3D프린팅 산업현황과 금속부품 응용사례

2017. 6. 23.

손용[1,2]

[1]한국생산기술연구원 마이크로나노공정그룹, 3D프린터 제조혁신센터

[2]한국기계연구원 금속3D융합연구단

sonyong@kitech.re.kr

목 차

Ⅰ 시장 및 정책 동향

Ⅱ 3D프린팅 기술 개요

Ⅲ 산업별 응용 기술동향

Ⅳ 3D프린팅 제조혁신센터

Ⅰ 시장 및 정책 동향

미래 제조업의 핵심 '3D 프린터'

KITECH 한국생산기술연구원

"거의 모든 제품의 제작 방식을 혁신할 잠재력을 가졌다"

(Potential to revolutionize the way we make almost everything)

- Obama 대통령 2013.2. 일반교서 연설

주요국	내 용
미 국	- 첨단제조업 육성을 위해 민.관 공동재단 설립 7000만 달러를 투자, 추후 확대 편성 - GE, IBM 등 40여 개 기업과 대학, 기관 등이 참여하여 컨소시엄을 형성 (NAMII : National Additive Manufacturing Innovation Institute)
일 본	- 일본 경제산업성이 지원해 산학연 연구프로젝트로 3D 프린터 기술개발, 개발예산은 30억엔 - 2015년 일본 3D 프린터 시장 예상 규모는 1800대 이상으로 2011년 대비 3배 성장 예상
영 국	- 3D프린팅 기술 육성을 위해 '1210월 700만 파운드 투자 발표 - 초중등 정규교육과정에 3D 프린팅 기술 도입 추진
중 국	- 기업.교육기관 10곳 주도로 3D프린터 기술연맹 결성, 3D 프린팅 응용기술에 4000만 위안 연구자금 지원 - 3D 프린터 산업을 포함한 ' 국가 기술발전 연구계획 및 2014년 국가과학기술 제조영역 프로젝트 지침 ' 을 발표
기 타	- '12년 세계경제포럼(WEF)은 '떠오르는 10대 기술'의 두 번째로 3D프린팅 기술을 선정하였음

3D프린팅 기술의 장점

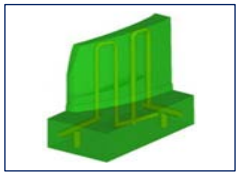
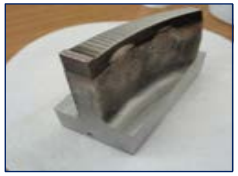
KITECH 한국생산기술연구원

소재의 절감

임의의 3차원 형상을 제작하는 데에 있어 전통적인 절삭가공과 비교하여 **필요한 만큼의 소재를 사용**

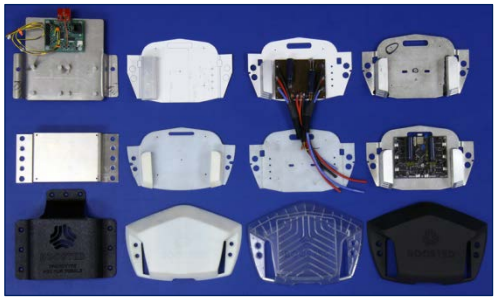
복잡한 형상 구현

작업물과 공구간 간섭이 최소화되어 **복잡한 형상 제조**에 더욱 유리하며 적층 방식의 제작으로 **내부 형상 제작**이 가능

디자인 변경용이

맞춤식 제작에 활용되며 디자인 변경이 용이하고, 별도의 금형이 필요 없기 때문에 **제품 개발 비용의 극적 감소**



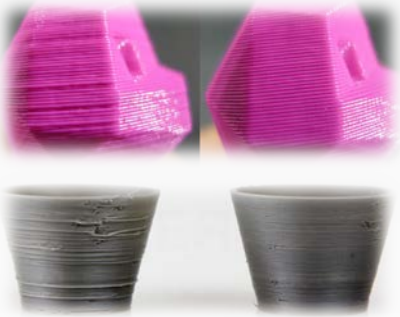
3D프린팅 기술의 단점

KITECH 한국생산기술연구원

국한된 사용성

조형정밀도 및 표면 조도가 비교적 뒤떨어지고

세부형상 구현 미흡



낮은 속도와 효율성

기존의 조립기법 및 기계보다 **속도와 효율성**이 현저하게 떨어짐

대량생산 부적합

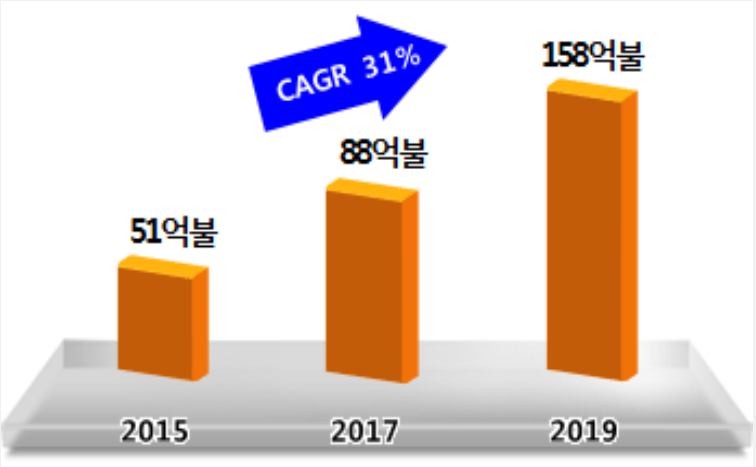
사용가능 원료와 색상이 제한적이고

소량다품종의 생산공정에 적합

국외 시장 현황

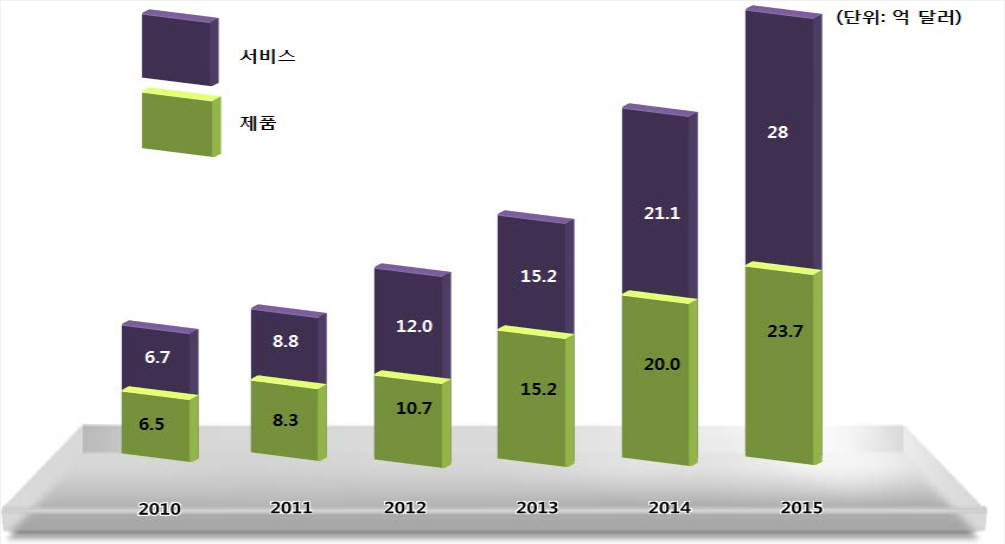
시장규모 및 성장추이

- 세계시장 규모 '15년 51억불 규모, '19년까지 약 158억불 규모로 고성장(CAGR 31%) 전망
- 국가별 시장 점유율 : 3D프린팅시장은 장비·소재 등 제품과 출력대행 등 서비스로 구분되고 최근 서비스 비중이 높아지는 추세
- 제품시장은 3D프린터가 제조분야 등 산업에 적용되기 시작하면서 산업용 장비의 비중이 확대되고 있으며, 서비스시장의 경우에는 부품 제작, 출력 대행 서비스 등이 성장을 주도



※ Wohlers Associates('16)

< 시장 규모 및 성장률 >



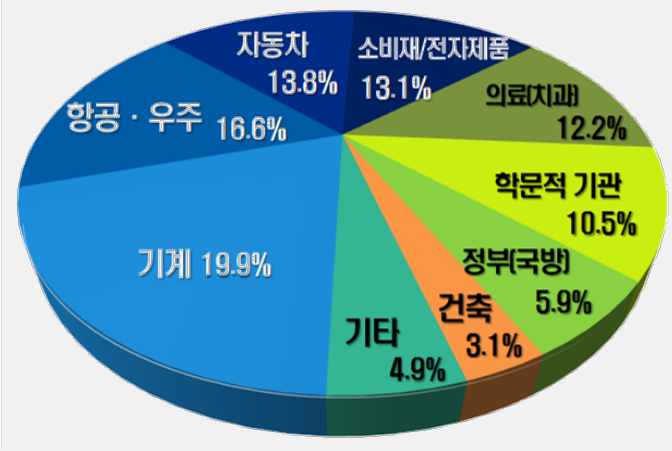
※ Wohlers Associates('16)

< 제품 시장 대비 서비스 시장 추이 >

국외 시장 현황

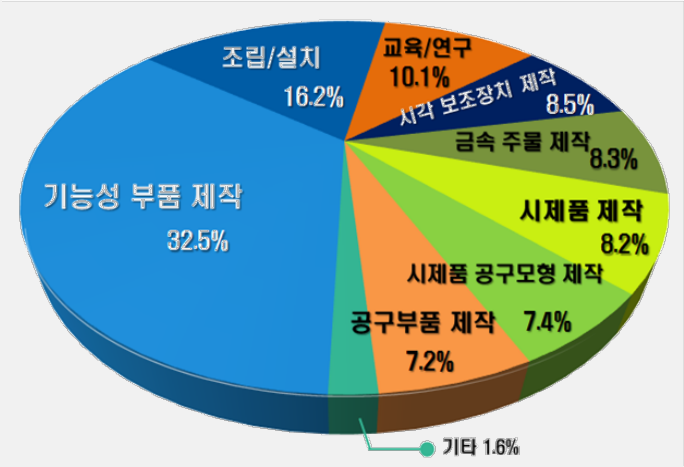
산업활용 분야 및 용도

- 산업별로는 기계(19.9%), 항공.우주(16.6%), 자동차(13.8%), 소비재(13.1%) 분야 등에서 주로 활용
- 사용용도는 부품 · 시제품 등의 제작용도가 전 세계 매출의 50%이상 차지



※ Wohlers Associates('16)

< 산업 활용분야별 비중 >



※ Wohlers Associates('16)

< 사용 용도별 비중 >

국외 시장 현황

KITECH 한국생산기술연구원

기업현황

- 美 스트라타시스社, 美 3D시스템즈社 등 상위 8개 기업의 매출액 (24.4억불, 2015)은 세계 3D프린팅 시장(51억불, 2015)의 약 48%를 차지
- 이들 기업은 전략적 인수합병을 통한 토탈 솔루션 기업으로 전환 중 → 3D프린팅 장비 · 소재 · SW기술, 컨설팅, 디자인 콘텐츠 및 중개서비스를 제공
- 최근 6년간(~2016) 3D Systems사 28개사, Stratasys는 6개사 인수합병

GE	항공분야 경쟁력 강화를 위해 금속기반 3D프린터 제조기업인 스웨덴 아르캠 AB社와 독일 컨셉레이져社를 1조 5,400억여원에 인수('16)
구글	3D프린터 제조 카본 3D社에 1,200억원 투자('14)
HP	기존 기술에 비해 출력속도가 10배 빠른 3D프린터 출시('15)
아마존	3D프린팅 매장 개설 등('15)

< 글로벌 기업별 투자 현황 >

금속 3D프린팅 산업 현황

KITECH 한국생산기술연구원

GE Aviation's Additive Development Center

Nanyang polytechnic AMIC (Additive Manufacturing Innovation Centre)

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

September 6, 2016

- Expands design envelope to substantially reduce product cost
- Enables productive new model for services cost and delivery
- Lead in design and manufacture of highly valued parts
- Enter a fast-growing industry where GE can build a competitive position
- Leverages GE Store: key strengths in materials, software, and product design

BOSTON, MA (USA) – GE (NYSE: GE), the world's leading digital industrial company, today announced plans to acquire two suppliers of additive manufacturing equipment, Arcam AB and SLM Solutions Group AG for $1.4 billion. Both companies will report into David Joyce, President & CEO of GE Aviation. Joyce will lead the growth of these businesses in the additive manufacturing equipment and services industry. In addition, he will lead the integration effort and the GE Store initiative to drive additive manufacturing applications across GE.

.: GE Acquires Stake in Concept Laser, Arcam

Photonics Spectra
Feb 2017

BOSTON — General Electric Co. has announced the execution of an agreement to acquire a 75 percent stake in Concept Laser, a German manufacturer of 3D metal printing machines, allowing it to take full ownership over the next several years.

GE has also concluded its tender offer for the shares of Arcam AB, purchasing 76.15 percent of the Swedish 3D printing company. Now, with controlling shares of two important producers of additive manufacturing systems under its belt, GE has pledged to invest significant funds into the advancement of 3D printing technology, improving the portfolios of both companies.

“GE has made significant long-term commitments to both Arcam and Concept Laser to enhance their complementary technologies,” said Mohammad Ehteshami, vice president for additive integration at GE Additive. “Both companies are important players in the growing additive manufacturing movement, and are foundational to GE’s journey into this revolutionary manufacturing space.”

DMG MORI acquires 50.1% of shares in SLM 3D printing company REALIZER

Feb 16, 2017 | By Tess

German machine tool manufacturing company DMG MORI has acquired 50.1% of shares in German additive manufacturing company REALIZER GmbH, strengthening the company's 3D printing technology offerings.

With the acquisition, DMG MORI is adding selective laser melting (SLM), REALIZER's specialty, to its already full arsenal of machining and manufacturing processes. In the additive manufacturing sphere, DMG MORI already has experience with laser deposit welding processes (through SAUER GmbH), and with the addition of REALIZER's SLM technology and products, the company is excited to grow its AM business.

"This is the perfect complement to our high-tech machines in the field of Advanced Technologies," said Christian Thönes, Chairman of the Executive Board of DMG MORI AKTIENGESELLSCHAFT. "Selective laser melting in the powder bed opens up completely new areas of application for our customers."

국내 시장 현황

시장규모 및 현황

- 국내 시장은 2014년 1,815억원에서 2015년 2,230억원으로 증가하였고 2019년까지 5,082억원 규모로 성장(CAGR 22.9%)할 전망
- 국내 시장은 제조업에서의 활용 수요 부족 및 시장 미성숙 등으로 세계 시장 성장(CAGR 31%)보다 낮을 것으로 전망

※ 출처 : 국내 3D프린팅 산업 실태조사(NIPA, '14~'15), CAGR 추정치('16~'19)

구분	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR(%)
국내	*1,815*	*2,230*	2,740	3,366	4,136	5,082	22.9%

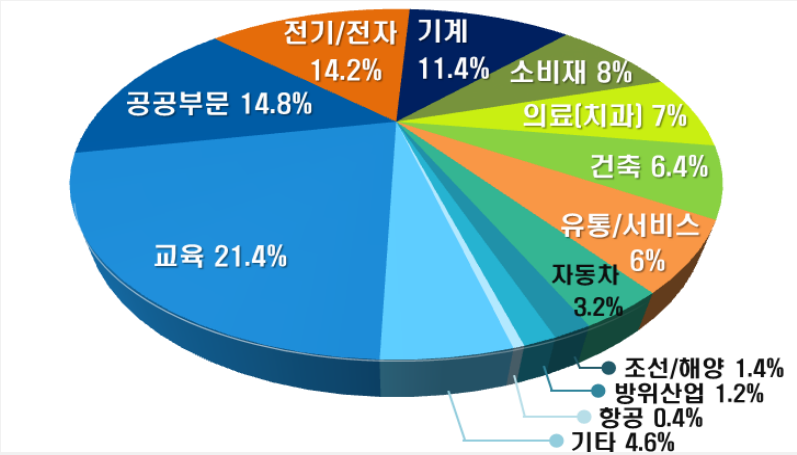
< 3D프린팅 시장 규모 및 성장률 (억원) >

국내 시장 현황

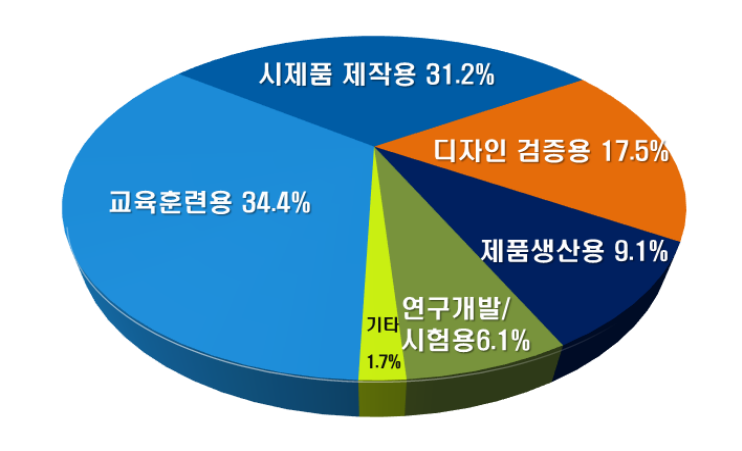
제품 및 산업활용

- 제품 시장 : 제품 판매가 꾸준히 늘고 있으나, 외산의존도가 높아(80% 상회) 시장 확대가 국내 기업 경쟁력 제고로 이어지는 데 한계
- 산업분야 활용 : 산업별로는 주로 ▲ 교육(21.4%), ▲ 공공 부문(14.8%), ▲ 전기전자(14.2%) 분야, ▲ 기계(11.4%) 분야에서 활용
- 용도별로는 ▲교육훈련용(34.4%), ▲시제품 제작용(31.2%) 등에서 활용

* 출처 : 3D프린팅산업 실태조사(NIPA, '15)



< 산업 활용분야 >



< 사용 용도별 현황 >

국내 시장 현황

기업현황

- 국내 3D프린팅 기업은 208개(2015년 기준)로, 최근 6년 이내 설립된 신생 기업이 대부분(68%)
- 대다수(90.4%)가 연간 매출액이 10억원 미만의 소규모 사업장이며, 업체별 3D프린팅 관련 종사자 수도 10명 미만임
- 제조기업 중에는 공개된 해외기술을 활용한 저가의 보급형 장비제조, 교육 서비스 업체가 다수(장비제조 기업(45개) 중 산업용장비 제조 기업은 10개社)

