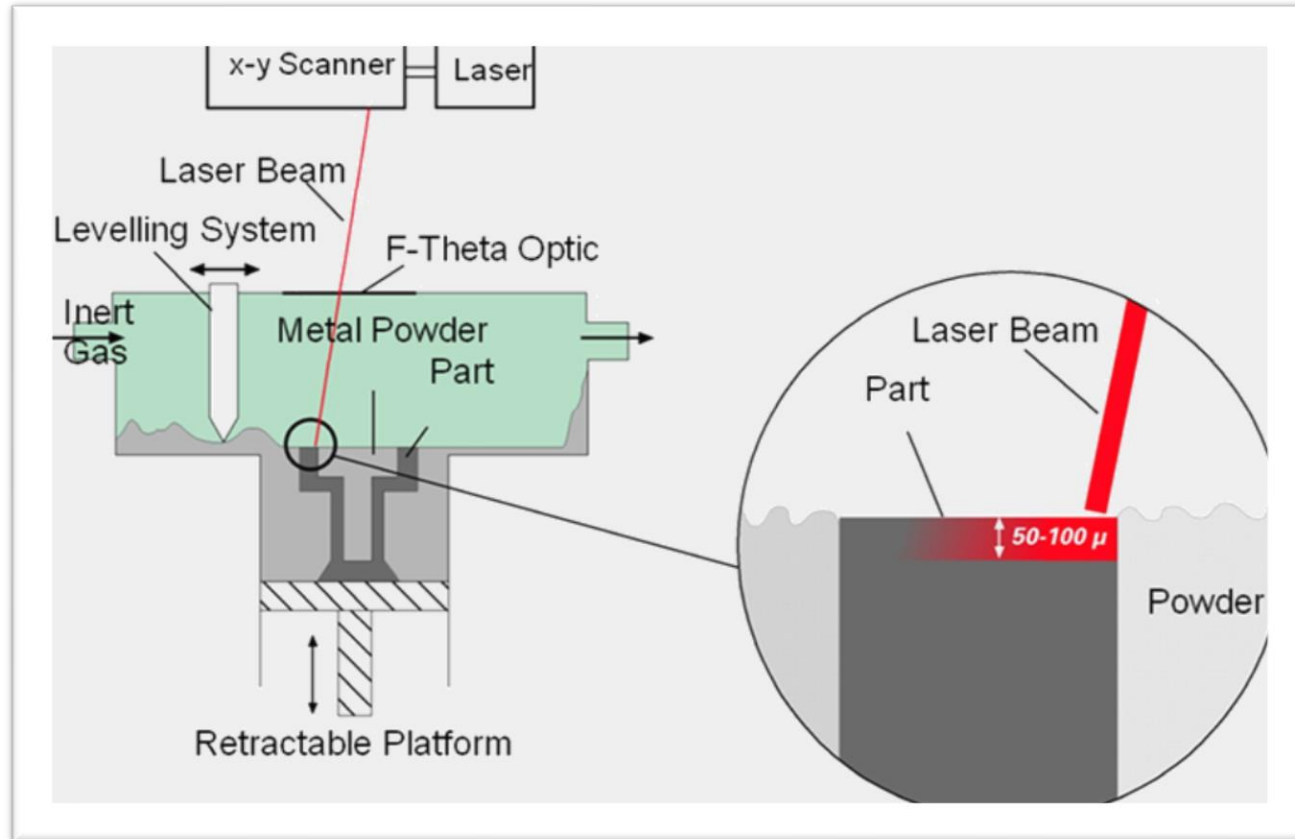
- 3D-print på Teknologisk Institut siden 1989
- Industriel 3D-print!
- Fokus på metal print og 3D-print til industriel produktion
- 60% kommerciel / 40% F&U
- Opkvalificering, Produktion, QA, Tech transfer, ...
- Viser mulighederne med 3D-print via hands-on
- Fleksibel produktion med fokus på hele værdikæden



Metal 3D-print (pulverseng)



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Haas Meincke case



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Haas-Meincke satser på 3D-print

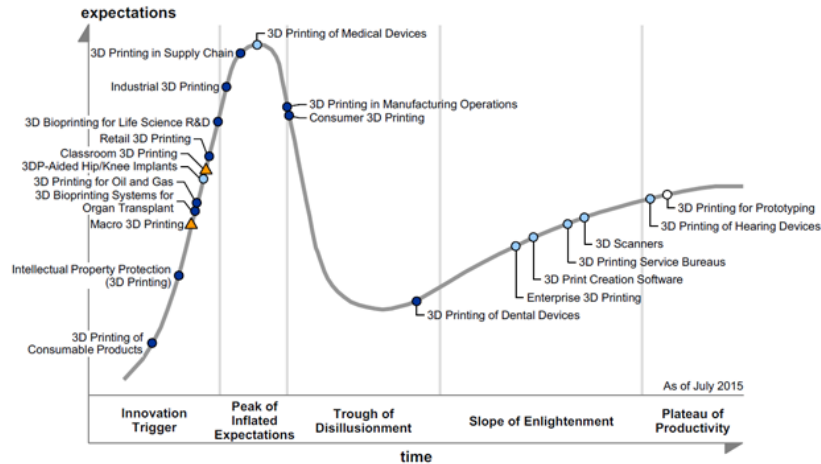


- <https://www.teknologisk.dk/ydelser/haas-meincke/39520>

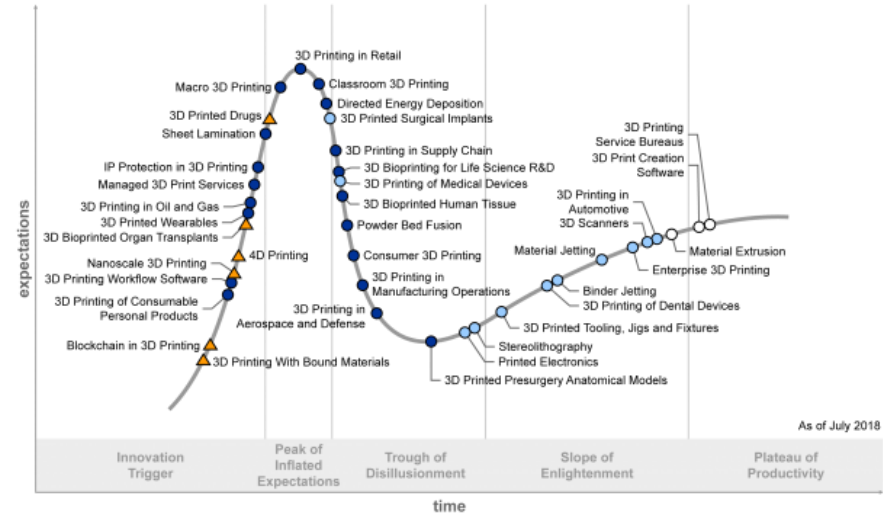
3D-print hype



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Source: Gartner (July 2015)



© 2018 Gartner, Inc.