* 출처 : 3D프린팅산업 실태조사(NIPA, '15)

< 연간매출액>

< 종자사수>

국내 시장 현황

KITECH 한국생산기술연구원

기술개발

- 3D프린팅 기술개발 로드맵을 수립(2014.12)하고, 향후 산업수요 및 발전이 예상되는 10대 활용분야 15대 전략기술에 총 475억원 투자

  - 항공.전자 분야 등의 장비.소재 기술개발(산업부, 118억원(15 ~ 16년), 의료.바이오 분야 등의 특화 SW, 3D프린팅 저작물 보호 및 관리 기술개발(미래부, 357억(14 ~ 16년)

인프라 강화.인력양성

- 3D프린팅 기술교육, 시제품 제작, 비즈니스 모델 발굴 등을 지원하는 인프라를 구축하고 체험 · 교육 등을 통해 인식제고 및 확산에 기여

  - (3D프린팅 시설장비 구축 : 87개소) K-ICT 3D프린팅 지역센터 8개소, 제조혁신지원센터 6개소 등

법제도 기반조성

- 3D프린팅 산업발전 전략 수립, 법률 제정, 의료분야 가이드라인 마련 등 3D프린팅 산업 활성화를 위한 기반 조성

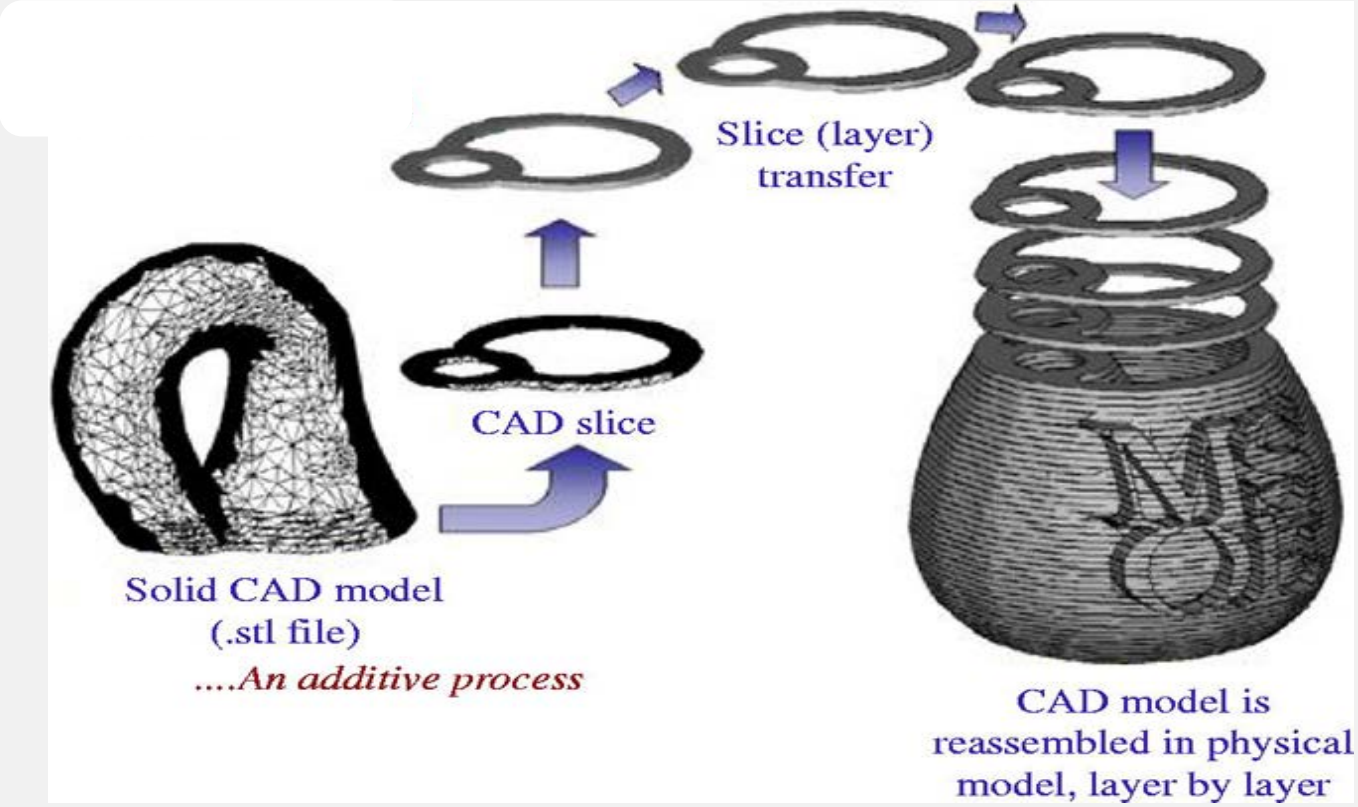
  - 3D프린팅산업 발전전략(14.4), 3D프린팅 전략기술 로드맵(14.12), 3D프린팅산업진흥법(15.12), 3D프린팅산업 진흥 기본계획 수립(16.12) 등

Ⅱ 3D프린팅 기술 개요

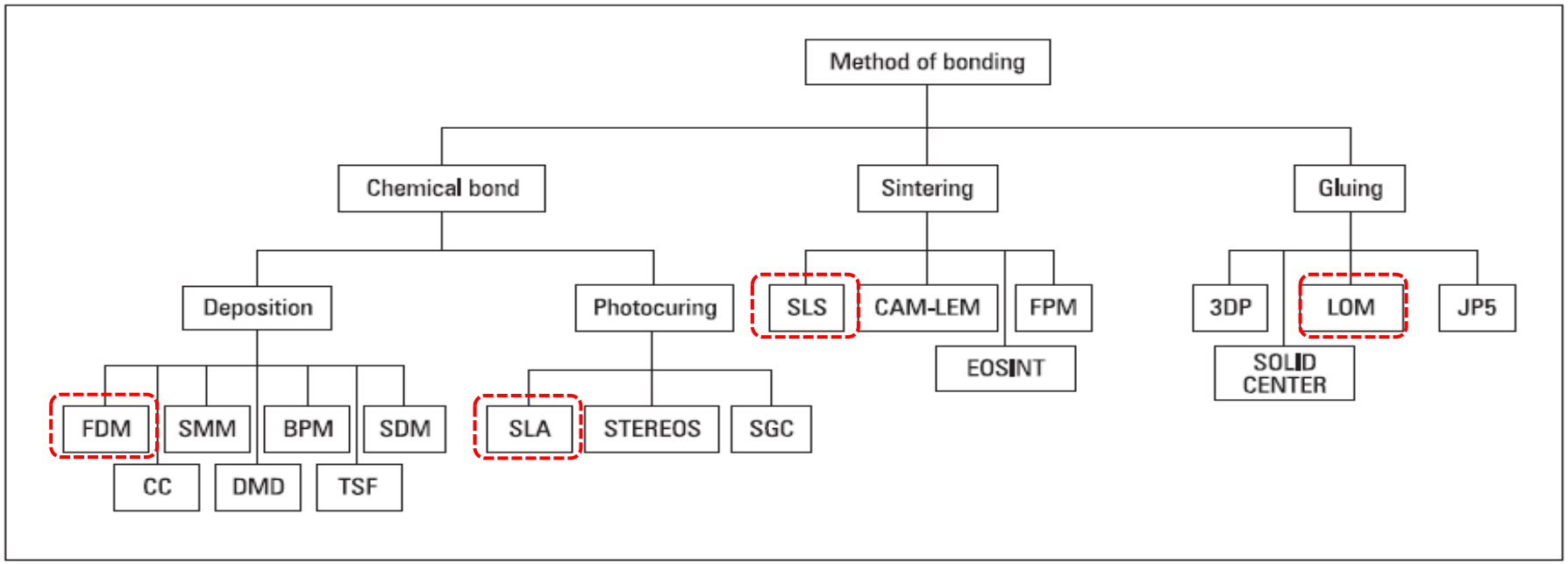
적층 제조 정의

***Additive manufacturing* (ASTM F2792)**

The process of **joining materials** to make objects from **3D model data**, usually **layer upon layer,** as opposed to subtractive manufacturing methodologies.



적층 제조 분류



	Technology	University/Company
FDM	Fused Deposition Modeling	Stratasys
CC	Contour Crafting	USC
SMM	Sanders Model Maker	Sanders Prototype
DMD	Direct Metal Deposition	Michigan
BPM	Ballistic Particle Manufacturing	BPM, Inc.
TSF	Topographic Shell Fabrication	Formus, Inc.
SDM	Shape Deposition Manufacturing	Stanford

	Technology	Univ./Company
SLA	Stereolithography	3D Systems
SGC	Solid Ground Curing	Cubital
SLS	Selective Laser Sintering	Texas & DTM
FPM	Freeform Powder Molding	RPI
3DP	3-D Printing	MIT & Z-Corp
LOM	Laminated Object Manufacturing	Helisys
JP5	JP5 System	Schroff

	Technology	University/Company
CAM-LEM	Computer Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials	Case Western Reserve Univ. & CAM-LEM Inc.
EOSINT	Laser Sintering	EOS (Germany)
STEREOS	Laser Photolithography	EOS (Germany)
SOLID CENTER	Lamination of paper	Kira Corp. (Japan)

3D프린팅 기술

KITECH 한국생산기술연구원

3D프린팅 기술은 3차원 형상데이터를 기반으로 2차원 단면 데이터로 생성하고 소재를 얇은 막으로 형성하여 적층 방식으로 제품을 제조하는 생산 기술임

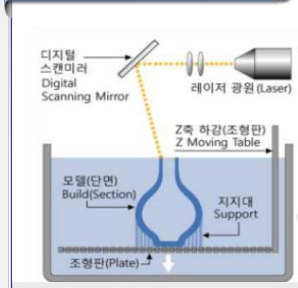
스캐닝/모델링
(3차원 설계)

3D 프린팅
(3D 구조제작)

후공정
(지지물 제거)

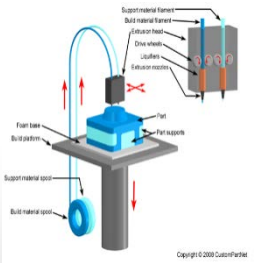
제작완료

PP (Photo-Polymerization)



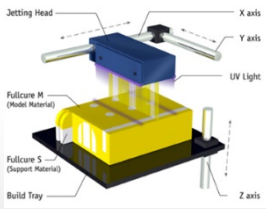
Stereolithography
韓캐리마, 美3D Systems, etc.

ME (Material extrusion)



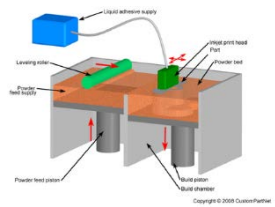
Fused Deposition Modeling
韓로킷,
美Stratasys, etc.

MD (Material Dispensing)



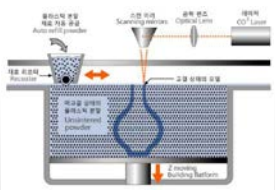
Polyjet
美Stratasys, etc.

BJ (Binder Jetting)



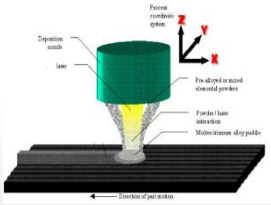
3DP
美3D Systems, etc.

PBF (Powder Bed Fusion)



Selective Laser Sintering
獨EOS, etc.

DED (Direct Energy Deposition)

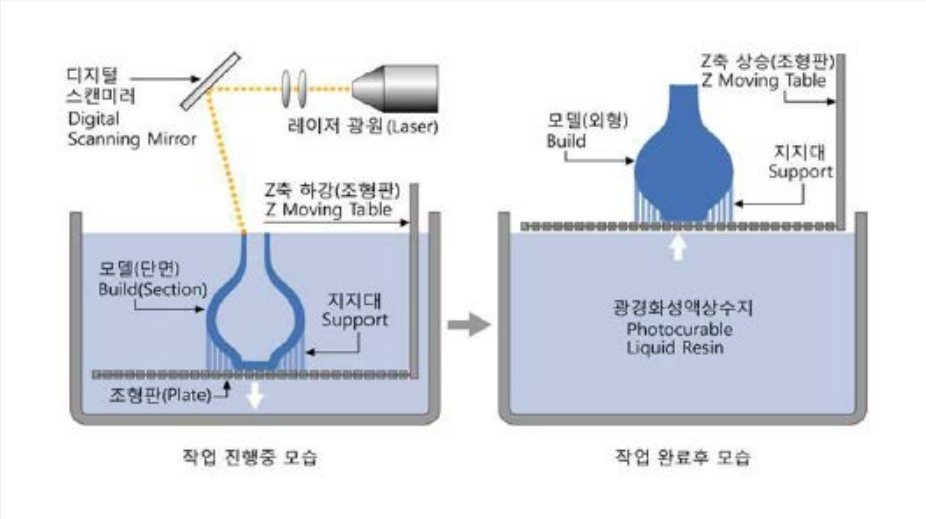


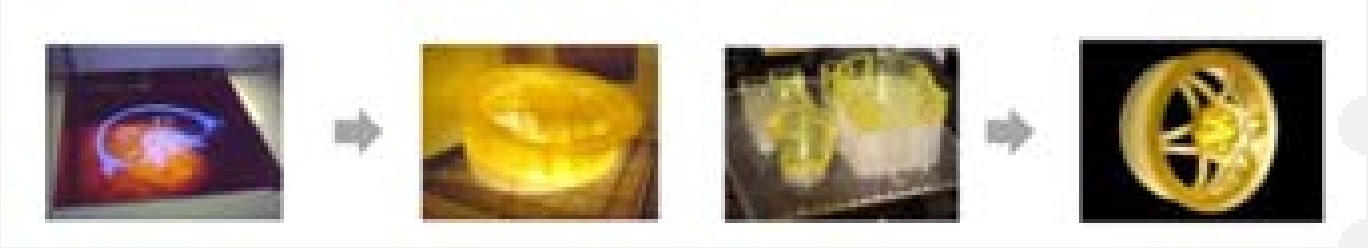
Direct Metal Tooling,
韓인스텍,
美Optomec, etc.

ASTM F2792-12a의 7가지 방식이 있으나, 기술개발 여지가 큰 6가지 분야(Sheet Lamination 제외)

SLA (Stereo-Lithography Apparatus)

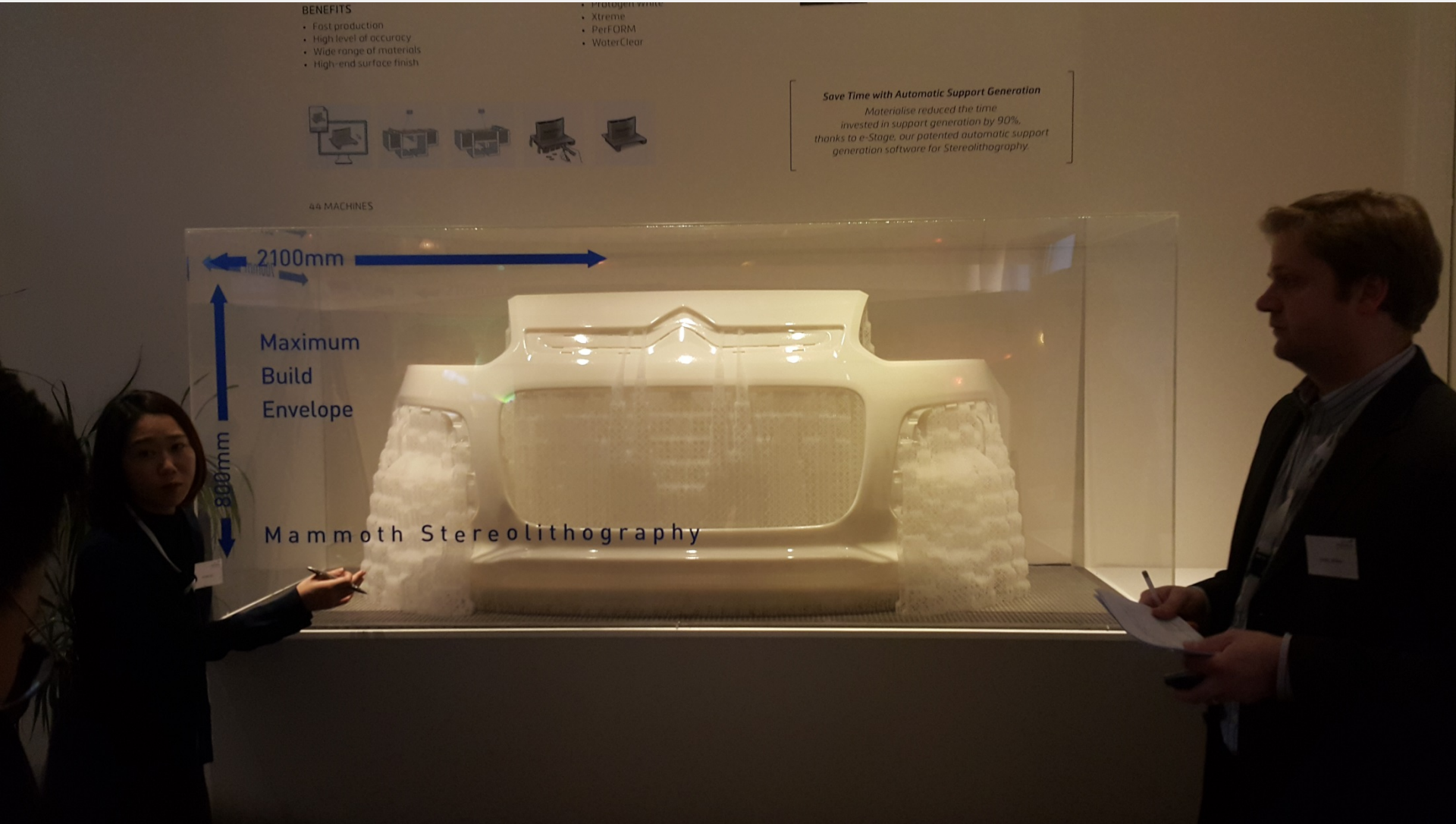
❖ 레이저 스캐닝을 통해 광경화 고분자를 가교하여 적층하는 방식





SLA (Stereo-Lithography Apparatus)

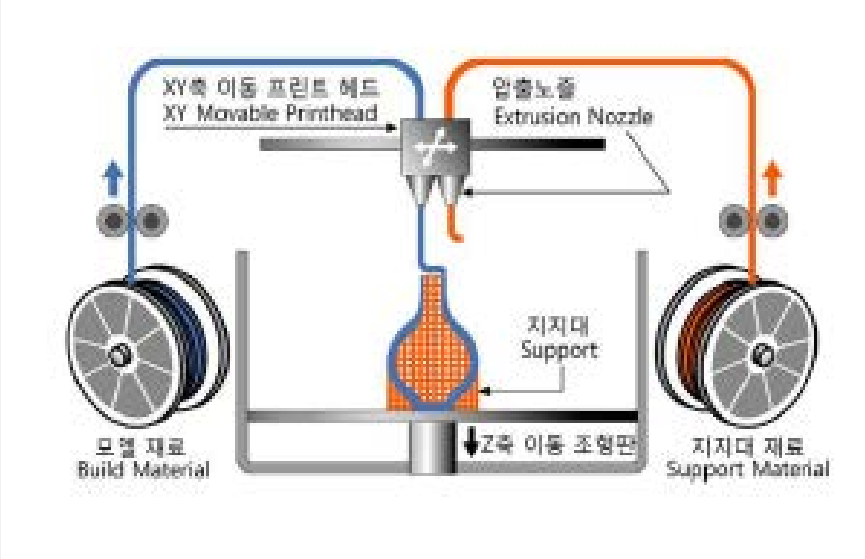
❖ **Materilaise mammoth 장비 (2100 x 700 x 800 mm)**

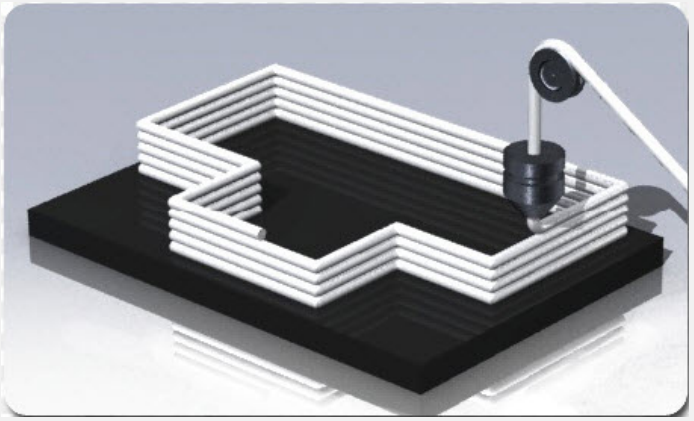


Material Extrusion

- FDM (Fused Deposition Modeling)

❖ 고분자 필라멘트를 용융 드로잉하여 분사 적층





Material Extrusion

- FDM (Fused Deposition Modeling)

❖ Stratasys 3D Printing 장비

(Fortus 250mc)

(Fortus 450mc)

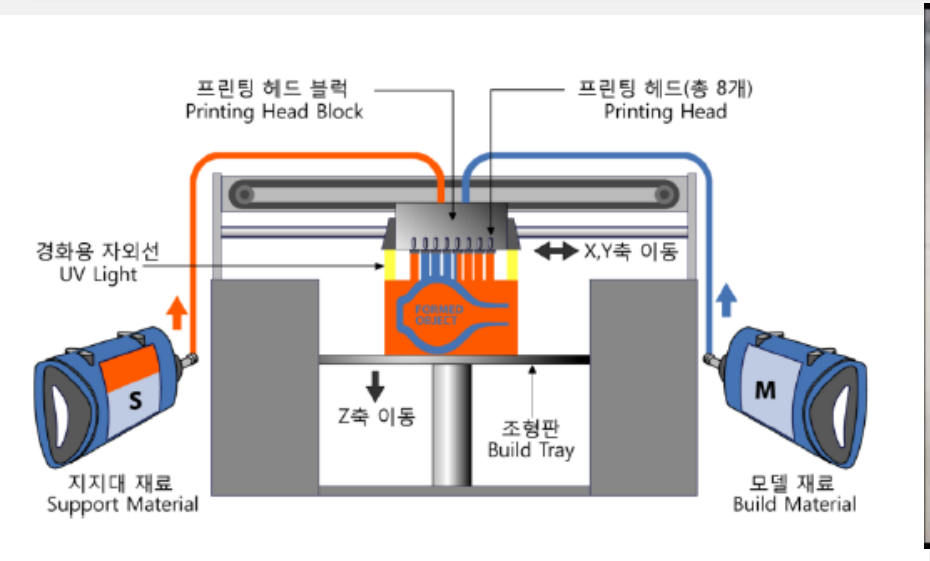
(Fortus 900mc)

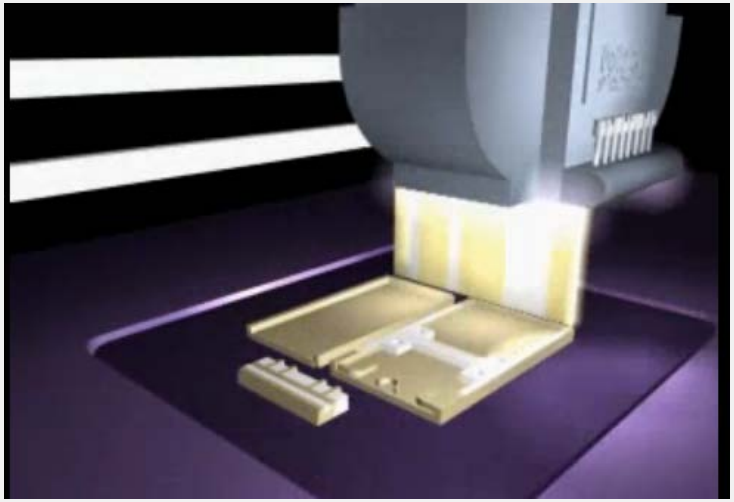
Build size	254 x 254 x 305 (mm)	406 x 355 x 406 (mm)	914 x 610 x 914 (mm)
Nozzle temp.	~300℃	~360℃	~360℃
Chamber temp.	~ 75℃	~145℃	~175℃
Filament material	ABS (300℃)	ABS(300℃), PC(330℃), ULTEM(360℃)	ABS(300℃), PC(330℃), ULTEM(360℃)

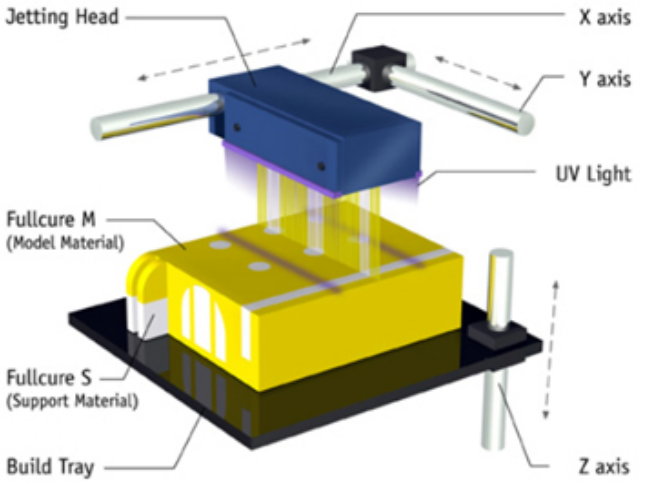
Material Jetting

- PolyJet

❖ UV 경화 고분자를 잉크젯 프린팅하며 경화 적층



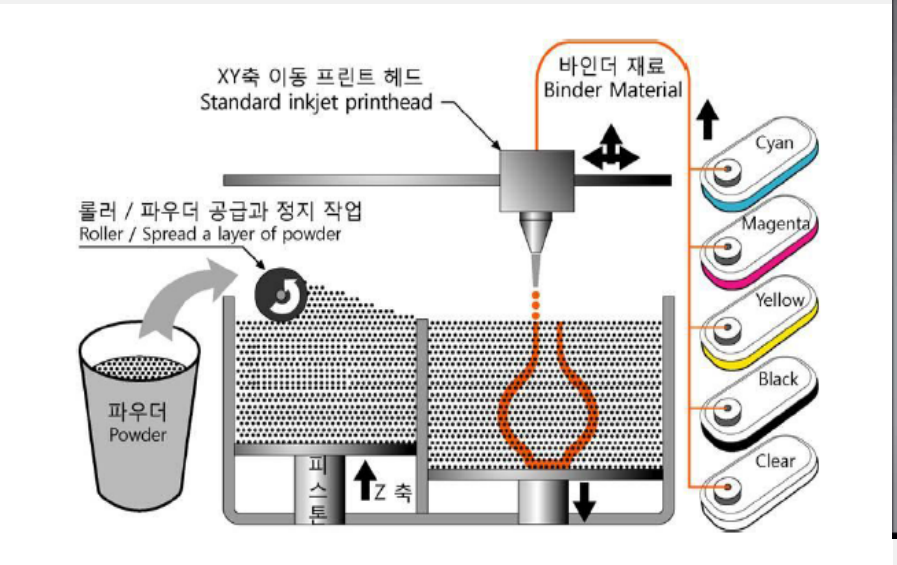


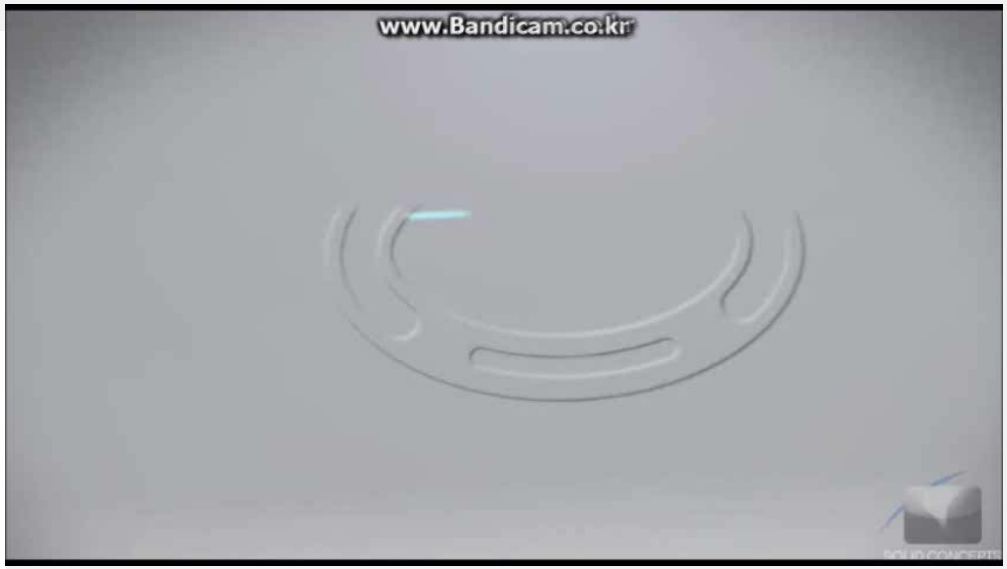


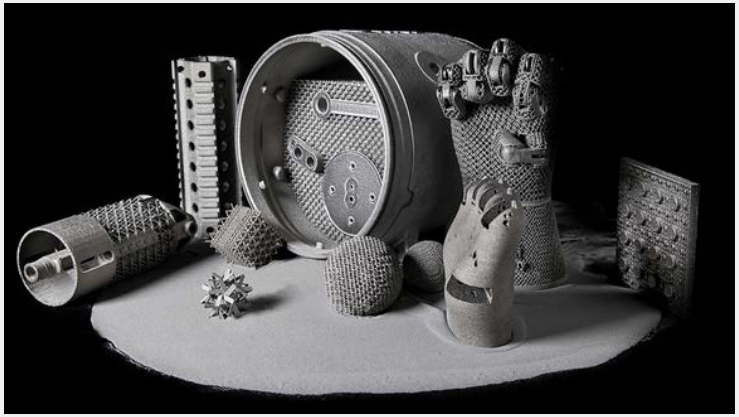
Binder Jetting

- 3D Dimensional Printing (Inkjet Printing)

❖ 액상 결합제를 이용해 입자상태의 소재를 선택적으로 결합하여 3차원 형상을 제조



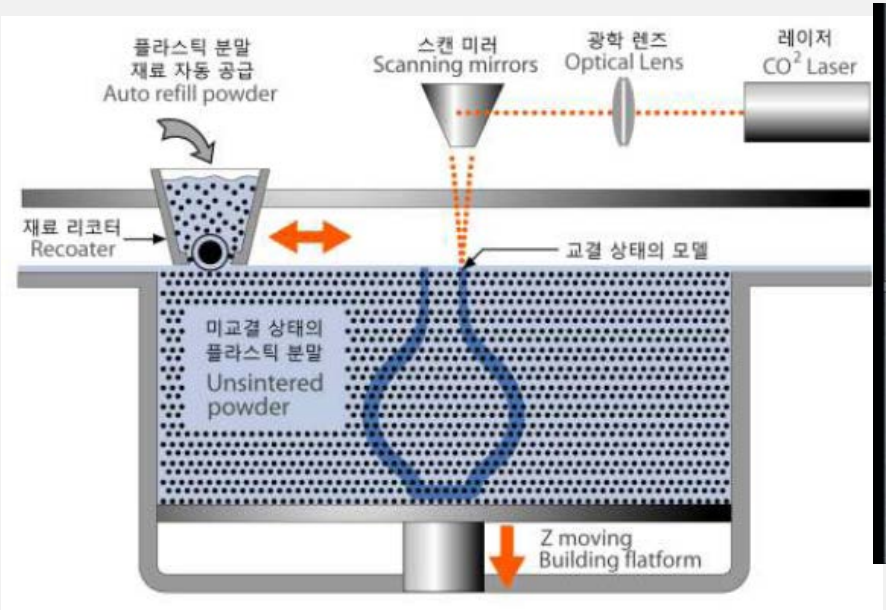




Powder Bed Fusion

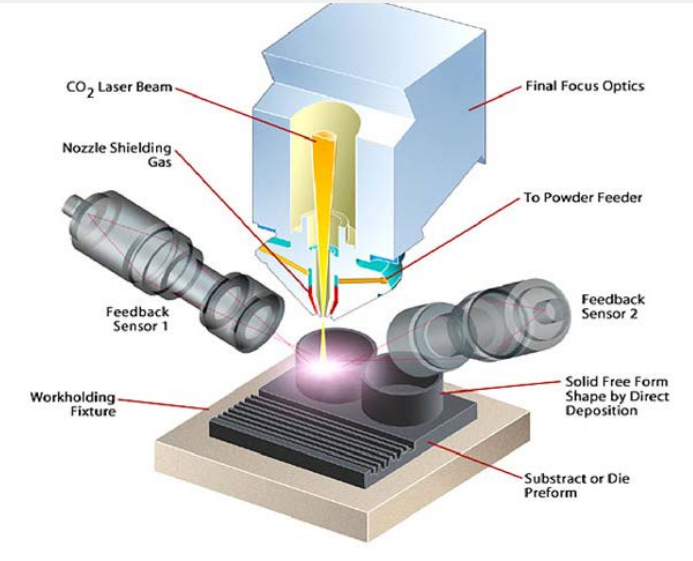
- SLS (Selective Laser Sintering)

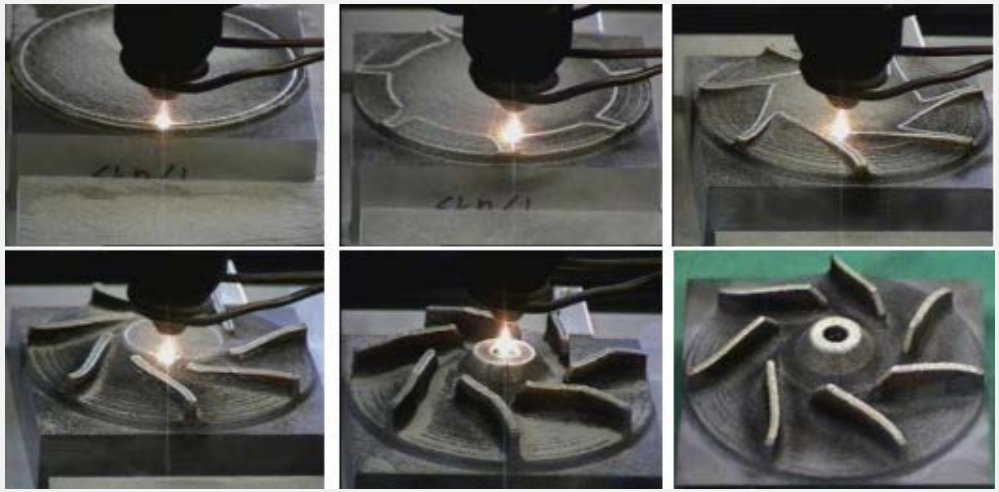
❖ 고분자 혹은 금속 분말에 레이저를 조사하여 소결 · 적층하는 방식



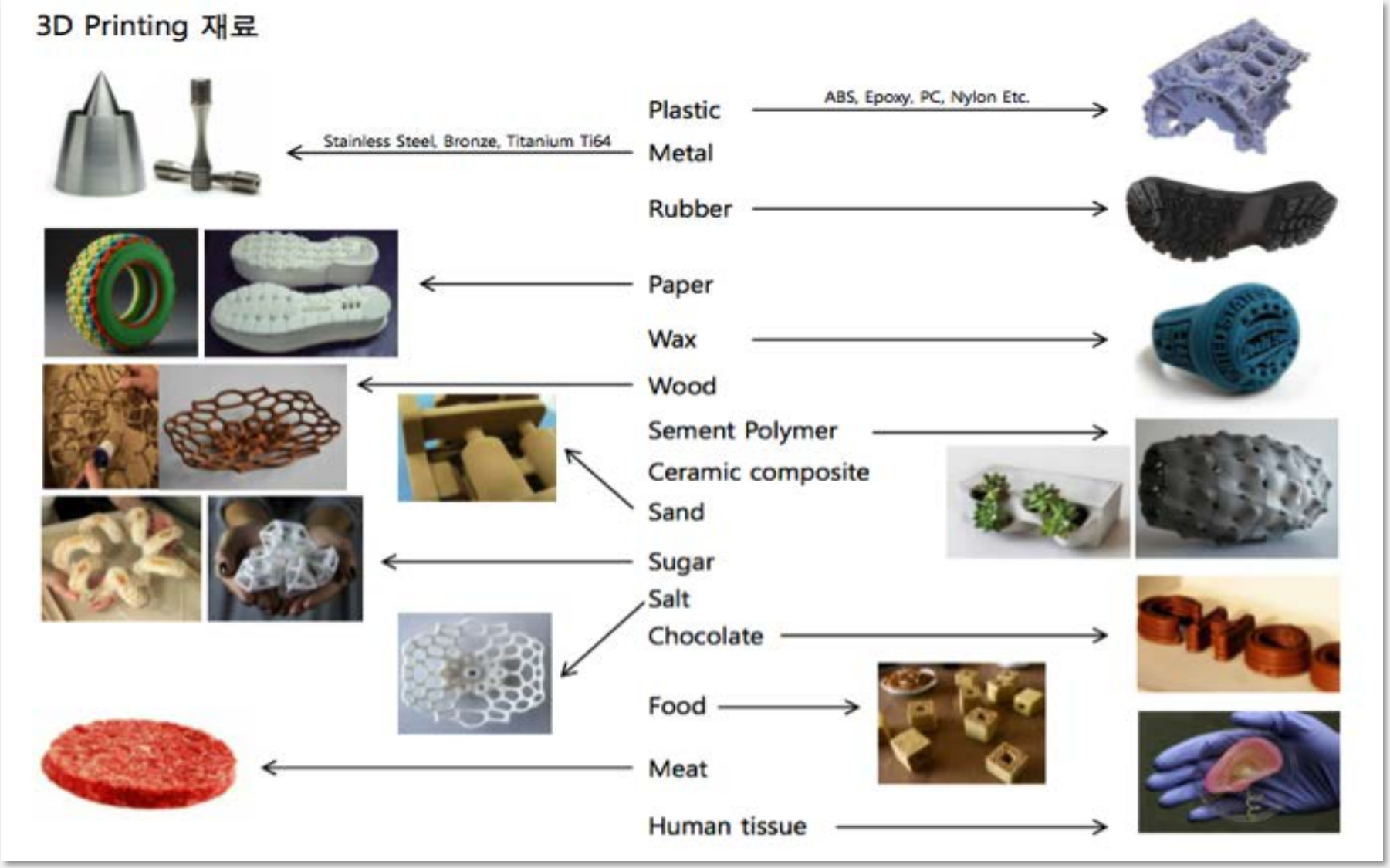
Direct Energy Deposition
- DMT (Direct Metal Tooling)