3D-print teknologier



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGIES



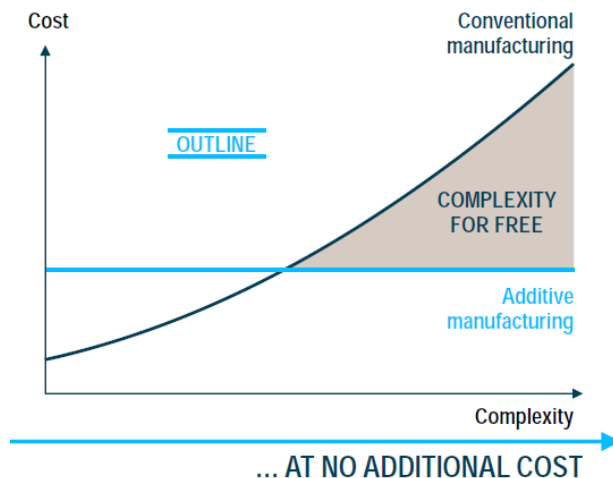
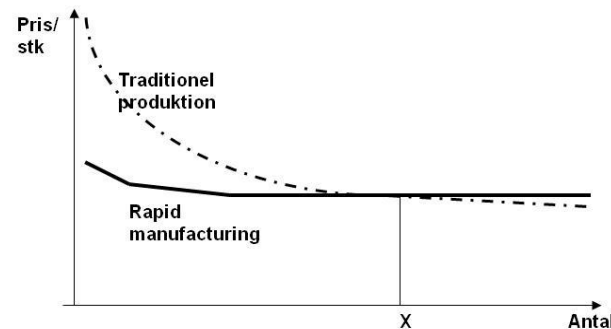
Find out more at www.3dhubs.com/what-is-3d-printing



3D HUBS

Hvorfor 3D-print

- Ingen værktøjer – digitale data er "værktøjet"
- Hvis det kan tegnes, så kan det produceres
- Individuel produktion til samme pris som serieproduktion
- Funktionalitet designes og bygges uden meromkostninger
- Ny måde at vurdere økonomien på → hele værdikæden & levetiden



Begrænsninger



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Pris (find de gode business cases gennem optimering af part og proceskæde)
- Kvalitet / standardisering / certificering
- Opkvalificering (mangel på kvalificerede operatører, ingeniører og ledere)
- Konservativ fremstillingsindustri
- Men vi kan nedbryde disse barrierer
 - Lidt mere handling – lidt mindre snak - tak

Marel laksegriber



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



3D-print var løsningen på laksegriber-udfordring



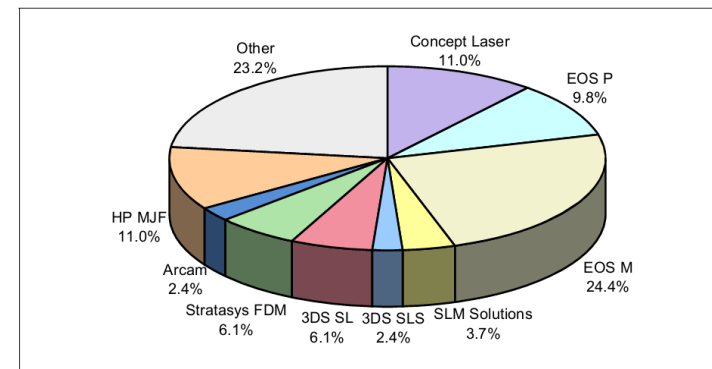
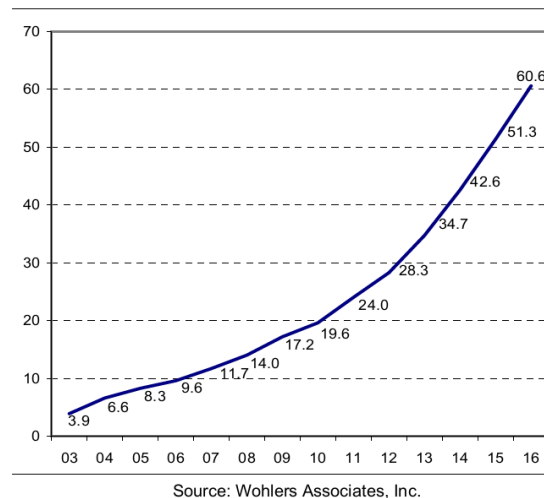
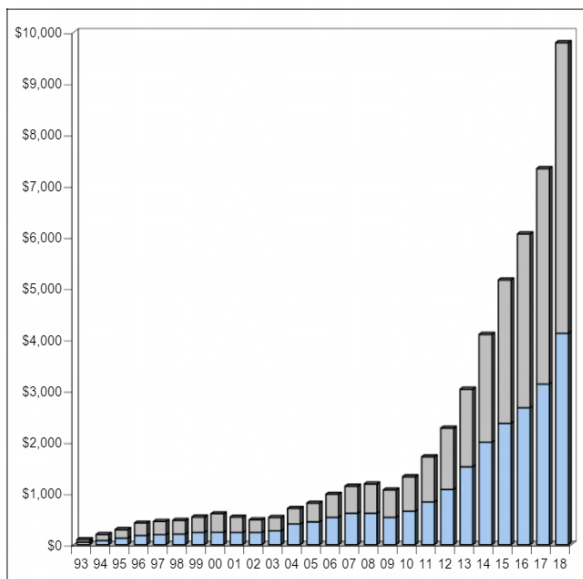
- <https://www.teknologisk.dk/ydelser/3d-printet-laksegriber/39452>

3D-print globalt



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Markedet vokser eksponentielt – i retning af metal og produktion
- Store muligheder for dansk fremstillingsindustri