❖ 집속된 열에너지에 의해 증착 소재의 용해 및 응고과정을 통한 3차원 형상의 적층기술

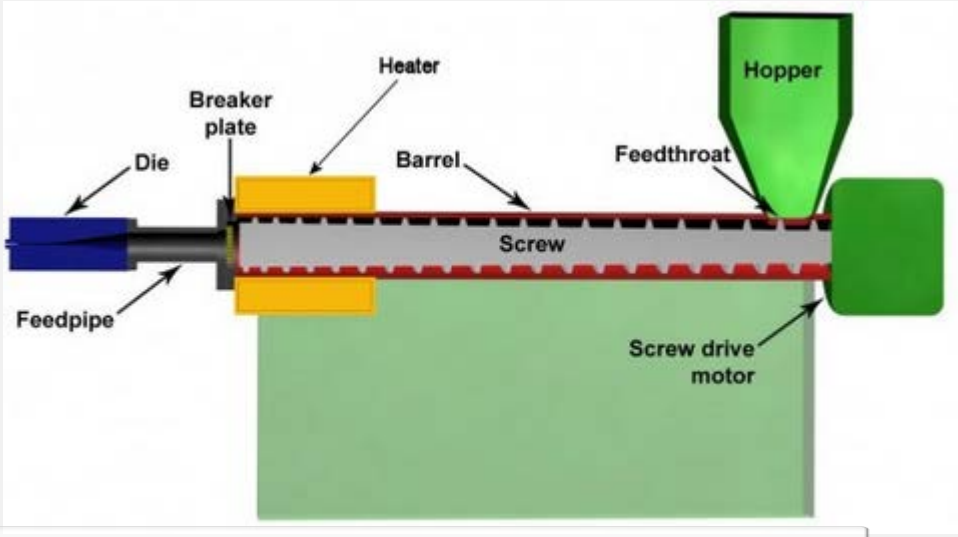




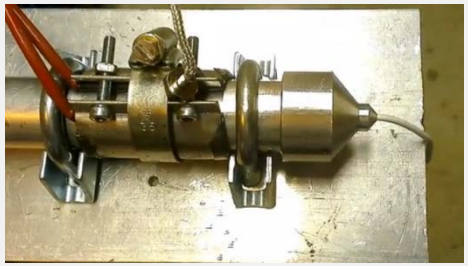
3D 프린팅 소재

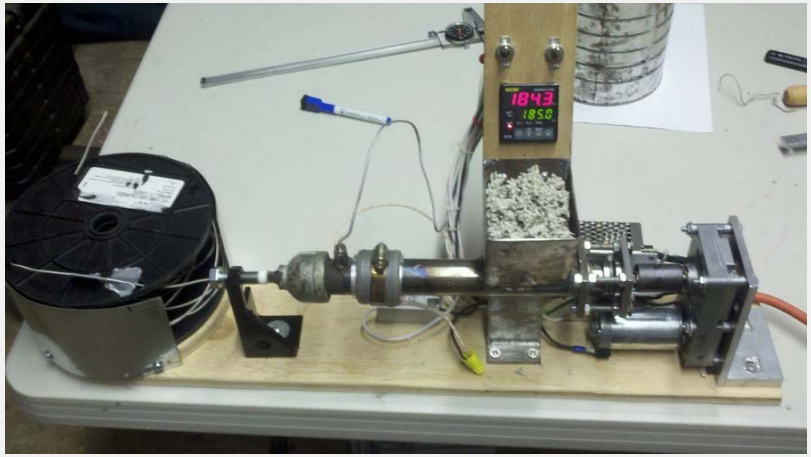

3D Printing 재료
Plastic
ABS, Epoxy, PC, Nylon Etc.
Stainless Steel, Bronze, Titanium Ti64
Metal
Rubber
Paper
Wax
Wood
Sement Polymer
Ceramic composite
Sand
Sugar
Salt
Chocolate
Food
Meat
Human tissue

폴리머소재 – 필라멘트 제조

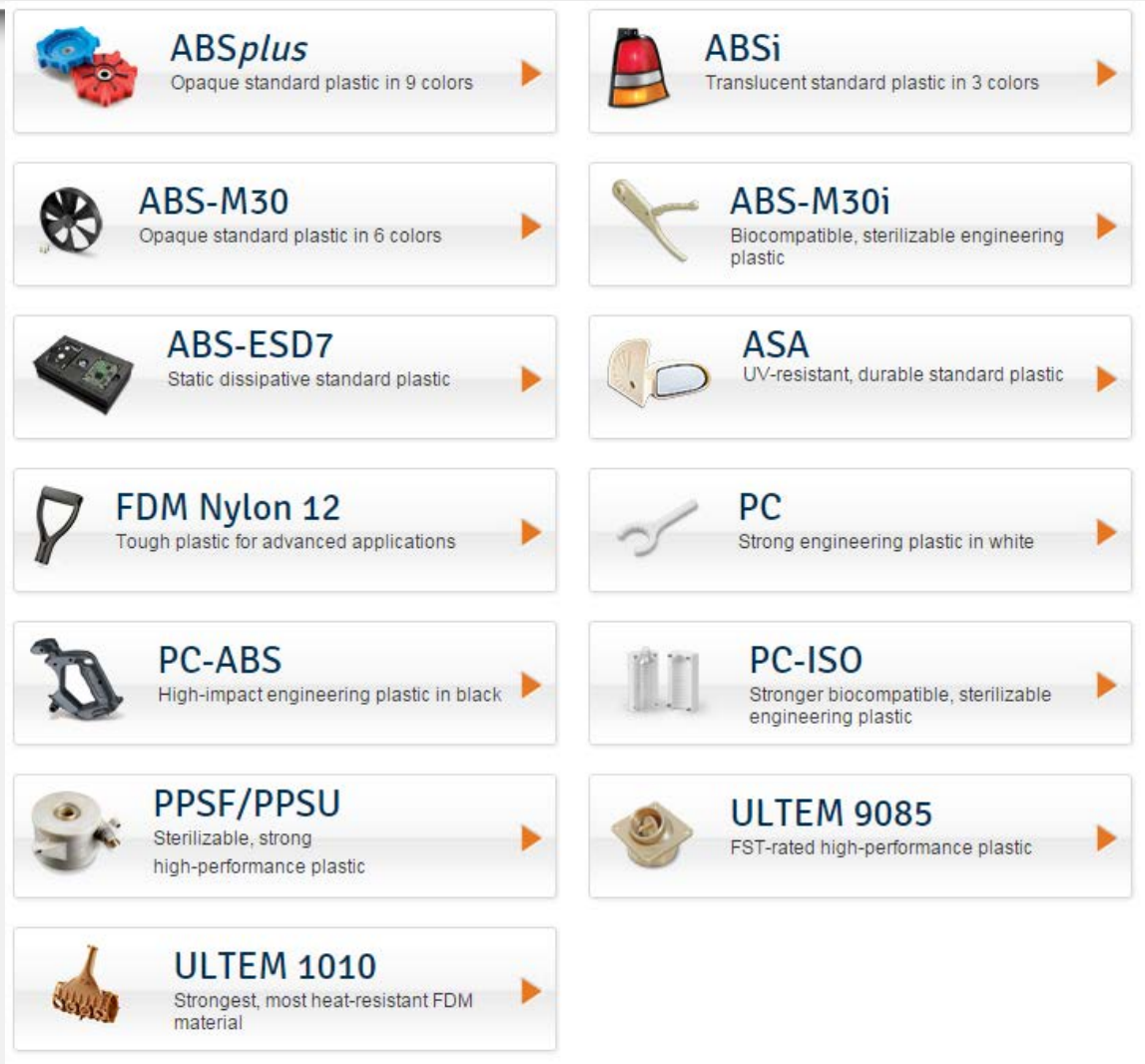


Pellet형태의 원료를 상용 필라멘트화 하는 과정





폴리머소재– FDM 소재 비교



Stratasys社 제공 FDM 소재

폴리머소재 – FDM 소재 비교

	ABSplus-P430	ABSi	ABS-ESD7	ABS-M30	ABS-M30i	ASA	PC-ABS	PC-ISO	PC
Support Structure	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	Soluble	BASS	BASS Soluble
Tensile Strength	4,700 psi (33 MPa)	5,400 psi (37 MPa)	5,200 psi (36 MPa)	4,680 psi (32 MPa)	4,680 psi (32 MPa)	4,720 psi (33 MPa)	5,000 psi (34 MPa)	8,265 psi (57 MPa)	9,800 psi (68 MPa)
Flexural Strength	8,450 psi (58 MPa)	8,980 psi (62 MPa)	8,800 psi (61 MPa)	8,730 psi (60 MPa)	8,800 psi (61 MPa)	8,720 psi (60 MPa)	8,530 psi (59 MPa)	13,089 psi (90 MPa)	15,100 psi (104 MPa)
IZOD Impact, notched	2.0 ft-lb/in (106 J/m)	1.8 ft-lb/in (96 J/m)	2.1 ft-lb/in (111 J/m)	2.4 ft-lb/in (128 J/m)	2.4 ft-lb/in (128 J/m)	1.2 ft-lb/in (64 J/m)	4.0 ft-lb/in (235 J/m)	1.6 ft-lb/in (86 J/m)	1.0 ft-lb/in (53 J/m)
Heat Deflection	204°F (96°C)	188°F (87°C)	204°F (96°C)	204°F (96°C)	204°F (96°C)	Test pending	230°F (110°C)	271°F (133°C)	280°F (138°C)

폴리머소재 – 광경화성 소재 비교

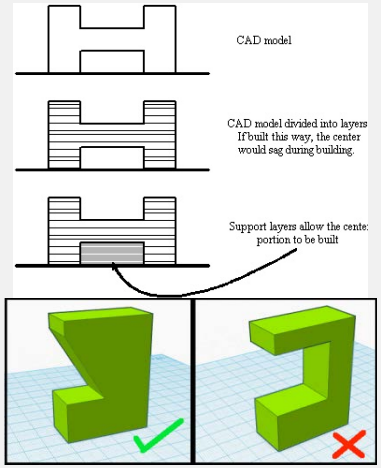
KITECH 한국생산기술연구원

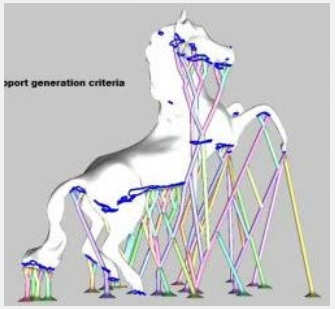
Standard Plastics Simulation				
Rigid			Flexible	Medical
Transparent Rigid	Durus PP Like	Vero (Opaque) Rigid	Tango Rubber-like	Medical
VeroClear FullCure810	DurusWhite FullCure430	VeroWhitePlus RGD835	TangoPlus FullCure930	HA -Clear FullCure630
General Purpose FullCure720		VeroBlue FullCure840	TangoGray FullCure950	HA -RoseClear FullCure655
		VeroGray FullCure850	TangoBlack FullCure970	HA- SkinTone FullCure680
		VeroBlack FullCure870	TangoBlackPlus FullCure980	MED610 Biocompatible
				VeroDent FullCure670

Stratasys社 제공 SLA & Polyjet 소재

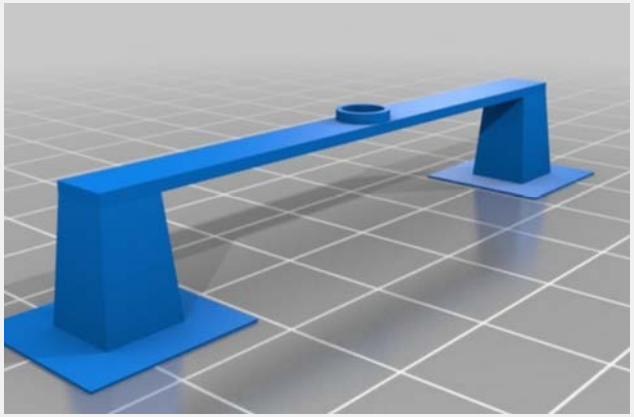
써포터 구조물 필요성-Polymer 소재

❖ 오버행 구조물의 출력을 위해 반드시 필요한 Support

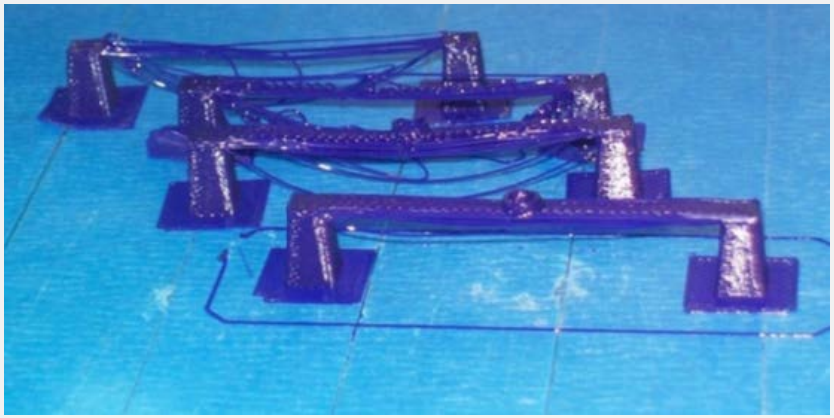




구조물의 Support를 추가한 모델링



Bridge 형상



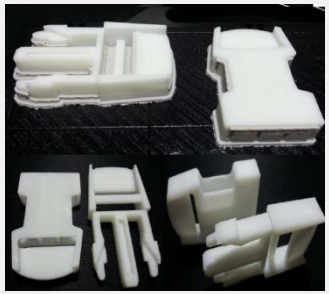
Supporter 없이 출력할 경우 처짐 발생

써포터 구조물 적용 -Polymer 소재

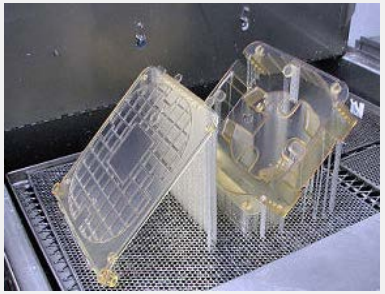
❖ 제조방식별 Support의 종류 및 형상

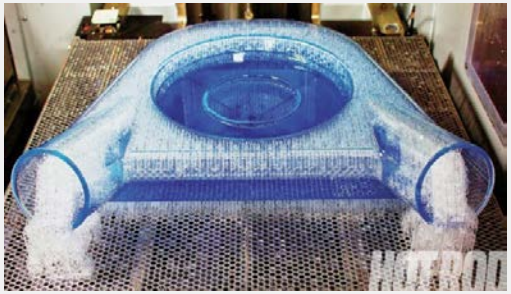
저가형 FDM 장비
Support (박리형)

산업용 FDM 장비
Support (수용성,박리형)

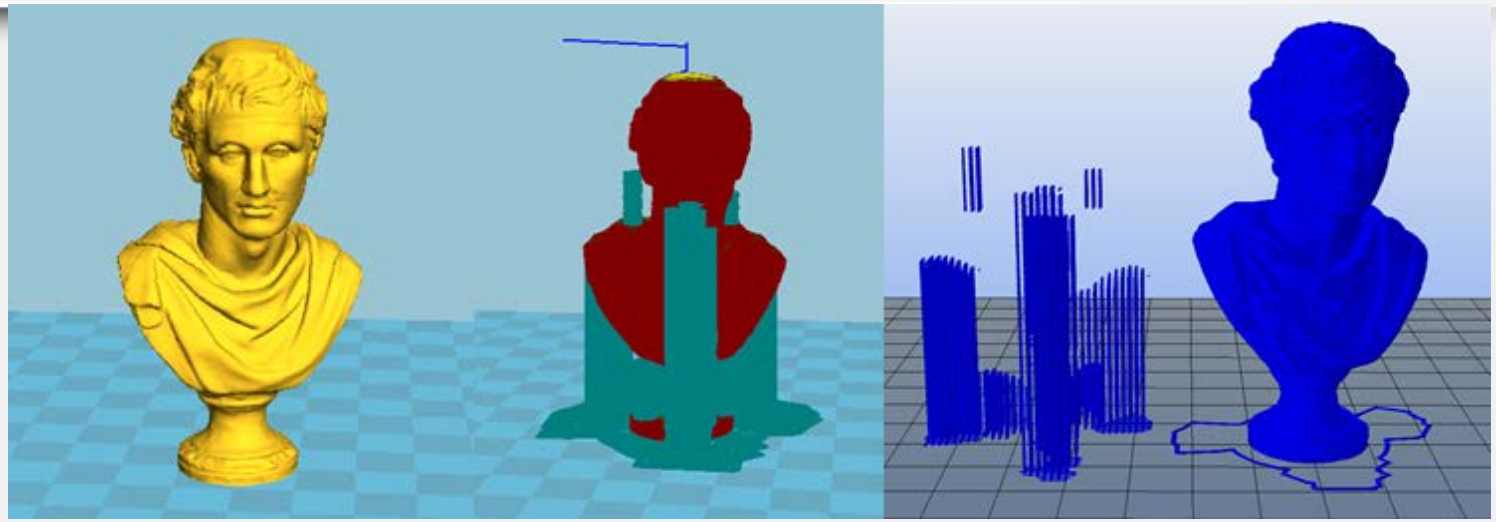


DLP & SLA 방식
Support (박리형)





써포터 구조물 적용 -Polymer 소재



이종소재 서포트 실험을 위한 모델링과 G-code 형상

수용성 서포트로 출력 후 용제에 노출하여 제거한 모습

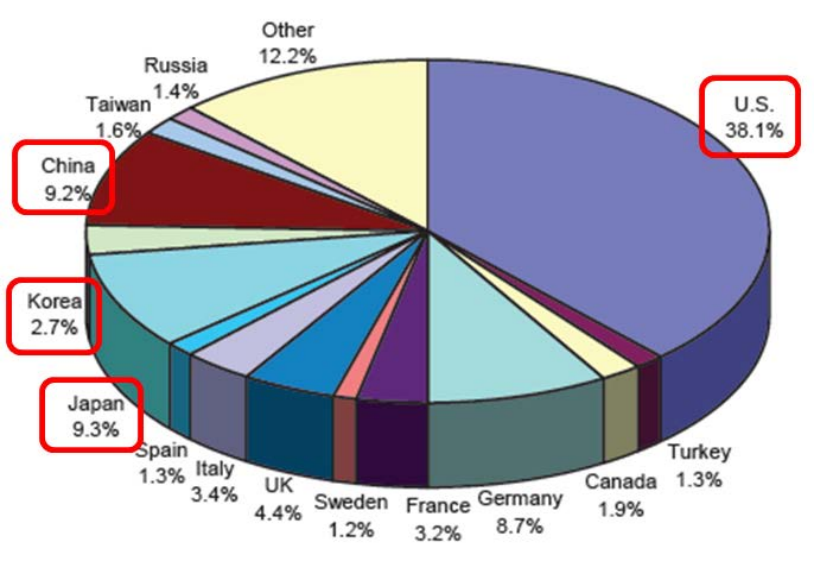
금속 3D프린팅 산업 현황

- 3D 프린터 장비 활용율은 미국과 유럽이 강세
  - 한국 (2.7%)은 중국(9.2%)과 일본(9.3%)에 비해 기반 미흡
- 금속기반 3D프린터 장비 기술은 유럽이 압도적 강세
  - EOS(독일), 3D systems(미국), Arcam(독일), Concept Laser(독일)

*Phenix systems (프랑스) 2013년 인수

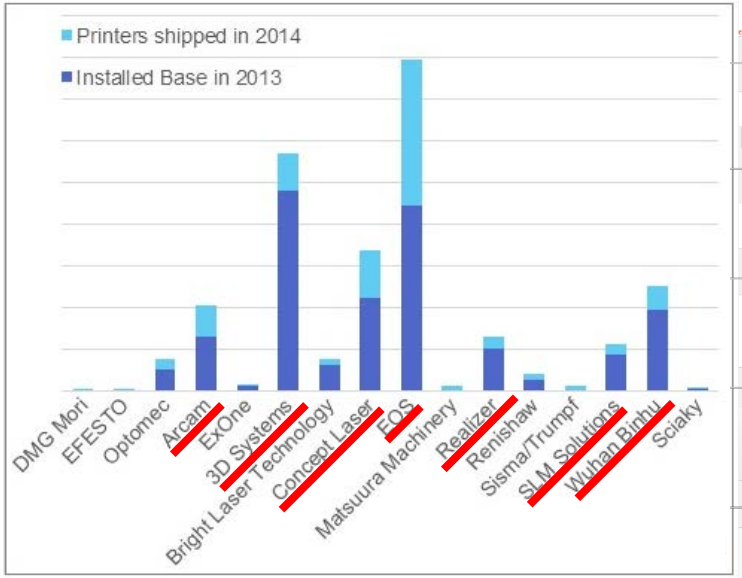
국내 금속 3D프린팅 장비 및 공정 기술 개발 필요

국가별 누적 설치 비율



[Source : Wohler Report 2015]

금속 3D 프린터 시스템 대표 기업



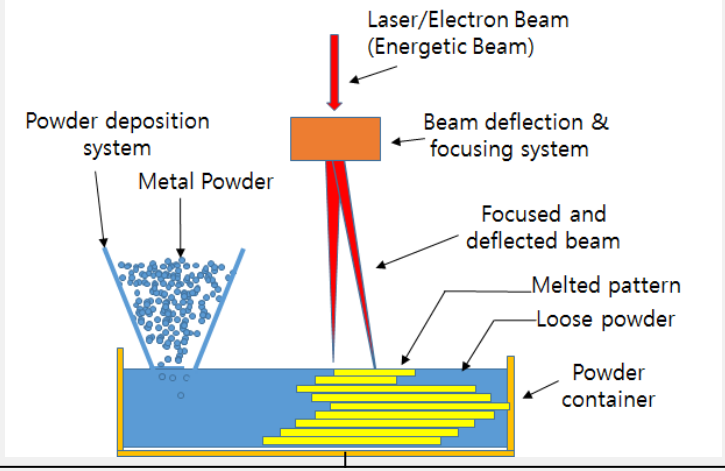
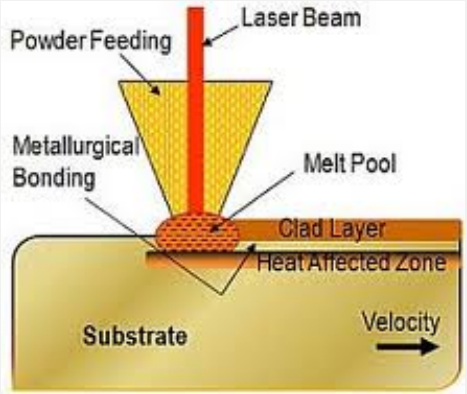
Report (3D Printing of Metals 2015-2025, IDTechEx)

- EOS (Germany)
- 3DSYSTEMS / Phenix Systems (USA, France)
- CONCEPTLASER (Germany)
- HUST Bin Hu (China)
- CAD TO METAL arcam Arcam AB (Sweden)
- REALIZER The Pioneer of 3-D Printers (Germany)
- SLM SOLUTIONS (Germany)

금속 3D프린팅 기술

KITECH 한국생산기술연구원

Direct metal sintering process

Type	Powder Bed Fusion (PBF)		Direct Energy Deposition (DED)
	Laser Beam Melting	E-Beam Melting	
Mechanism			
Materials	Steel, Al, Ti, CoCr, Ni-based alloys, bronze, ceramics	Ti, CoCr, Titanium aluminide	Steel, Ti, Ni-based alloys, composites, ceramics
Surface quality & Accuracy	Good	Medium	Poor
Multimaterial	Unable	Unable	Possible
Commercialized	• EOS, Germany • 3D systems, USA • ConceptLaser, Germany • Wuhan Binhu, China • Realizer, Germany • SLM solutions, Germany	• Arcam, Sweden	• Optomec, US • DMG Mori, Japan • EFESTO, US • Trumpf, Germany • Insstek, Korea

금속 3D프린팅 상용소재

Powder Bed Fusion (EOS GmbH)

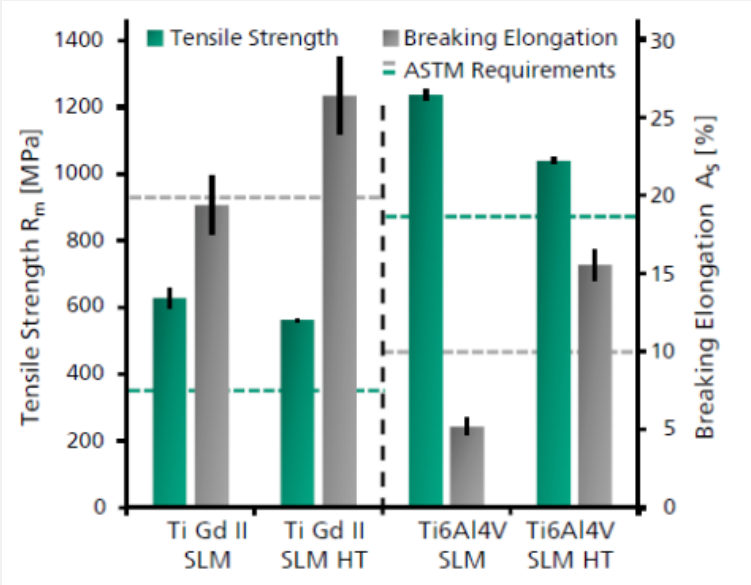
- **Materials :** 코발트크롬, 스테인리스스틸, 티타늄등의 기초분말 또는 합금분말
- 자회사에서 제공하는 금속분말만을 활용

Material Group	Trade name	Material type	Typical applications
Maraging Steel	**EOS MaragingSteel MS1**	18 Mar 300 / 1.2709	Injection moulding series tooling; engineering parts
Stainless Steel	**EOS StainlessSteel GP1**	Stainless steel 17-4 / 1.4542	Functional prototypes and series parts; engineering and medical
	EOS StainlessSteel PH1	Hardenable stainless 15-5 / 1.4540	Functional prototypes and series parts; engineering and medical
Nickel Alloy	**EOS NickelAlloy IN718**	Inconel™ 718, UNS N07718, AMS 5662, W.Nr 2.4668 etc.	Functional prototypes and series parts; high temperature turbine parts etc.
	EOS NickelAlloy IN625	Inconel™ 625, UNS N06625, AMS 5666F, W.Nr 2.4856 etc.	Functional prototypes and series parts; high temperature turbine parts etc.
	EOS NickelAlloy HX	UNS N06002	Parts with severe thermal conditions and high risk of oxidation, e.g. combustion chambers, burner components, fans, roller hearths and support members in industrial furnaces
Cobalt Chrome	**EOS CobaltChrome MP1**	CoCrMo superalloy, UNS R31538, ASTM F75 etc.	Functional prototypes and series parts; engineering, medical, dental
	EOS CobaltChrome SP2	CoCrMo superalloy	Dental restorations (series production)
Titanium	**EOS Titanium Ti64**	Ti6Al4V light alloy	Functional prototypes and series parts; aerospace, motor sport etc.
Aluminium	**EOS Aluminium AlSi10Mg**	AlSi10Mg light alloy	Functional prototypes and series parts; engineering, automotive etc.

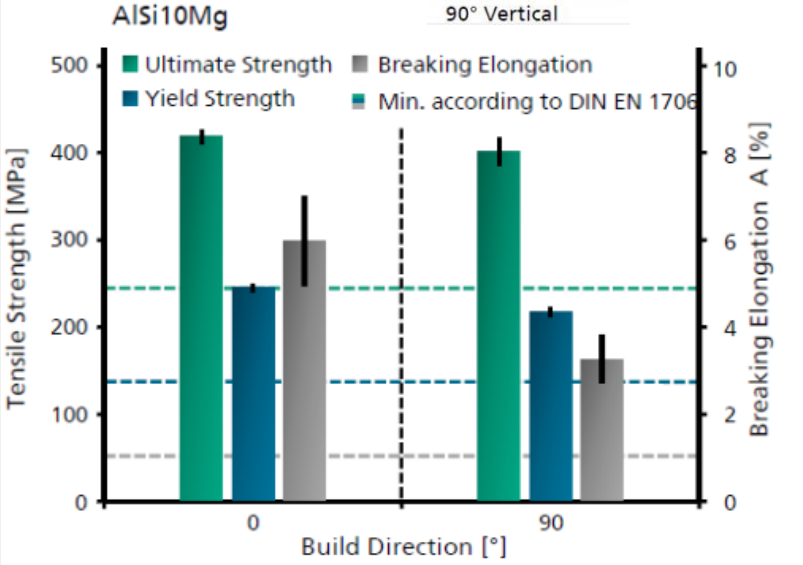
금속 3D프린팅 상용소재

Powder Bed Fusion (SLM)

- 다양한 엔지니어링 합금분말 테스트
- Mechanical properties of SLM parts
- Satisfied with ASTM requirements



< Ti6Al4V and Pure Ti SLM specimen >



< AlSi10Mg SLM specimen vs. lamination direction >

금속 3D프린팅 상용소재

Direct Energy Deposition (LENS – Optomec)

- Materials : titanium, nickel-base superalloys, stainless steels and tool steels

Titanium	Nickel	Tool Steel
CP Ti, Ti 6-4, Ti 6-2-4-2 Ti 6-2-4-6*, Ti 48-2-2*, Ti 22Al-23Nb*	IN625,IN718,IN690*, Hastelloy X*, Waspalloy, MarM247*, Rene 142*	H13, S7, A-2*
Stainless Steel	**Refractories**	**Composites**
13-8, 17-4, 304, 316, 410,420, 15-5PH*, AM355*, 309*, 416*	W*, Mo*, N*	TiC*, WC, CrC*
Cobalt	**Aluminum**	**Copper**
Stellite 21	4047	GRCop-84*, Cu-Ni*

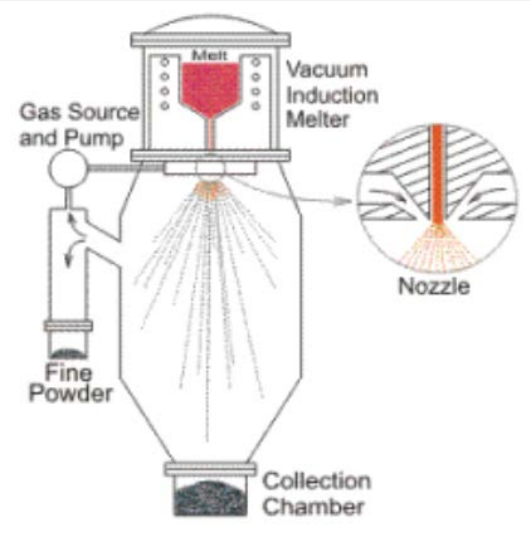
* Materials used in R&D

Material	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Yield Strength (MPa)	Elongation (%)
LENS 316 Stainless Steel	799	**500**	**50**
316 SS Anneal bar	591	243	50
LENS Inconel® 625	**938**	**584**	**38**
IN 625 Annealed bar	841	403	30
LENS Ti-6Al-4V	**1077**	**973**	**11**
Ti-6Al-4V Annealed Bar	973	834	10

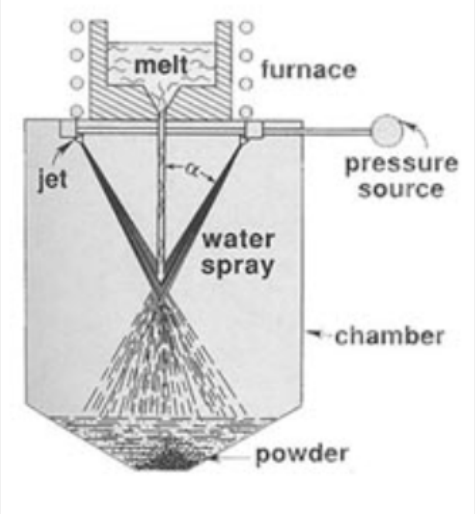
Source : optomec.com

3D프린팅용 금속분말제조

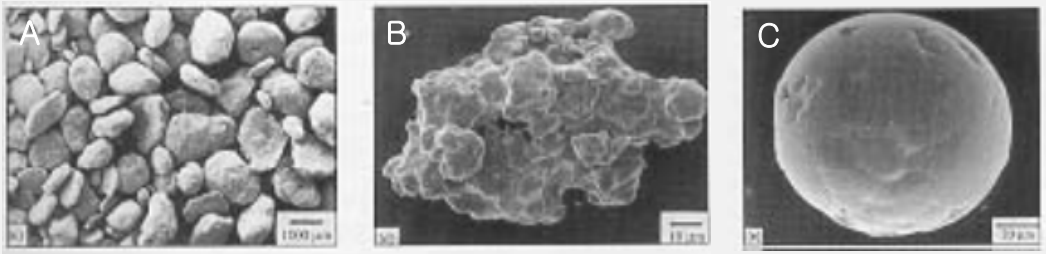
Manufacture of metal powders



< Gas Atomizer >



< Water Atomizer >



A) Mechanical: Milled Aluminum Powder Containing Disperoids
B) Water Atomization : Iron
C) Gas Atomization: Nickel-Base Hard facing Alloy

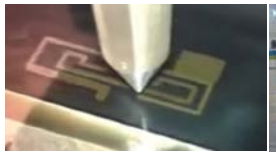
Source "Atomization - The Production Of Metal Powders" A. Lawley, MPIF.