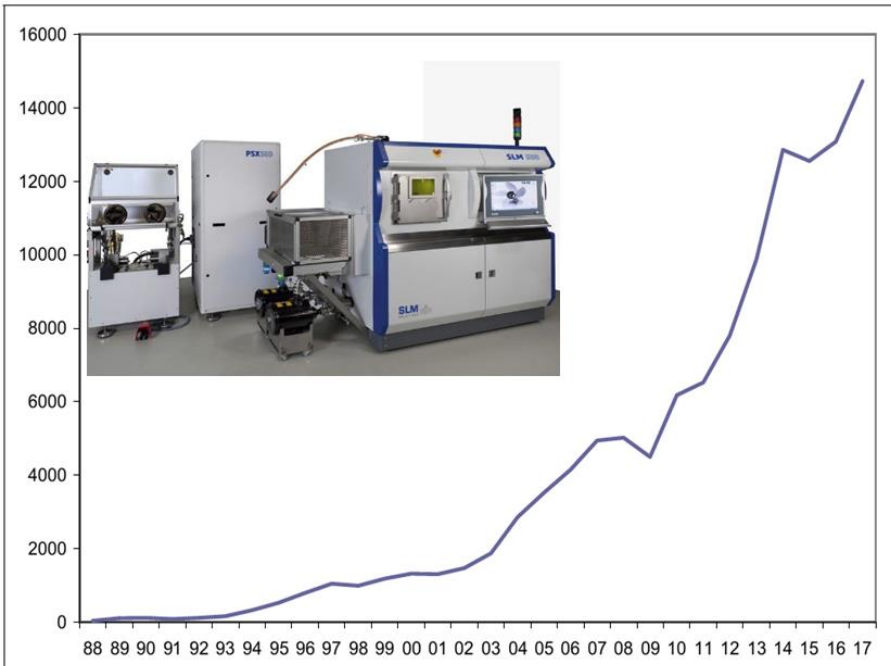
Source: Wohlers Associates, Inc.

Industri eller hobby

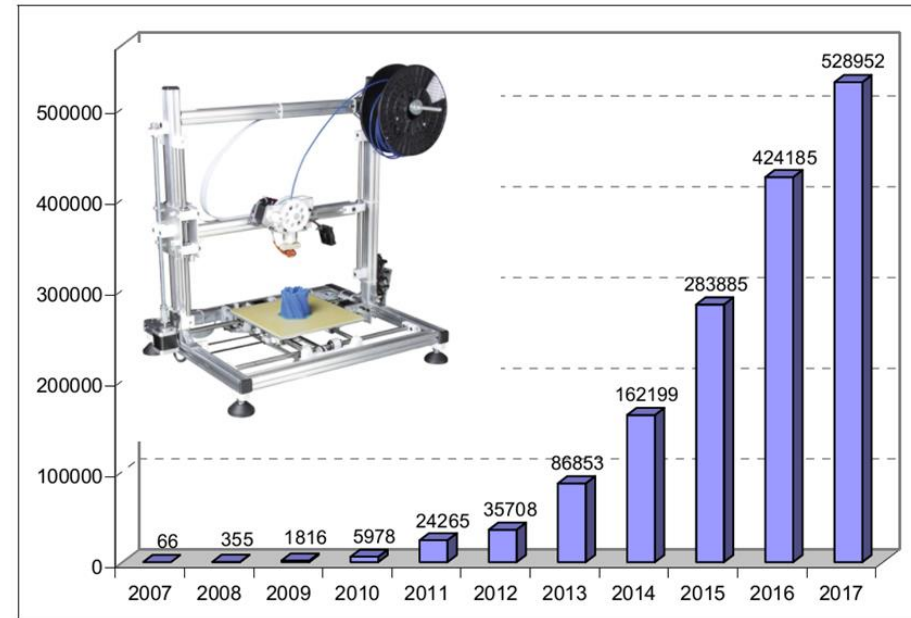


DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Industrielle versus hobby printere (<5.000\$)



Source: Wohlers Associates, Inc.



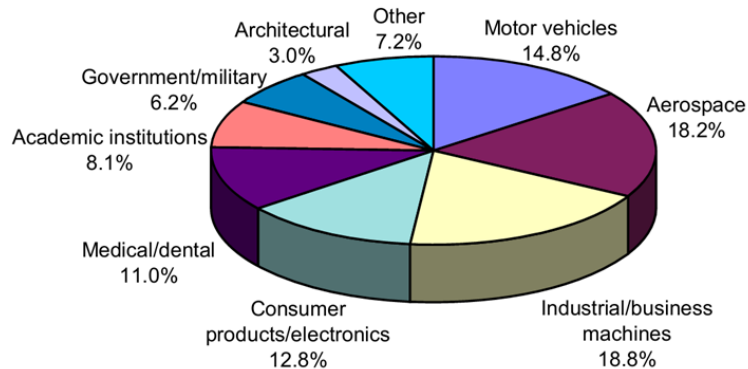
Source: Wohlers Associates, Inc.

Sektorer og anvendelser



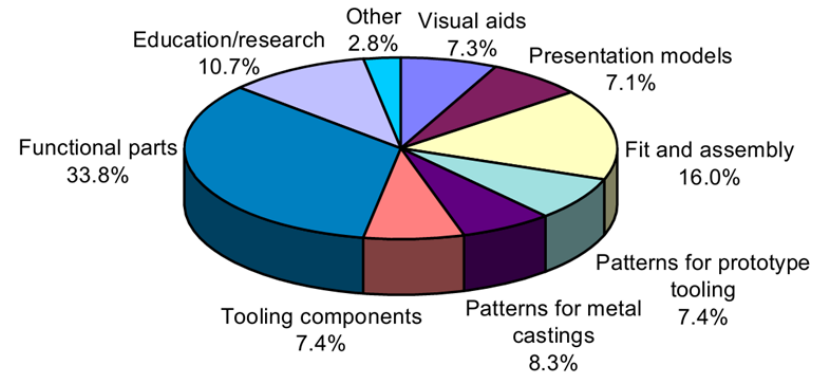
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Industry Sectors



Source: Wohlers Associates, Inc.

Applications

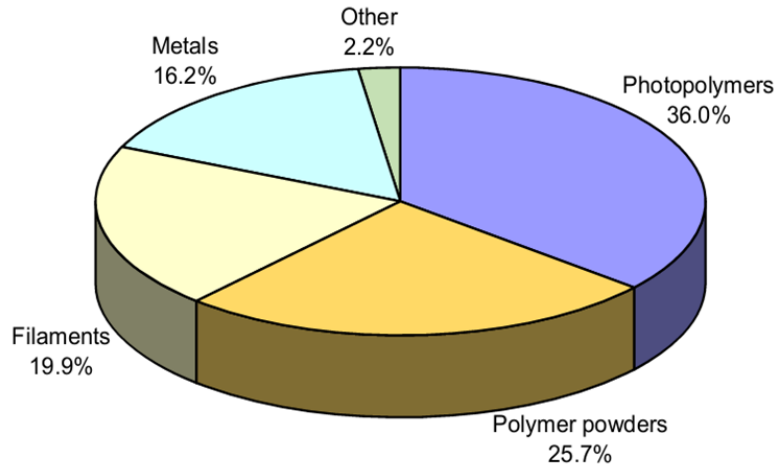


Source: Wohlers Associates, Inc.