Ⅲ 산업별 응용 기술동향

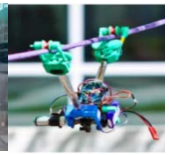
3D프린팅 산업

- 전자산업, 항공/자동차 산업, 의료산업, 교육/패션산업 등 다양한 분야에 걸쳐 적용

Information Technology


인쇄회로

휴먼 인터페이스


로봇

Biology Technology

인공조직

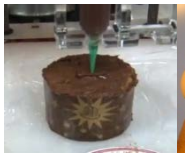
인공보철

바이오칩

Culture Technology

패션

인테리어


식품

완구

Industrial Technology

자동차

항공우주

수송기기부품

군용 무기

시제품 및 디자인 테스트 활용
< Rapid Prototyping >

실제품 제조를 위한 생산기술로서의 활용
< Direct Manufacturing >

기능성 소재의 3D프린팅 활용 (엔지니어링 소재, 생체의료소재, 전자소재)

수송기기 자동차

설계 및 시제품 제작 (Rapid Prototyping)

- 신차개발 CAE 전후 설계 및 조립 검사
- 차량 외관 및 컨셉 디자인 검증
- 마케팅 용 시제품 제작

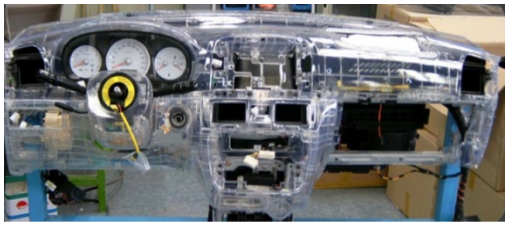
직접 제조 (Direct Digital Manufacturing)

- 양산 금형개발을 위한 사형 및 주형
- 사출 양산 금형 제작 (쿨링 채널 특수금형)
- 사용자 주문형 부품 생산

활용방안 : 신차 개발기간 단축, 양산용 부품 리드타임 단축, 제품 단납기 대응, 단종부품 및 특수부품 제조 활용

요구사항 : 경량화, 내구성, 주조성, 내마모성, 충격흡수, 내화성, 내부식성, 금속소재 및 강성소재 적용 등

< 신차 개발 시제품 활용 >



포르쉐, 아우디, 피닌파리나, 씨트로앵 등 자동차 회사의 SLA파트 활용 사례

수송기기 조선·항공·우주

설계 및 시제품 제작 (Rapid Prototyping)

- 비행체, 선체, 날개, 부가부품 등의 공기역학적 설계검증 테스트용 시제품

직접 제조 (Direct Digital Manufacturing)

- 냉각 덕트, 경량 모듈 등 특수부품 제작
- 분사장치 및 엔진커버 등 모듈간 일체성형

활용방안 : 고부가가치 금속소재의 활용 제조시간 단축, 제작 비용 절감, 소재 소모 최소화 등
(가스터빈 엔진 압축기, 엔진 연소기, 연료 노즐, 엔진터빈, 터빈 블레이드 등)

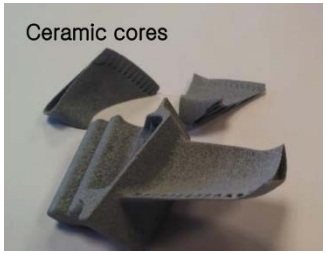
요구사항 : 10 um 수준 정밀도, Ni 또는 Ti 합금 활용, 초내열성, 고온 신뢰성 등

가스터빈 축소 모델
(미쯔비시 중공업)

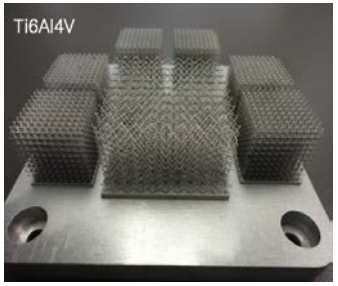
GE Aviation's
Additive Development Center

수송기기 조선·항공·우주

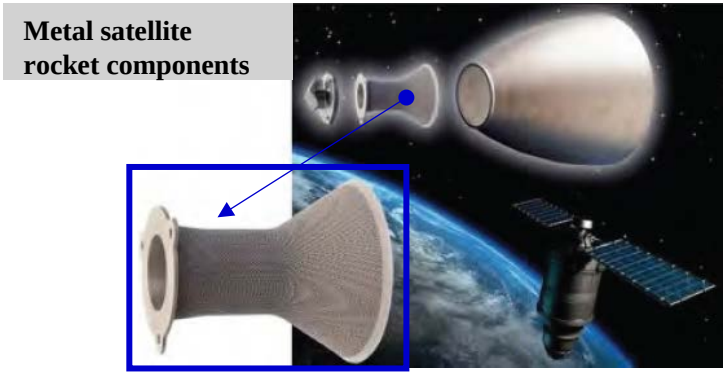
< 티타늄·니켈 합금 및 세라믹 기반 합금 특수기계 부품 제작 >



< 절삭가공으로 불가능한 공동부 및 유로가 있는 복잡 형상 부품 제작 >



< 인공 위성 연소 챔버 제작 >



< 항공기 부품 제작 >

제조업 금형 산업

설계 및 시제품 제작 (Rapid Prototyping)

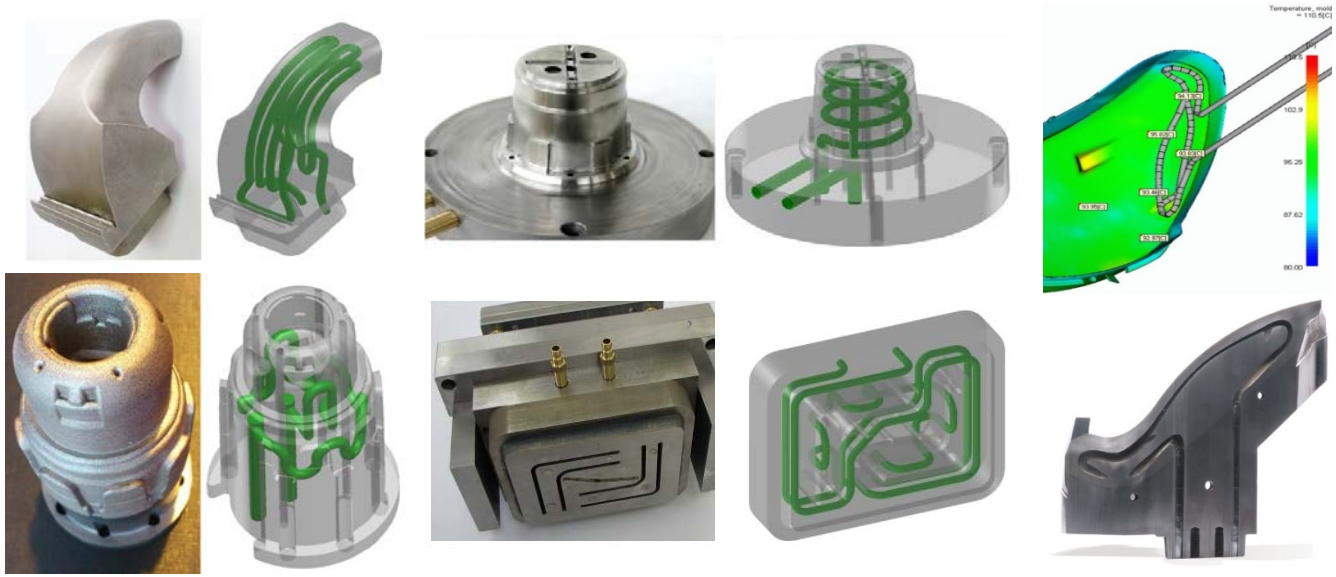
- 최종 금형 제작을 위한 설계검증용 시제품
- 금형설계를 위한 제품의 역설계

직접 제조 (Direct Digital Manufacturing)

- 등각냉각채널 특수금형, 복잡형상 금형
- 파손부위 보수 및 금형 형상 개량

활용방안 : 기존의 절삭제작 대비 실용성 및 가격경쟁력 확보, 기존의 절삭 공정과의 전후방 조합

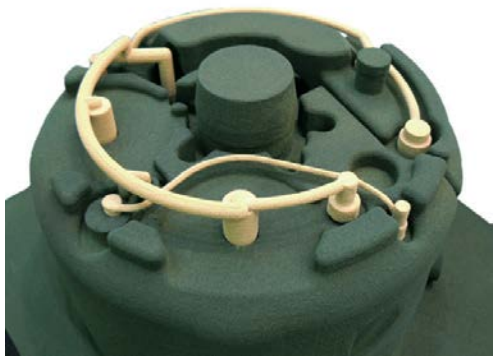
< 형상 적응형 냉각회로 구현 특수금형 제작 >



냉각 사이클 감소, 총 사출성형 시간 감소, 인서트 비용 감소 등

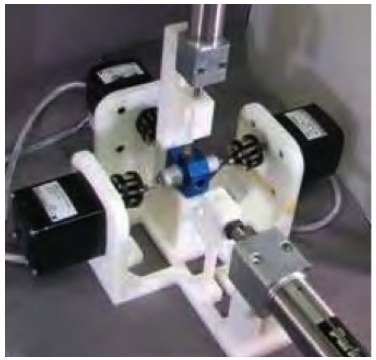
사출 성형 생산량 30% 향상

< 주물형상의 사형 또는 금형 최적화 제작 >

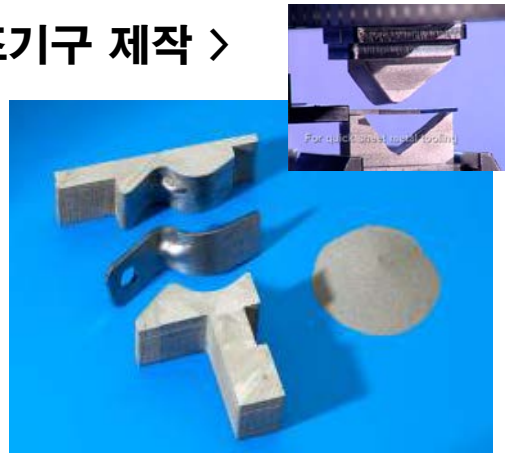


Exone - S print 제작 사형

< 금형 보조기구 제작 >

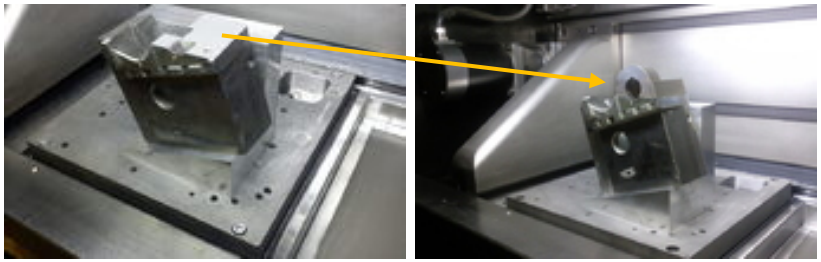


절삭가공 치구



프레스 금형가공 도구

< 손상금형의 보수 또는 금형형상 개조 활용 >



파손 금형 및 기계부품 보수 (PBF방식)

파손 금형 및 기계부품 보수 (DED방식)

정보·가전

설계 및 시제품 제작 (Rapid Prototyping)

- 케이스 및 기본 부품
- 마케팅 용 시제품 제작

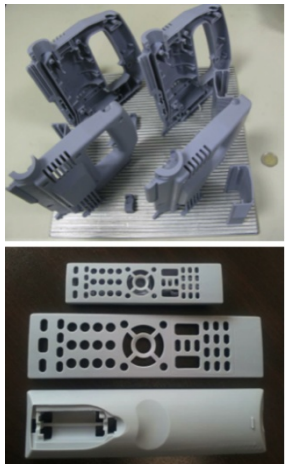
직접 제조 (Direct Digital Manufacturing)

- 사출 양산 금형 제작 (쿨링 채널 특수금형)
- 사용자 주문형 부품생산 (중소량 생산공정)

활용 방안 : 개인용 스마트 기기 부품으로 확산 기대, 양산금형의 단납기화, 디자인 다양화 용이

< 전자부품 및 케이스 시제작 활용 >

Cisco 와이파이 공유기 시제품



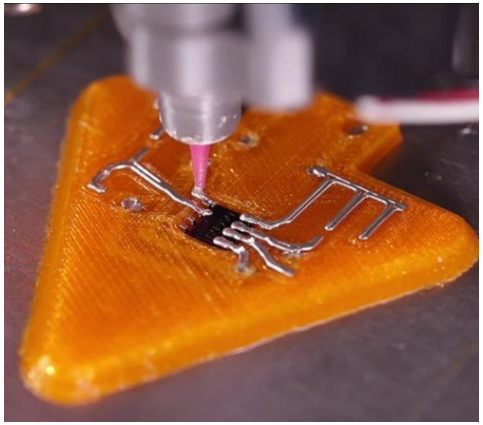
소형가전 시제품

< 사용자 맞춤형의 3D CAD기반 전자기기 부품 >

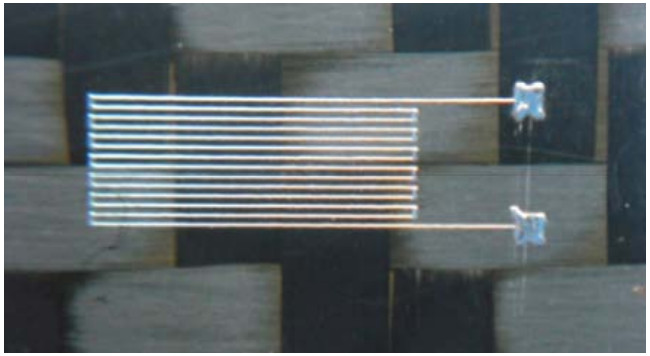
Nokia Lumia 820
스마트폰 후면 덮개

커스터마이징 헤드폰

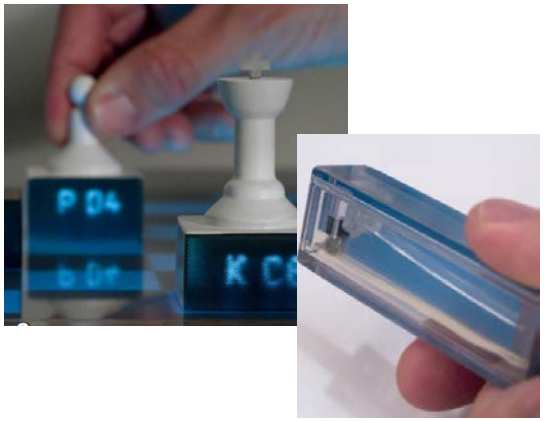
<전자소재 복합 프린팅을 통한 3D프린트 출력물의 고부가가치화>



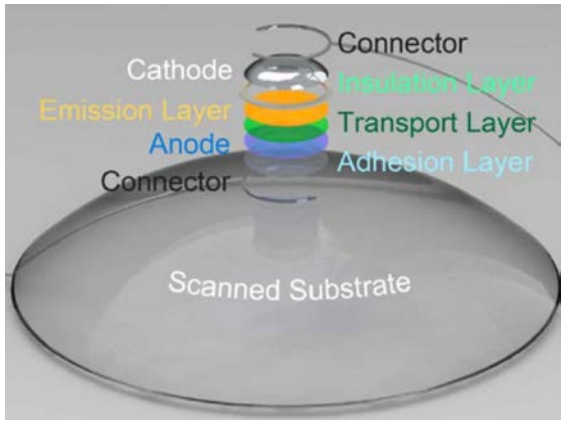
3D printed electronic device (Voxel8)

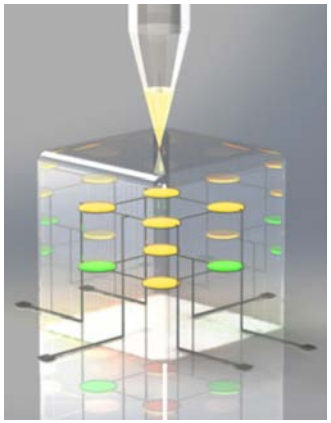


< Strain gauge >
- Carbon composite(substrate), Ag(ink) -

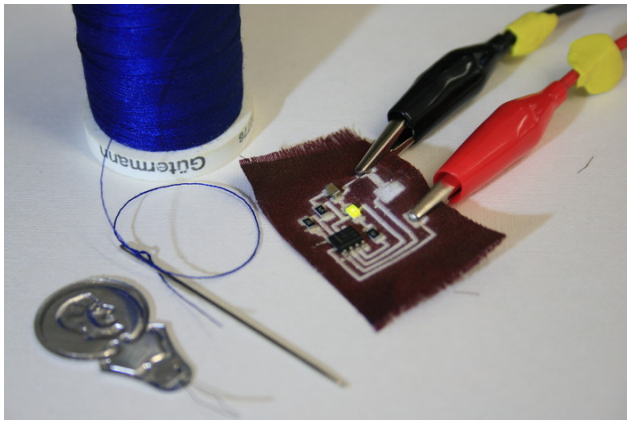


3D printed optical device





3D printed quantum dot light-emitting diode (QLED)



Printing of conductive material on textile

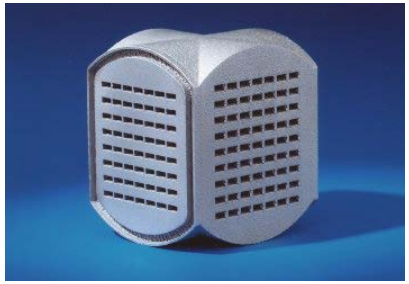
발전용 터빈 핵심부품

- 발전용 터빈 핵심부품 제조 및 보수분야에 3D 프린팅 기술 적용을 위한 금속 분말 제조기술, 부품 제조/보수공정 최적화, 신뢰성 평가기술 개발

가스터빈 블레이드

고효율 열교환기

- 열교환기 소재의 내식성, 열전도도, 브레이징성, 표면 특성 향상을 위한 합금설계 및 미세조직 제어 기술 등 금속 3D 프린팅용 원천소재 기술
- 열교환기 고효율화를 위한 3D 프린팅 Hybrid 소재 Multi-layer 적층 공정 및 복잡형상 구현 기술



- Heat Exchanger (SUS)
- narrow slots (2.5 x 1 mm)
- without post machining
- SLM solutions 3D printer

- Heat Exchanger (Al)
- Outside cooling fin
- inside cooling channel
- EOS 3D printer

의료·헬스케어

설계 및 시제품 제작 (Rapid Prototyping)

- 의료기기 개발을 위한 시제품 제작
- 수술 시뮬레이션용 의료영상 기반 모델

직접 제조 (Direct Digital Manufacturing)