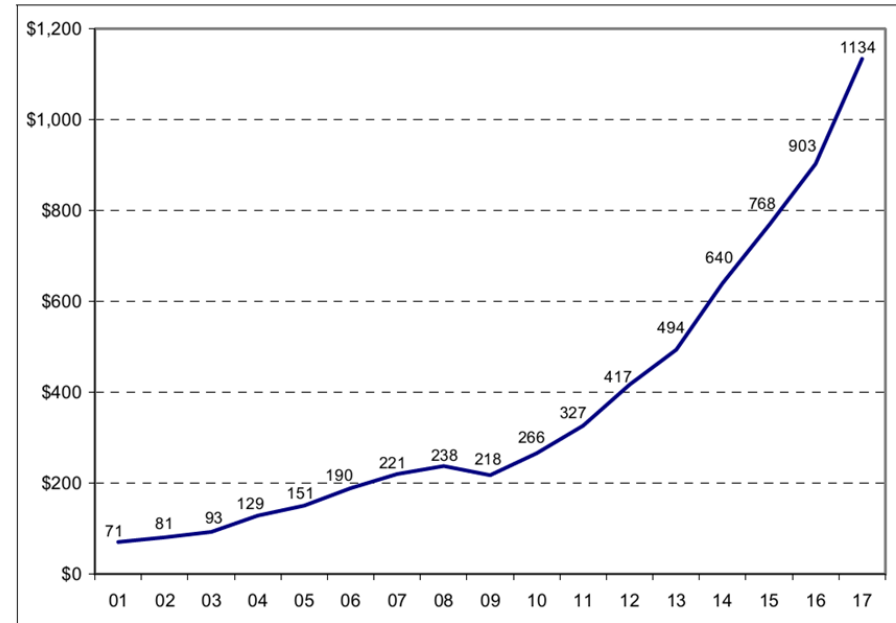
Materialer



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



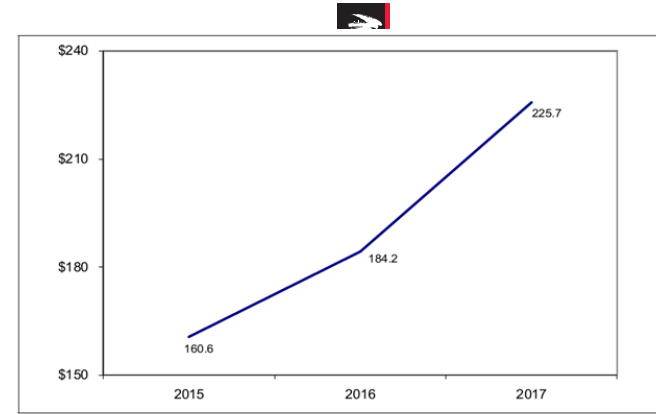
Source: Wohlers Associates, Inc.



Source: Wohlers Associates, Inc.

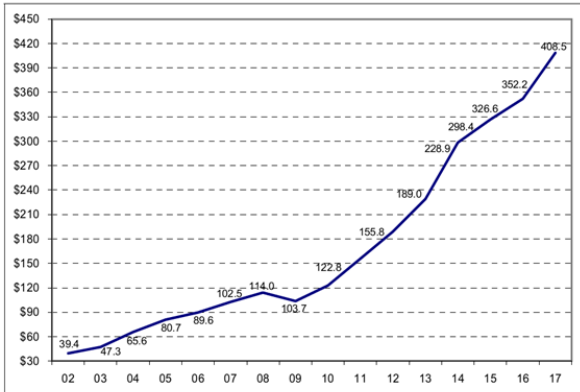
Materialer

Filaments



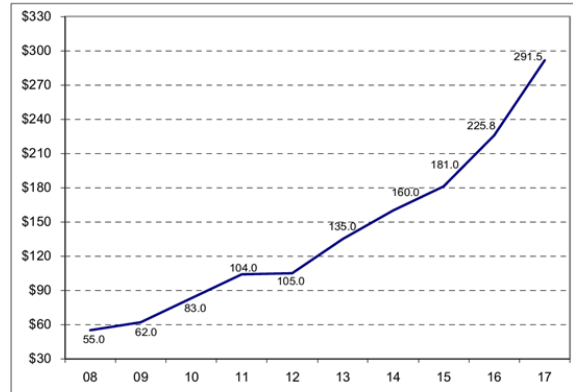
Source: Wohlers Associates, Inc.

Photopolymers



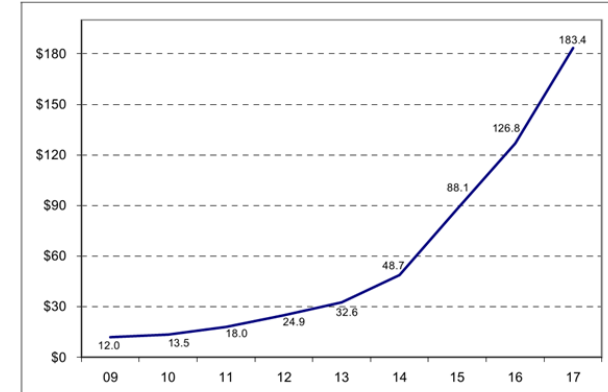
Source: Wohlers Associates, Inc.

LS polymer



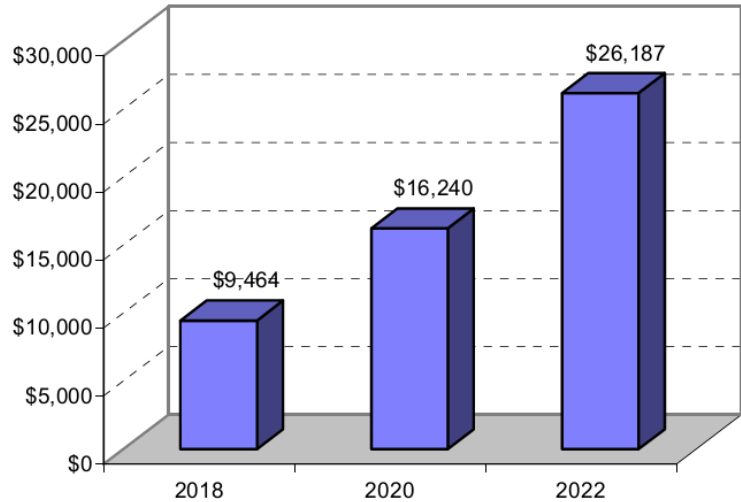
Source: Wohlers Associates, Inc.

Metals



Source: Wohlers Associates, Inc.

Fremtiden

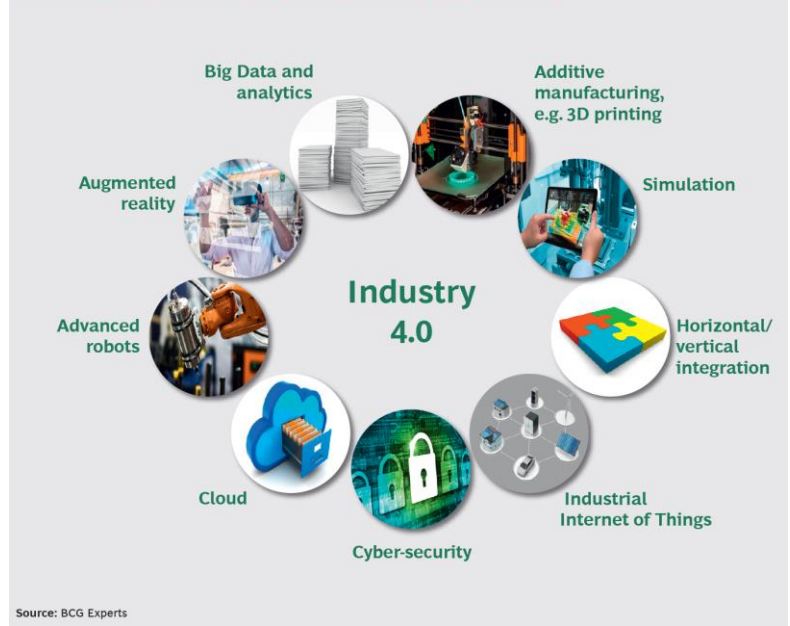


Source: Wohlers Associates, Inc.

Global manufacturing economy

The global economy is said to be about \$80 trillion, and manufacturing accounts for about 16%, which is \$12.8 trillion. At less than \$6.1 billion in 2016, AM represents only 0.047% of all manufacturing—less than half of one percent. If AM grows to capture just 5% of this global market, it would become a \$640 billion industry. Wohlers Associates believes that it could someday exceed 5% of the total.

EXHIBIT 1 | Nine technology drivers enable production of the future



Fremtiden 2



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

PARAMETERS TREND

Build rates



Machine prices



Powder prices



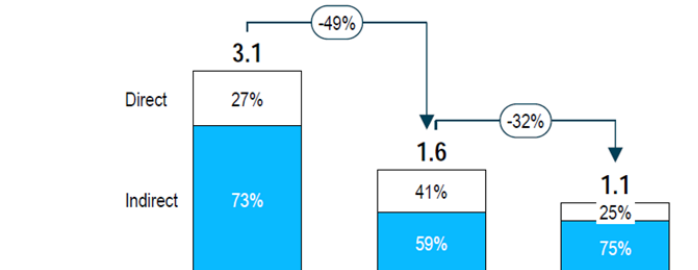
Labor costs



Chamber volume



Forecast metal AM costs [EUR/cm³]



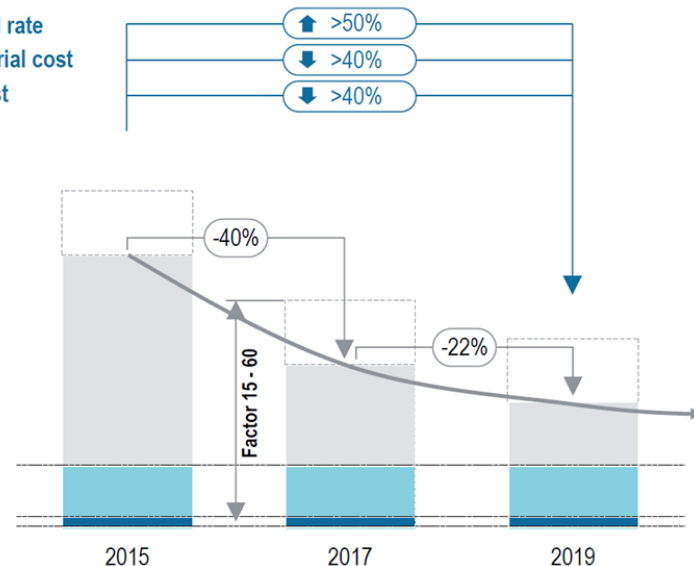
PREREQUISITES

	2013	2018	2023
Build speed	10 cm ³ /h	40 cm ³ /h	80 cm ³ /h
Machine costs	EUR 500,000	EUR 700,000	EUR 800,000
Share of monitoring	5%	2%	0%
Machine utilization	86%	84%	81%
Powder price	EUR 89/kg	EUR 70/kg	EUR 30/kg
Post-processing effort	1.52 h/kg	1.05 h/kg	0.96 h/kg