- 임플란트 및 체내 삽입물 제작
- 수술용 가이드 구조물 제작

활용방안 : 의료영상 기반의 환자맞춤형 제작, 의료기기 개발 시간 및 비용 절감, 생체적합성 확보

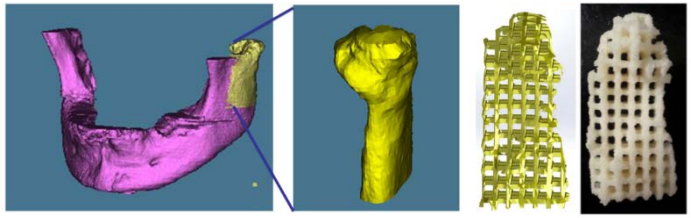
< 3D프린팅 생체의료 분야 기술활용 >

i) 수술가이드, 시뮬레이션 도구

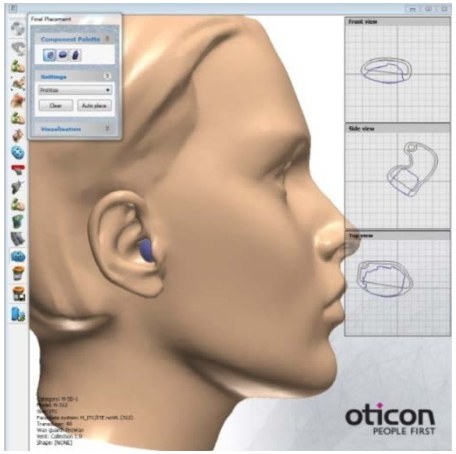
ii) 의료기기 부품

iii) 환자맞춤형 의족

iv) 임플란트, 조직재생 유도체



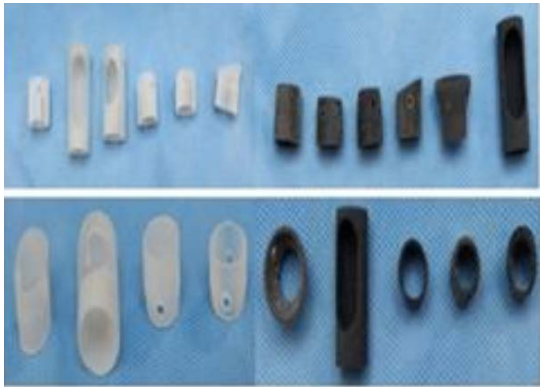
의료·헬스케어



- 수면무호흡증 마우스피스
- 호주연방과학원

- 의족보조기기
- Bespoke Innovations

- 맞춤형 보청기
- 오티콘 코리아



- 내시경 캡 : 병변부위 최적화
- 프로토텍, 에이엠티 공동개발

Implant surgical guide

Hearing aids

Biocompatible material for Polyjet
(MED610, skin contact of more than 30 days and mucosal-membrane contact of up to 24 hours)

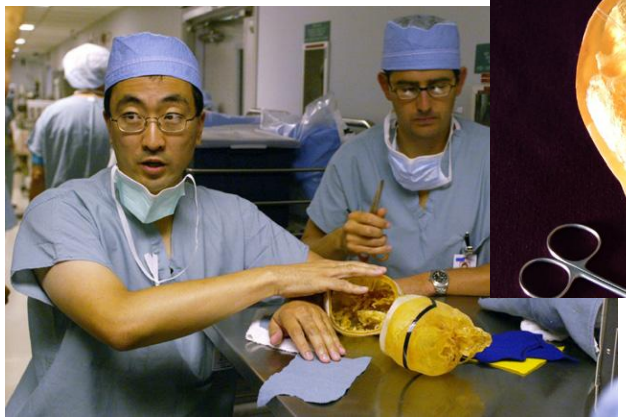
의료·헬스케어

인공 고관절

인공 뼈

인공 두개골

턱 및 치아 보철

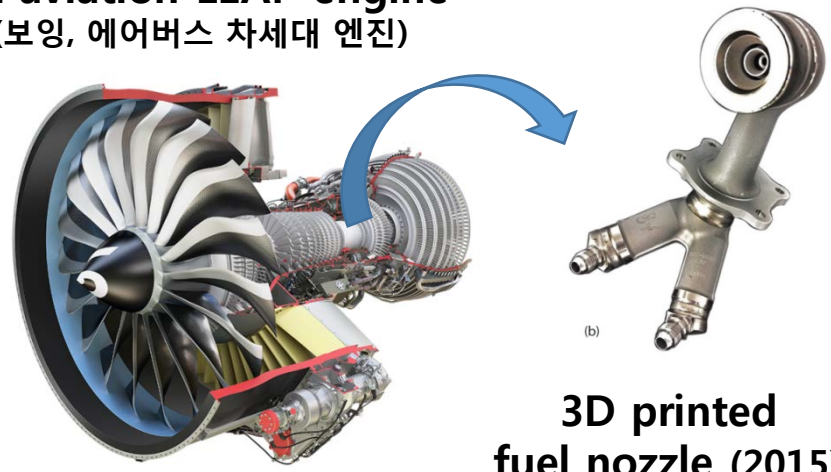


수술 가이드 모형

항공·우주

PBF 3D프린터를 이용한 설계 자유도 향상 및 경량화 구조 제작 사례

GE aviation LEAP engine
(보잉, 에어버스 차세대 엔진)

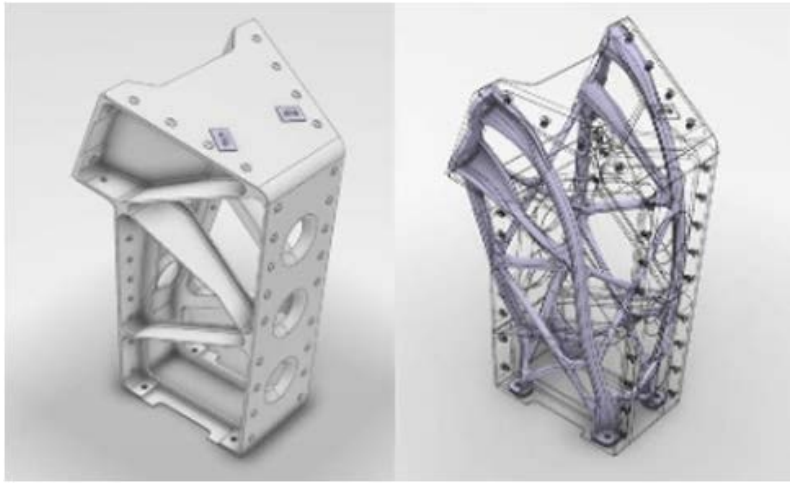


3D printed
fuel nozzle (2015)

- 무게 감소 : 25%
- 파트 개수 : 18개 → 1개
- 내구성 : 5배 향상 (용접 취약부 제거)

- 2020년까지 100,000 생산 예정

* **LEAP :** Leading Edge Aviation Propulsion



3D printed bracket
for satellites
(2015, Airbus)

- 무게 감소 : 35%
- 파트 개수 : 4개 → 1개
- 내구성 : 2배 향상
(리벳 연결부 제거)

Topology Optimization

- Optimization of material layout within a given design space
- Subsection of light weight designs
- Aerospace bracket weight reduced by 35%.

design: structurally optimized algorithm
made by: 3D Systems DMP
weight: 9.5 grams

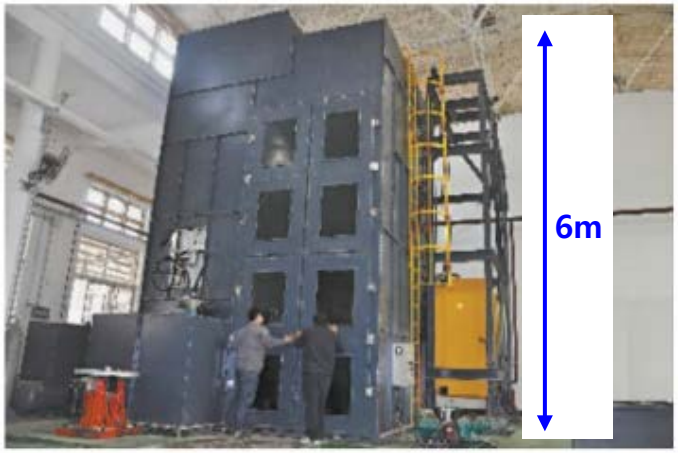
design: Basic extruded CAD
made by: Water Jet
weight: 25.35 grams

(3D systems 자료)

항공·우주

대형 파트 출력 사례 (DED 3D printer)

Beihang University
(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)



J-31 전투기 부품제작 (2014, 중국)

A large 3D printed titanium part for J-31 stealth fighter

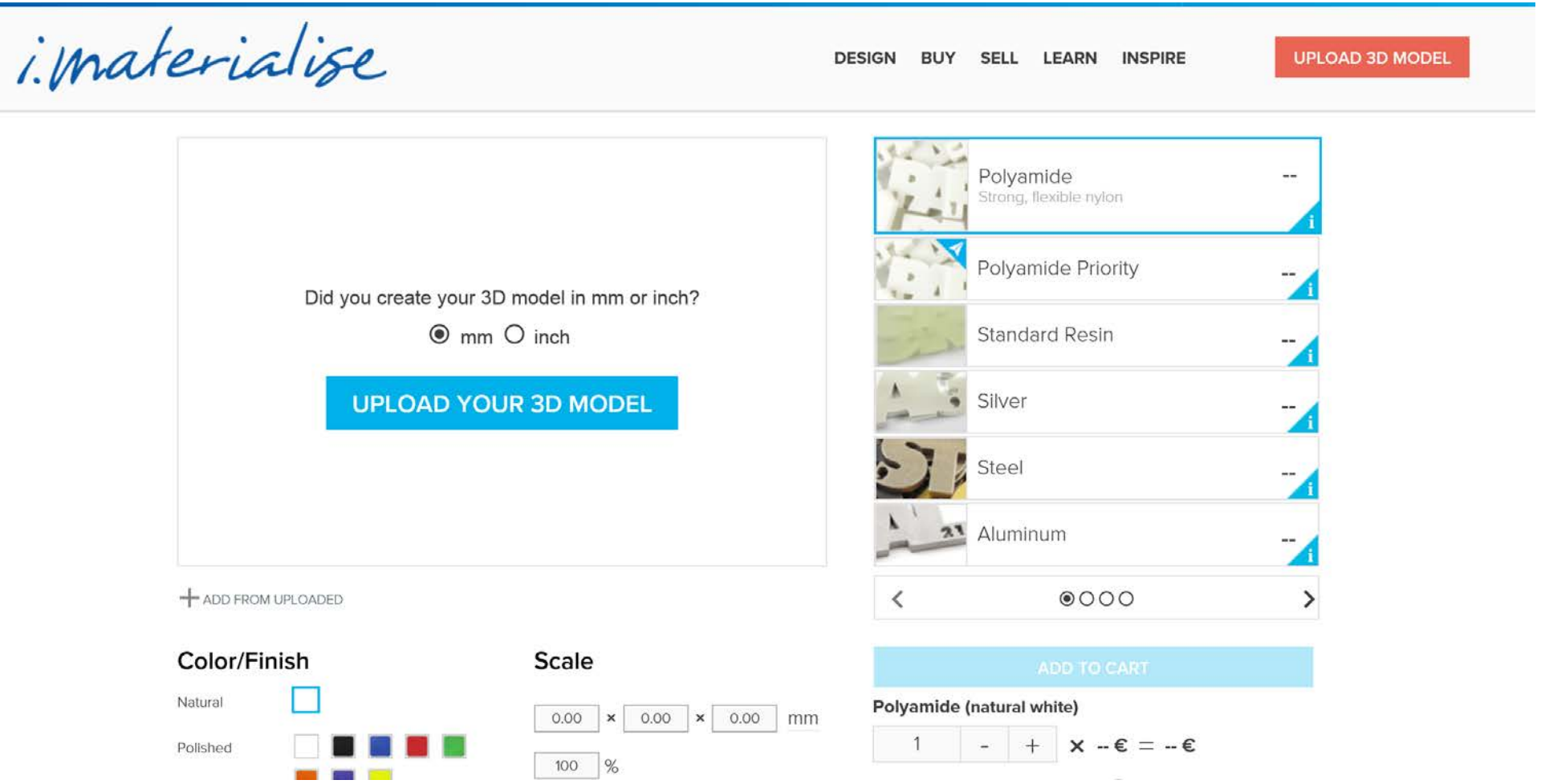
"Sciaky EBAM 300 "

Electron Beam Additive Manufacturing for Lockheed Martin Space Systems (2016)

(build size : 5.7m x 1.2m x 1.2m)

해외 출력 서비스

공정 data 공유 X



Ⅳ 3D프린팅 제조혁신센터

3D 프린팅 제조혁신지원센터

KITECH 한국생산기술연구원

3D프린팅 기술기반 제조혁신지원센터 구축사업

개 요 3D 프린팅 공정을 하나의 체계적인 생산 공정으로 발전시켜 각종 산업 제품개발을 위한 설계, 생산, 실용화 등 기술서비스를 총체적으로 제공하는 제조관련 기반구축

필요성 '90년대 후반부터 대학, 연구소, 지역TP 등을 중심으로 구축되어 있으며 대부분의 경우 단발성 사업에 의한 교육 및 시제품 제작 목적으로 사용되고 있어 3D 프린팅 기술의 전후방 공정 지원을 포함한 적극적 활용을 통하여 신산업 창출 및 주력산업 생산제조혁신 선도를 통해 미래형 산업생태계 창조 필요

사업기간	5년 (2014.7. ~ 2019.6)	총사업비	350억원 (국비 260억원)
주관기관	한국생산기술연구원		
참여기관	한국교통대학교, 전주비전대학교, 대전테크노파크, 경남테크노파크, 전북테크노파크		
사업유형	시생산기반, 기술서비스기반, 연계확산기반 인프라구축 사업		

3D 프린팅 제조혁신지원센터

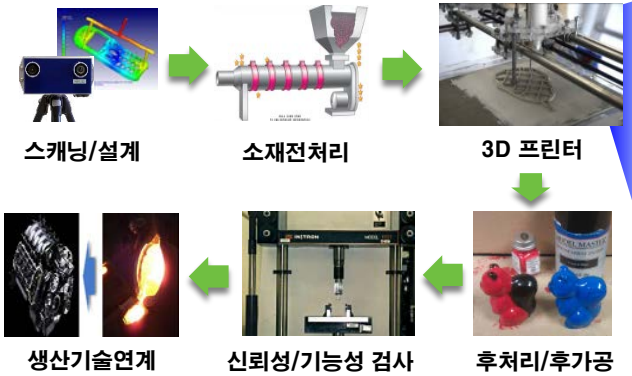
KITECH 한국생산기술연구원

3D프린팅 기술기반 제조혁신지원센터

기업 | 창업자 | 대학

지역 TP | 출연연 | 협회

전·후방 공정 연계 체계 구축

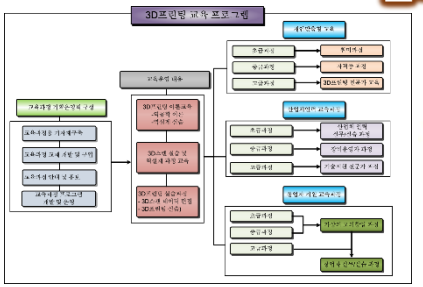


산업용 3D프린팅 시스템 구축

- Metal/Polymer
- High resolution
- Large scale
- Multi-material
- Nano scale
- Full color

인프라활용 기술지원 체계 구축

교육 및 창업지원 체계 구축



- 3D프린팅 기술 기반의 전방위/전주기적 통합 제조혁신기술지원 기능수행
- 전국 인프라 네트워크 연계 기술지원 허브역할 수행, 전문기술교육 및 창업기술지원

사업 개요 (운영추진체계)

KITECH 한국생산기술연구원

- 총 6개 거점센터 – 특화기술산업지원 및 지역내 근접기술지원
  - 2~5차년도 → 충청권(대전TP), 동남권(경남 TP)
  - 3~5차년도 → 호남권(전북TP), 대경권(생기원 대경), 강원권 (생기원 강원)

구분	허브센터(주관) (생기원-경기)	충청센터 (대전TP)	동남센터 (경남TP)	대경센터 (생기원-대경)	강원센터 (생기원-강원)	호남센터 (전북TP)
지자체	시흥시	대전시	경남도	경북도, 구미시	강원도	전북도, 익산시
중 점 지원분야	주력 및 신산업	국방 ICT	엔지니어링 플랜트	스마트 금형	산업용 비철금속부품	경량소재부품
센터위치	시흥뿌리기술 지원센터	대전테크노파크 국방로봇산업센터	경남테크노파크 과학기술진흥센터	구미 금오테크노밸리	강릉과학단지 생기원 강원본부	익산국가산단 종합비즈니스센터
사업 참여기간	5년 ('14~'18)	4년 ('15~'18)	4년 ('15~'18)	3년 ('16~'18)	3년 ('16~'18)	3년 ('16~'18)
조감도						
산업단지	시화반월공단 인천남동공단	대전 둔곡지구, 연구개발 특구	창원 산단	구미 혁신산단	원주 산단	익산 혁신산단

기술지원 홈페이지 - kamic.or.kr

KITECH 한국생산기술연구원

- 기술지원 온라인 의뢰 (주관기관)
- 특화산업/의뢰지역 및 의뢰내용 대비 프린터사양을 고려하여 기술상담 및 제조지원 업무분배

※ 차후 홈페이지 링크를 통한 업무연계

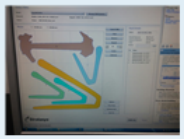
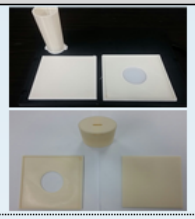
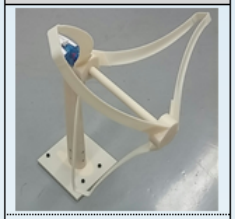
- 허브기관 홈페이지에서의 장비정보 통합업로드

기술지원 실적 – 통합제조기술 지원 286건, 제품생산 및 개발관련 기술상담 303건 등 ('14~'16)

KITECH 한국생산기술연구원

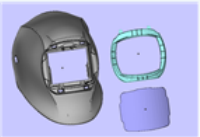
참고 기술지원 사례

지원명	소형 풍력발전기 모형 몸체 및 바닥면 제작		
산업분야	발전용부품	의뢰자	[redacted]
요청내용	미래테크에서 개발 하려는 제품의 주요 부품으로, 3D CAD 설계, 레이아웃 체크 및 풍력발전 테스트를 위해 본 센터의 장비(fortus)를 이용하여 제작을 요청		
지원사항	풍력발전기 모형 몸체 및 바닥면 사이즈 별 2종 제작 * 활용장비 : FDM 3D프린터(Fortus 250mc)		

3D설계 검증	시제품 출력	성능 평가
		
축소모델 및 조립파트 CAD데이터 확보	적합소재 선정하여 FDM장비로 출력	출력품 조립성 및 운동성 검증

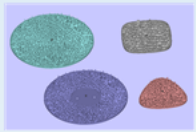
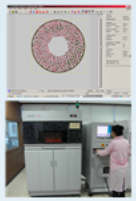
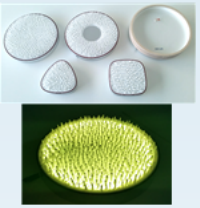
기대효과	제품국산화 1건, 신제품 1종 확보