1) Direct Manufacturing Research Center

Source: EPSRC; DMRC; expert interviews: Roland Berger

Build rate
Material cost
Invest



Machined component, low volume, high end sector

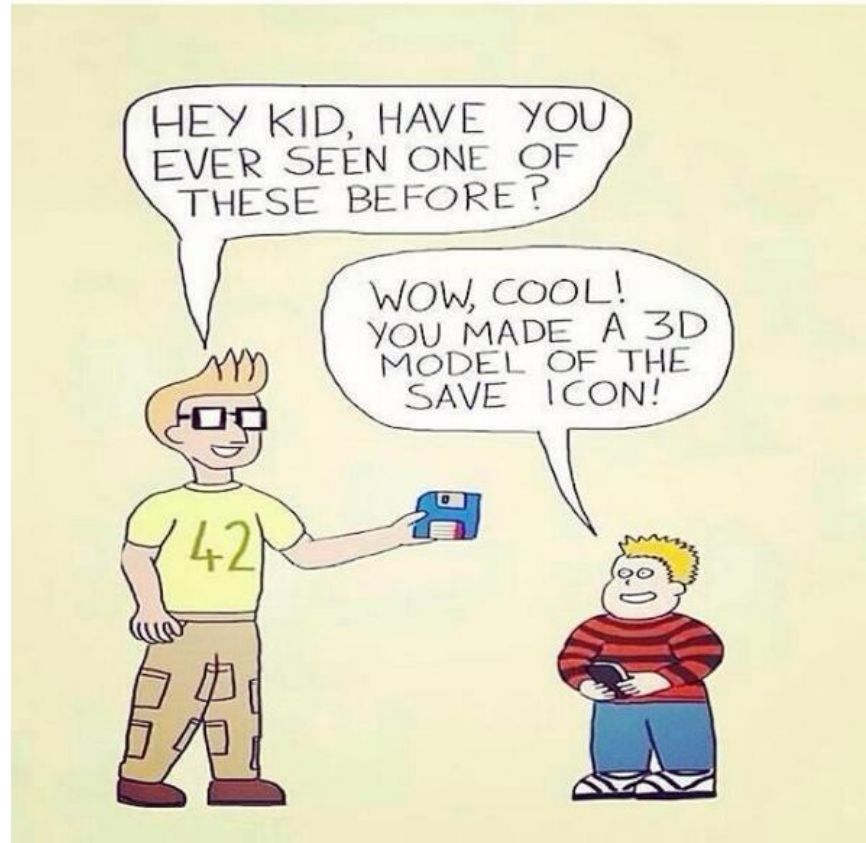
Machined component, high volume market

Cost post-processing

Udviklingen går stærkt



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Metal 3D-print gennembrud...



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

1: 3D-metalprint til masserne

Var der nogen, der råbte ulven kommer? Få teknologier har været så hypet som 3D-print – og metalprint, der har været brugt i industrien i årtier, er ingen undtagelse.

Men, anfører MIT Technology Review, at printe i metaller som titanium og rustfrit stål har indtil nu været en ganske bekostelig og langsommelig affære. Det er dog ved at ændre sig. Den amerikanske printerproducent Markforged lancerede i 2017 en metalprinter til under 100.000 amerikanske dollars, og en anden Boston-baseret iværksætter, den hypede Desktop Metal, leverede i december 2017 sine første metalprintere beregnet til prototypeproduktion.

Samtidig har General Electric, der i flere år har 3D-printet metalkomponenter til brændstofdyserne i jettfly, lanceret en betaversion af en metalprinter, der kan printe større emner end hidtil, skriver MIT Technology Review. Den printer bliver efter planen en kommerciel hyldevare i år.

På dansk jord har Teknologisk Institut for nylig åbnet et center for metalprint, der er støttet af blandt andre Grundfos og Danfoss. Grundfos indviede selv sidste år et decideret [center for 3D-print](#) med blandt andet en nyindkøbt metalprinter.

MIT: Disse teknologier får deres gennembrud i 2018



Metalprint er én af de teknologier, som det amerikanske medie MIT Technology Review mener, kan få sit brede gennembrud i 2018. (Illustration: Teknologisk Institut)

MIT Technology Review har offentliggjort en top-10 over teknologier, der vil få deres gennembrud i 2018. Fremadstormende teknologier som 3D-metalprint og cloud-baseret kunstig intelligens er blandt dem, der får størst betydning på fabriksgulvet.

Af Morten Vittrup Lund 22. feb 2018 kl. 15:03



Kunstige embryoer, intelligente byer og nye kvantummaterialer. Alle teknologier, der figurerer på MIT Technology Reviews top-10-liste over teknologier, som mediet – der udgives af det amerikanske eliteuniversitet MIT – vurderer vil få deres gennembrud i løbet af 2018. Gennembrud forstået som teknologier, der på den ene eller den anden måde vil få en markant indflydelse på vores dagligdag i løbet af det kommende år.

På den liste figurerer også flere teknologier, som meget vel kan komme til at redefinere den måde, industrien fremstiller og udvikler produkter på. Her er tre af dem:

1: 3D-metalprint til masserne

Jobfinde

RELATEREDE JOB

GEA Prt

FOSS Su
En

FOSS Prt

Prt

novozymes Prt
Gr

heckmann Ad

SE FLERE INGEN

Mest læste

Mis
mai
fate
bro

Dar
stre
ven

For
Var
mis
me

Tys
dar

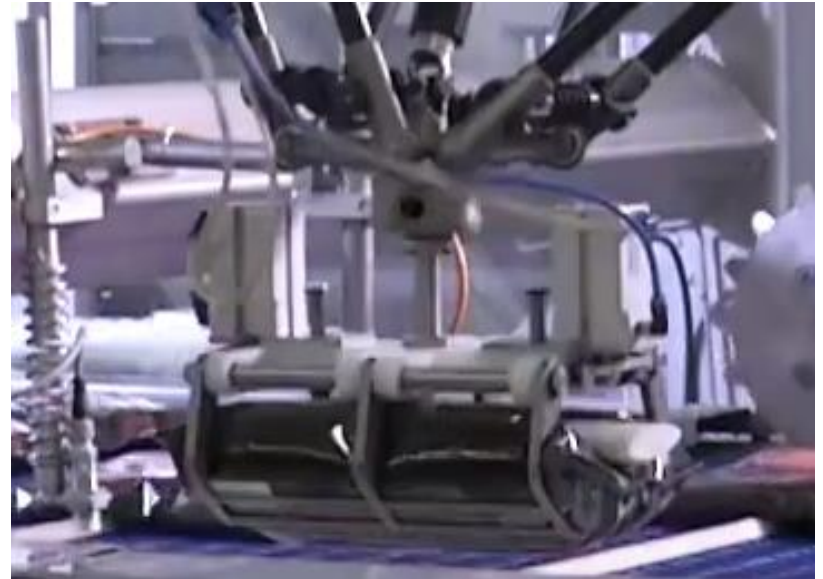
RoboTool case



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Pilot produktion af fleksible robotgribere i titanium

<https://www.teknologisk.dk/ydelser/3d-printede-gribere-optimerer-industrirobotter/3d-printede-gribere-optimerer-industrirobotter/38361>



Additive Manufacturing - Global news



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Series components made by 3D printers: BMW Group expands use of additive manufacturing processes

13.07.2016 Press Release 🔊

20,000 3D Printed Parts Are Currently Used on Boeing Aircraft as Patent Filing Reveals Further Plans

Siemens invests EUR 21.4M to open first metal 3D printing facility in Sweden

Feb 3, 2016 | By Kira

German technology and electrical engineering giant Siemens has just deepened its investment into the 3D printing industry by opening the first manufacturing facility for the mass production of metal 3D printed components in Sweden. Not only is this the first workshop of its kind in Sweden, but it is also Siemens' first official foray into the industrial production of metal 3D printed components. The total investment into the metal additive manufacturing facility, located in Siemens' industrial plant in the city of Finspång, amounts to roughly €21.4 million.



The Michelin Group and Fives join forces and create FIVES MICHELIN ADDITIVE SOLUTIONS to become a major metal 3D printing player

07/09/2015

Corporate



GE Plans to Invest \$1.4B to Acquire Additive Manufacturing Companies Arcam and SLM; Accelerates Efforts in Important Digital Industrial Space

September 6, 2016

Jyllands-Posten
Indblik

FORSIDE

PREMIUM

INDBLIK > SERIER

14.12.2015 KL. 16:15

Danske virksomheder overser fremtidens superteknologi

Baggrund: Alt for få virksomheder bruger 3D-print. Det kan koste konkurrenceevne og arbejdspladser, vurderer Teknologisk Institut. DI deler instituttets bekymring.

Metal 3D-print DK potentiale



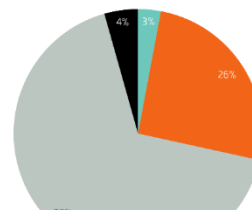
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

3D metal-print revolution i fremstillingsindustrien

3D metal-print kan få plads i hver tredje virksomhed

Danske fremstillingsvirksomheder brug af 3D print i metal

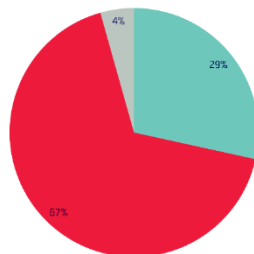
- Anvender 3D print i metal
- 3D print i metal en mulighed
- 3D print i metal ikke en mulighed
- Ved ikke



Næsten hver tredje virksomhed kan udr metal

Virksomheder med produkter, som helt eller delvist kan 3D printes i metal

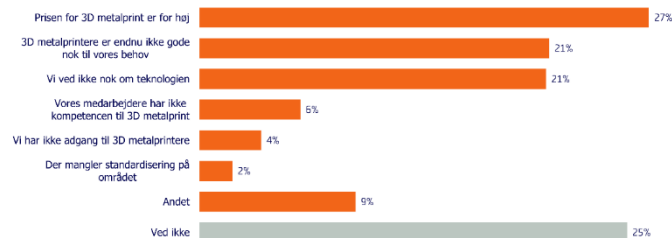
- Har produkter, hvor 3D print i metal kan anvendes
- Kan ikke anvende 3D print i metal
- Ved ikke



Noter: Interview med danske fremstillingsvirksomheder, 526 svar.
Spørgsmål: Fremstiller I produkter, som helt eller delvist vil k

Prisen og kvalitet bremser brugen af 3D metal-print

Barrierer hos fremstillingsvirksomheder for at tage 3D metal-print i brug
Svar fra virksomheder, som finder 3D metal-print relevant



Noter: Interview med danske fremstillingsvirksomheder, 526 svar.
Spørgsmål: I udlandet er fly, bil og medicinsk industri i fuld gang med 3D print i metal. 3D print kan anvendes til fremstilling af metaldele i alle legeringer i industriel skala.
Vi vil gerne høre jeres tanker om dette. Fremstiller I produkter, som helt eller delvist vil kunne 3D printes i metal. Fremstiller I produkter, som helt eller delvist vil kunne 3D printes i metal?

Noter: Interview med danske fremstillingsvirksomheder, 134 svar. Svar fra virksomheder som finder 3D metal-print relevant, men ikke anvender 3D metal-print i dag.
Spørgsmål: Hvilke ser du de største barrierer for at indføre 3D print af metaller som en del af jeres virksomhed?

Hvad nu...



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Hvordan bliver Danmark del af det voksende 3D-print marked?
 - Adgang til viden og kompetencer
 - Adgang til Industriel 3D-print faciliteter
 - Adgang til "first-movers" der demonstrerer gode business cases

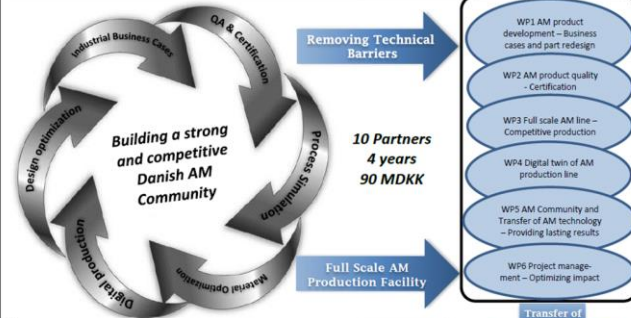
AM-LINE 4.0

Additive Manufacturing Center - Danish AM Community with Metal AM production Line providing High Volume/High Flexibility based on the Digital Twin

GLOBAL MARKETS
INTERNATIONAL
COMPETITION

AM-LINE 4.0

COMPETITIVE I4.0
PRODUCTION IN DK



Through a full-scale demonstration set-up, AM-LINE 4.0 will pave the way for the industrial breakthrough of competitive metal AM in the Danish manufacturing industry.

- Full scale metal AM production line established
- 10 competitive business cases based on optimized 3D-printed metal parts
- Metal AM production operational in > 3 DK companies
- Product selection and AM optimization of > 30 parts
- Production of > 3.000 metal parts annually
- Training of > 500 Danish engineers, designers and executives
- Education of >150 students



AM-LINE 4.0

- Vil bane vejen for metal 3D-print's industrielle gennembrud i Danmark
- 4 hovedaktiviteter:
 - Fuldskala metal 3DP produktionslinje
 - Digital Tvilling
 - Demonstrere solide 3DP business cases
 - Opbygge et Dansk AM Community