지원명	HELMET BODY 시제품 제작		
산업분야	수송기기	의뢰자	[redacted]
요청내용	국내에서 유일하게 100% 국산기술력으로 용접면을 제조하고 있는 오토스윙은 디자인적인 요소 및 경량화 되어 설계된 용접면의 형상 및 성능확인을 위한 시제품제작 요청		
지원사항	HELMET BODY 외 2종 시제품 제작 * 활용장비 : SLS 3D프린터(EOS P395)		

3D설계 검증	시제품 출력	성능 평가
		
실제모델의 조립면을 반영한 모델링	최종제품의 공차를 고려한 수축률 적용 및 제작	출력품 조립성 검증

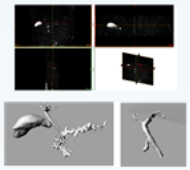
기대효과	신제품 1건 확보, 품질향상 40% 향상, 개발기간 1개월 단축

지원명	조명 커버 실부품 제작		
산업분야	조명, 전기	의뢰자	[redacted]
요청내용	수가공이나 기계가공으로 불가능한 형상의 조명커버 4종을 제작 요청. 형상의 두께를 조절하여 빛의 투과를 다양하게 표현할수 있어야하며 조명제품이라 장시간 높은 온도에 노출되었을 때 제품의 변형이 없는 재료로 제작 요청		
지원사항	조명 커버 4종 실부품 제작 * 활용장비/활용소재 : SLS 3D프린터(EOS P395)/내열파우더소재(PA2200)		

3D설계 검증	시제품 출력	성능 평가
		
요구 외관디자인을 반영한 CAD데이터 확보	최소 표현가능 형상을 고려한 수축률 적용 및 제작	출력품 형상표현, 성능검증

기대효과	신제품 4건 확보, 제품품질향상 50%, 개발기간 1개월 단축

지원명	외과수술용 인공체관 모델 및 실부품 제작		
산업분야	의료	의뢰자	[redacted]
요청내용	복잡한 외과수술 시행시 의료영상데이터를 3차원 실물모형으로 제작하여 수술기간을 단축하고, 이 데이터를 기반으로 하여 실제 생체적합성 소재를 이용하여 인공 삽입재를 제작하여 임상에 활용		
지원사항	CT/MRI데이터에 맞는 CAD데이터 확보 및 실감모델/생체적합 삽입재 제작 * 활용장비 : 광경화수지 3D프린터(Objet500 Connex3) / 센터내 보유 생체적합소재 3D프린터		

3D설계 검증	시제품 출력	성능 평가
		
CT/MRI데이터를 기반으로 3차원 CAD데이터 확보	고정밀 3D프린터 제작 및 생체적합성 소재활용 제작	출력물 형상 및 임상 검증

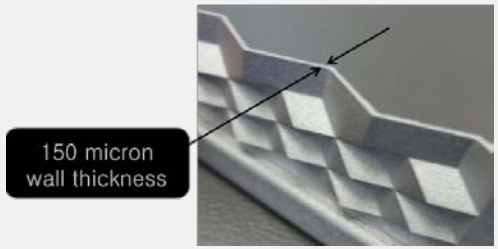
기대효과	신기술/제품 2건 확보, 수술시간 50%단축

3D 프린팅 제조혁신지원센터 – 금속 3D프린터

KITECH 한국생산기술연구원

한국생산기술연구원 (안산) : Prox300, 3D systems, USA

- 500W fiber laser, 250 x 250 x 300 mm^3 (x,y,z)
- Patented Rolling coater, Automated powder handling
- Materials : STS 630
- Surface finish ~ 5 um (Ra) , Feature resolution ~ 150 um

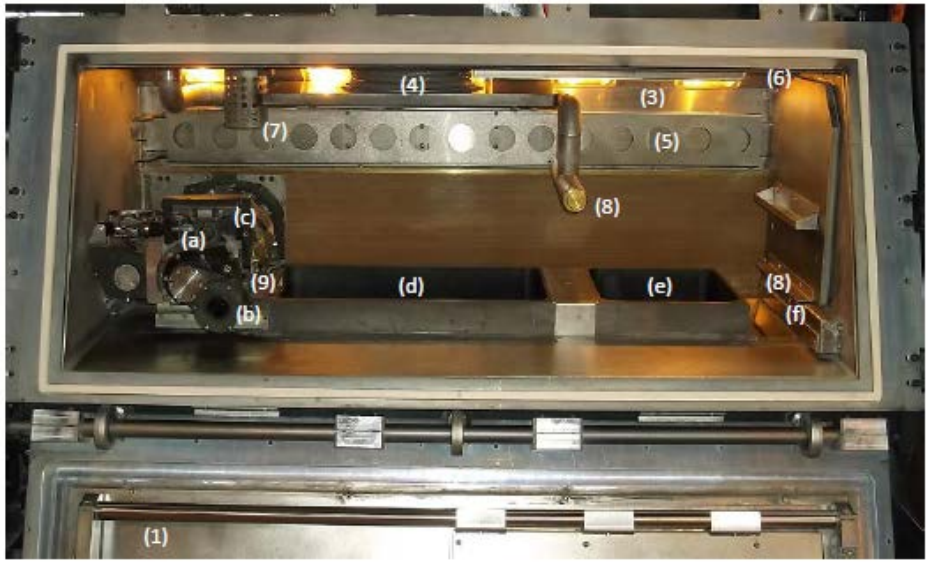


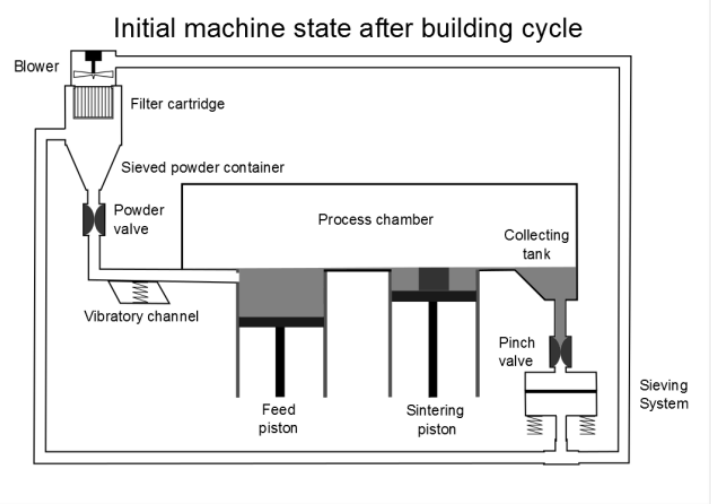
대전테크노파크 : Conceptlaser M2, Germany

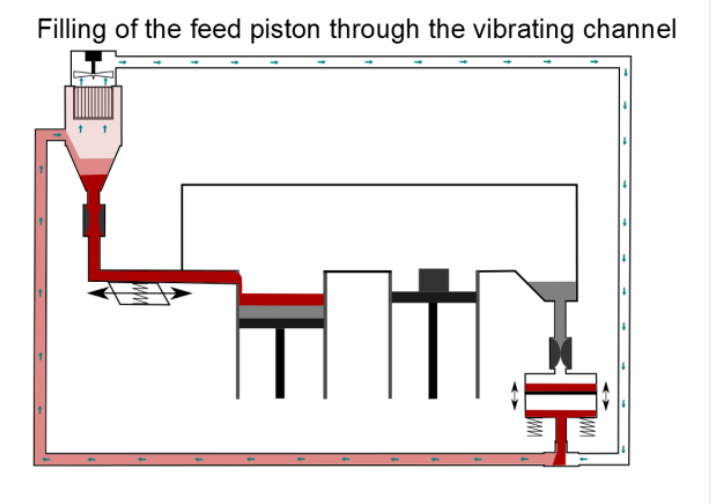
- 400W fiber laser
- 250 x 250 x 280 mm^3 (x,y,z)
- Materials : Inconell 718, 625

3D 프린팅 제조혁신지원센터 – 금속 3D프린터 (Prox300)

- ☐ The chamber door (1),
- ☐ The layering module consisting of a roller (a), a roller cleaner (b), a roller scraper (c), feed piston (d), sintering piston (e), and a collecting tank to catch unsintered powder (f),
- ☐ Lens cleaner and protection shutter (3),
- ☐ Powder tamping module (4),
- ☐ Heating element (5),
- ☐ Vacuum cleaner (6),
- ☐ Oxygen analyzer sensor (7),
- ☐ Smokes cleaner device (8),
- ☐ Vibrating channel (9).







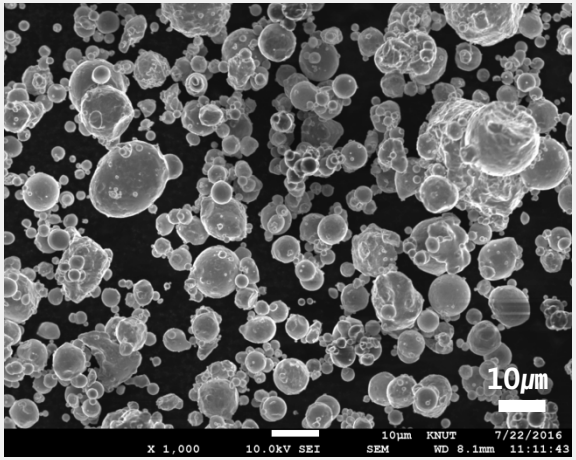
3D 프린팅 제조혁신지원센터 – 금속 3D프린터 (Prox300)

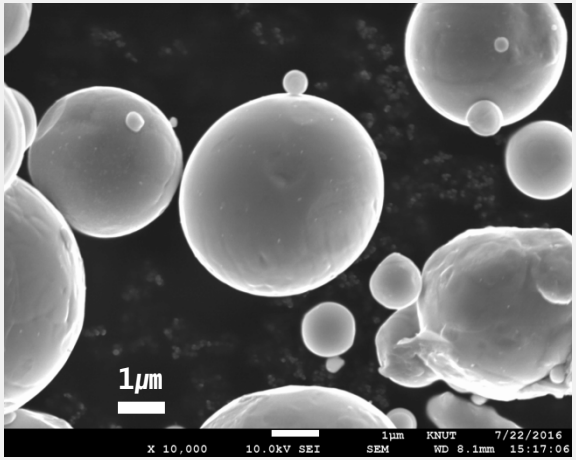
KITECH 한국생산기술연구원

- **STS630(석출 경화형) 금속 파우더**

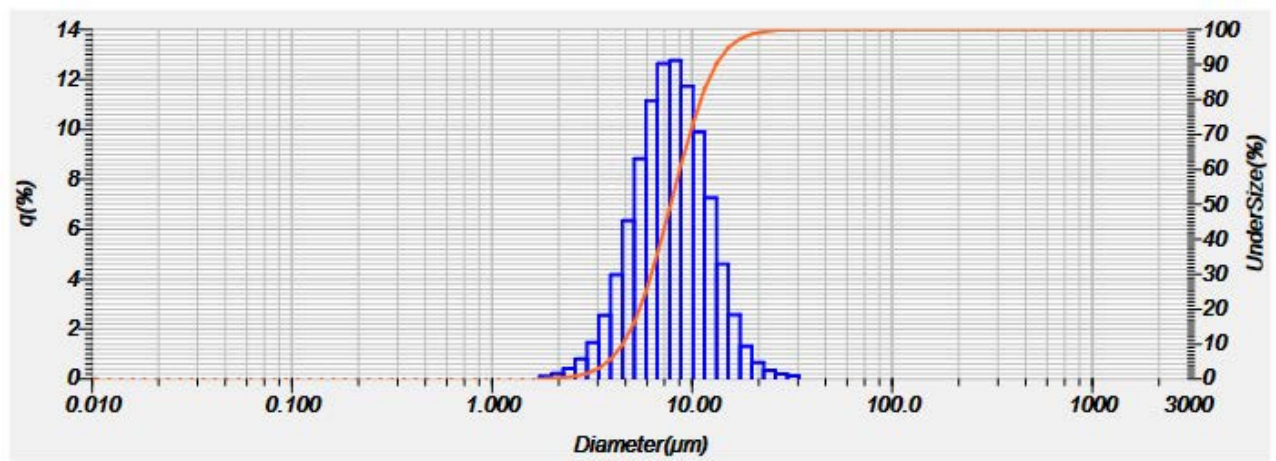
Chemical composition

Element	% of weight
Fe	Balance
Cr	15 - 17.5
Ni	3 - 5
Cu	3 - 5
Si	< 1.0
Mn	< 1.0
Nb	0.15 - 0.45





Avg: 8.4μm σ= 3.7μm



융합연구단 사업 - 개요

산업 실용화를 위한
고성능 3D 프린팅 시스템 및 소재 개발

연구기관

주관연구기관 : 한국기계연구원
총괄책임자 : 이창우

(연구소 4개 기관)

- 협동연구기관(3개) : 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원, 재료연구소
- 참여연구기업(9개) : 에이치케이, 유로비젼레이저, 대림화학, 센트롤, 젠큐릭스, 스맥, 코힙스테크, 고려용접봉, 두리전자
- 위탁연구기관(9개) : 조선대, 안동대, 한양대, UTEP, 중앙대, 부산대, 전남대, 제주대

연구기간

2015. 10. 16. – 2018. 9. 15. (36개월)

의료용 Implant
국내 시장 1800억

Conformal Cooling Channel 금형
국내 시장 약 9조

MID(Molded Interconnect Device) 부품
2018년 세계시장 약 80조

제조와 의료 분야에서
내부 구조물이 꼭 필요하고 파급효과가 큰 분야

융합연구단 사업 – 세부3과제

세부1과제 : DED(direct energy deposition)방식의 Metal 프린팅 기반 100cm³/h 급 고속 복합가공(AM/SM) 시스템 개발

세부2과제 : 복합스캐너 기반 고정밀 3D프린팅(PBF; powder bed fusion) 시스템 개발

세부3과제 : 요구기능 극대화 금속3D프린팅 공정설계 및 실용화 제조기술 개발

세부4과제 : 고속정밀조형용3D프린팅 소재 저비용 실용화 기술개발

세부5과제 : 이종복합 3D프린팅 핵심 소재 및 공정 기술 개발

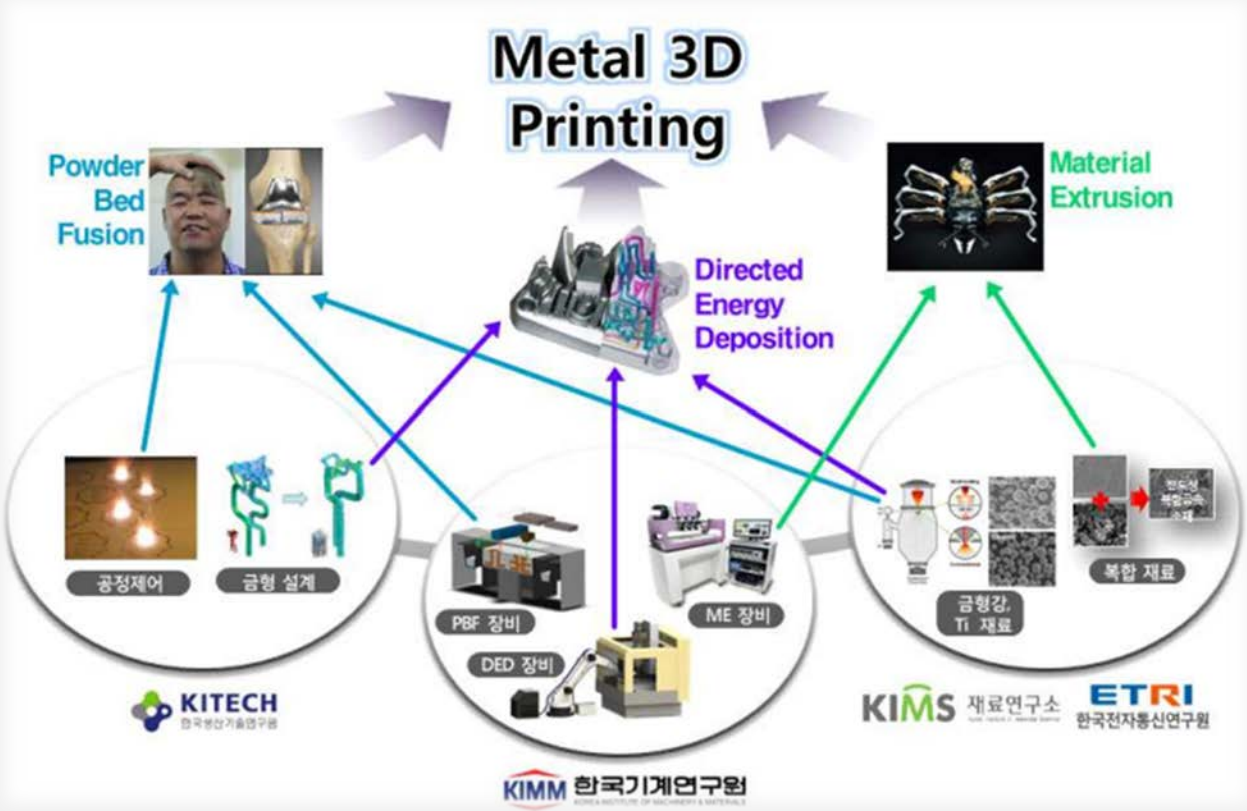
세부6과제 : 다종소재 (ME; Material extrusion) 3D프린팅 시스템 개발

상용 금속3D printer 활용

Arcam A2
(강릉본부)
: Ti alloy

Realizer 300i
(대전)
: Pure Ti

3Dsystems
Prox300 (안산본부)
: STS 630



세부3과제

제3세부: 요구기능 극대화 금속 3D 프린팅 공정설계 및 실용화 제조 기술개발

3D프린팅 공정 최적화를 통한 요구물성 극대화

- 최적 공정변수 확립
- 요구특성에 맞는 기능 맞춤형 부품 제조기술 구축

환자 맞춤형 의료기기 실용화 제조기술 개발

- 두개골 성형재료 상용화
- 고기능성 인공무릎 설계 및 실용화

균일 가열/냉각 금형코어 제조기술 개발

- 난성형 사출품 금형코어 설계
- 多 Cavity 금형코어 제조

감사합니다

KITECH
한국생산기술연구원