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

NIRAS

GRUNDFOS

SLM
SOLUTIONS

TWI

DTU

Adimant

Danfoss

SCADAMINDS
ACTIVATE YOUR DATA

MADE
Manufacturing Academy of Denmark



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

AM-LINE: Metal 3D-print workflow



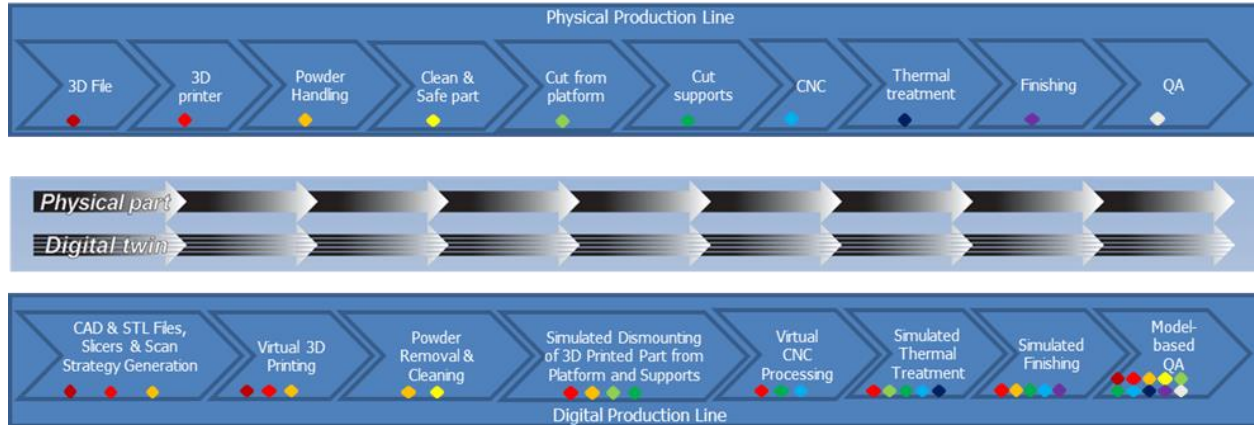
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Center for Industriel 3D-print

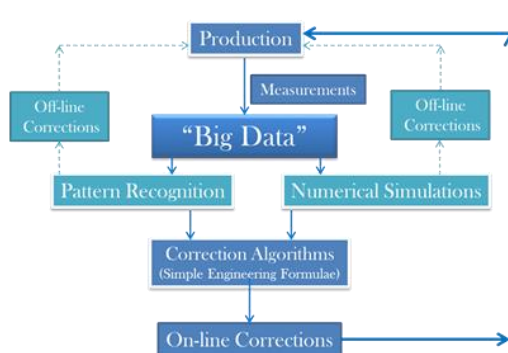
Produktionsworkflow for 3D-print i metal



AM-LINE: Digital Tivilling



- Part Design (CAD)
 - Part simulation (FEA)
 - Multiple step Process simulations
 - Process parameter setting
 - Sensor data analysis
 - Process data correction
 - Model based QA
 - Virtual process information
-
- Education and training



◆ Sensors and Data Transfer

Hvad kan vi hjælpe med



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- 3D-print produktion (inkl. kvalitetssikring og dokumentation)
- Udvikling til 3D-print / redesign af emner
- Identifikation af virksomhedens mest lovende 3D-print emner
- Afdækning af virksomhedens 3D-print potentiale

Tilbud om opkvalificering



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Opkvalificering af ledere – fokus på muligheder og forretningen
 - Opkvalificering af ingeniører – fokus på design og teknologier
 - Opkvalificering af operatører – fokus på hands-on og uddannelse af operatører
-
- Open-labs, konferencer, master-class, kurser, ...
 - Klyngeprojekter
 - ERFA grupper
 - Virksomhedstilpassede forløb

Mange andre gode initiativer



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- AM Hub
- AM Link
- NextTech
- MADE + MADE Digital + MADE FAST

Konklusion



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- AM er kommet for at blive – og ikke bare til prototyper
- Kom i gang
- Start med at lære det
- Vær tålmodig
- Find de gode business cases (efter du har lært det) baseret på optimeret funktionalitet

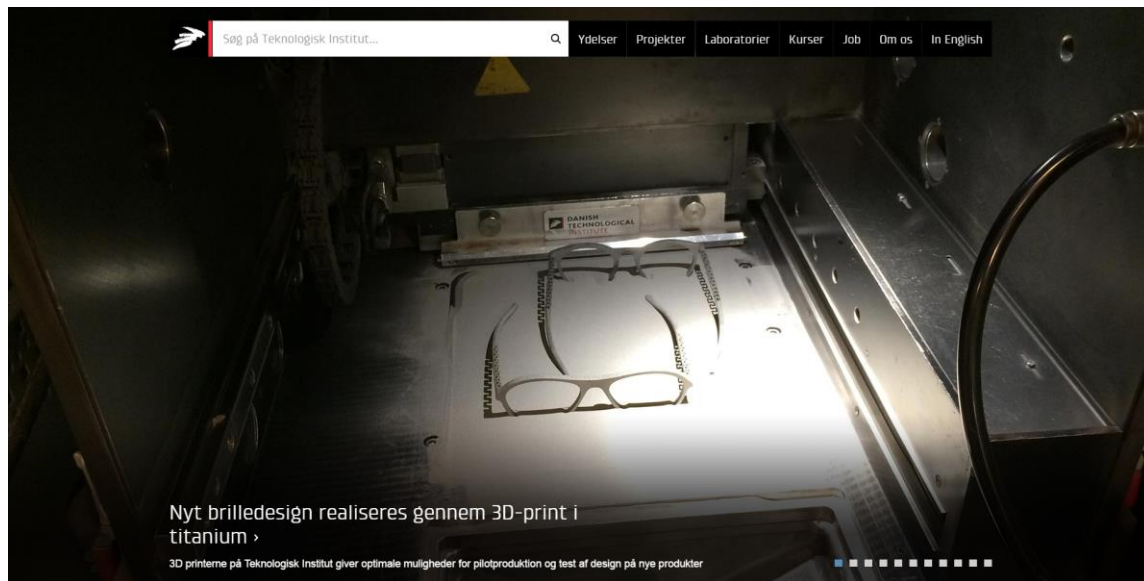
Carlottas Village

- Produktion af titaniumbriller

<https://www.teknologisk.dk/ydelser/nyt-brilledesign-realiseres-gennem-3d-print-i-titanium/38117>



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



Requirements	2.1	Load conditions	
	2.2	Technical Requirements (Form/fit/function/ fatigue)	
	2.3	Part tolerances	±0.010 in (0.254 mm)
	2.4	Surface finishing	125 µin (3.175 µm)
	2.5	Electrical conductivity	No Requirement



**DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE**

- Kvalitetssikring – det er pænt vigtigt i flyindustrien
 - Overholder ASTM F2429



Designation: F2924 – 14

Standard Specification for Additive Manufacturing Titanium-6 Aluminum-4 Vanadium with Powder Bed Fusion¹

