

ISBN 978-89-294-0993-7 93500

대형 3D 프린팅 기술동향 및 산업전망

이일형

KISTI



행복사회 실현을 위한 R&D 파트너

2017. 9.

KiSTi 한국과학기술정보연구원
Korea Institute of Science and Technology Information
www.kisti.re.kr

대형 3D 프린팅 기술동향 및 산업전망

한국과학기술정보연구원



대형 3D 프린팅 기술동향 및 산업전망

2017. 9.

<목 차>

제1장 대형 3D 프린터 기술동향	1
제1절 3D 프린팅 기술	1
제2절 대형 3D 프린팅 기술	6
제2장 대형 3D 프린터 산업동향	11
제1절 주요 응용분야	11
제2절 글로벌 기업 동향	24
제3절 국내기업 동향	41
제3장 대형 3D 프린터 시장동향	58
제1절 3D 프린팅 시장규모	58
제2절 시장 전망	60
제4장 결론 및 시사점	62
<참고문헌>	64

<표 목 차>

<표 1-1> 히데오 코다마(Hideo Kodama)의 3D 프린팅 관련 논문	1
<표 1-2> 미국 등록특허 제4575330호 독립 청구범위	2
<표 1-3> 3D 프린팅 방식	4
<표 2-1> 건축구성 요소별 3D 프린팅 적용분야	16
<표 2-2> Stratasys사의 Objet1000 Plus 사양	32
<표 2-3> BigRep GmbH사의 BigRep ONE V3 사양	36
<표 2-4> German RepRAP GmbH사의 X1000 사양	37
<표 2-5> 모멘트의 모멘트2 사양	46
<표 2-6> MX-Grande 제품 사양	53

<그림 목차>

<그림 1-1> 미국 등록특허 제4575330호 대표도면2
 <그림 1-2> 미국 등록특허 제5121329호 대표도면4
 <그림 1-3> SLA방식 3D 프린터6
 <그림 1-4> FDM방식 3D 프린터7
 <그림 1-5> DMT방식 3D 프린터9
 <그림 1-6> 접착제분사 방식의 구성과 작동원리10
 <그림 2-1> 건축용 3D 프린터의 예상 파급 효과(진화단계별)12
 <그림 2-2> 3D 프린팅 건설 대표기술 개념도(KICT 연구단)13
 <그림 2-3> 건설 분야 3D 프린팅 해외 사례(미국, 네덜란드, 영국)15
 <그림 2-4> 구조재, 가설재-3D 프린팅 적용가능 사례16
 <그림 2-5> 건축부재 3D 프린팅 사례17
 <그림 2-6> 우주건설에 사용되는 D-Shape 3D 프린터17
 <그림 2-7> GE의 LEAP Engine과 Cessna 항공기20
 <그림 2-8> Airbus - AM기반 연료 커넥터 무형21
 <그림 2-9> ULTEM 9085 소재의 인공위성 부품22
 <그림 2-10> 대형 3D 프린터를 이용한 탄소섬유 잠수함23
 <그림 2-11> Concept Laser GmbH사의 3D 프린터 제품24
 <그림 2-12> Concept Laser GmbH사의 LaserCUSING® 기술26
 <그림 2-13> citim AM사가 제공하는 서비스27
 <그림 2-14> 올리 콘(Oerlikon)사가 제공하는 솔루션 서비스 영역28
 <그림 2-15> Arcam의 'LEAP Engine'29
 <그림 2-16> 원선 건설 분야 3D 프린팅사례30
 <그림 2-17> Apis Co사의 건축용 3D 프린터31
 <그림 2-18> Apis Co사가 출력한 러시아 1층 주택31
 <그림 2-19> Drawn사의 가구제조용 대형 3D 프린터, Galatea33
 <그림 2-20> PrismaLab China의 대형 3D 프린터(RP600)34
 <그림 2-21> BigRep GmbH사의 BigRep ONE V335
 <그림 2-22> German RepRAP GmbH사의 X100037
 <그림 2-23> Builder 3D Printers의 Builder Extreme 200039
 <그림 2-24> LafargeHolcim의 대형콘크리트 구조물40
 <그림 2-25> 5000도씨의 WAAM 방식 금속 3D 프린터41

<그림 2-26> 맥스토텍의 레이저 소결 방식 금속3D 프린터43
 <그림 2-27> 오티에스의 건축용 대형 델타방식 3D 프린터44
 <그림 2-28> 프리폼연구소의 프리폼 LC730047
 <그림 2-29> 프리폼연구소의 IC6000 pellet48
 <그림 2-30> 3D엔터의 3D ENTER Cross D50049
 <그림 2-31> 광세의 Venti 제품50
 <그림 2-32> 국민대학교의 K3DP Delta 530052
 <그림 2-33> 인스텍의 DMT 방식 3D 프린터 제품54
 <그림 2-34> 센트럴의 3D SS600G56
 <그림 2-35> ㈜이조의 BONBOT5-H5 사양 및 사진57
 <그림 3-1> 3D 프린터의 산업 활용분야별·사용용도별 비중58
 <그림 3-2> 아시아태평양 3D 프린팅 시장 규모 및 전망(분야별)59

제1장 대형 3D 프린터 기술동향

제1절 3D 프린팅 기술

1. 3D 프린터 기술 개요

3D 프린터란 설계 데이터에 따라 액체 또는 파우더 형태의 폴리머, 금속 등의 재료를 가공해 적층 방식(Layer-by-layer)으로 쌓아올려 3차원으로 입체물을 제조하는 장비를 말한다. 지금까지는 재료를 기계나 레이저를 이용하여 자르거나 깎는 절삭가공 방식으로 입체물을 제조하는 절삭가공(Subtractive Manufacturing) 방식이나, 3D 프린팅은 새로운 층을 커커이 쌓아 만드는 적층가공(Additive Manufacturing) 방식이다.

이 적층가공(Additive Manufacturing)은 2009년 ASTM이 기존의 rapid prototyping(패속 조형)을 보완 확장하는 개념으로 정립하였으며, “가공을 통해 원 소재에서 제거하는 방식(Subtractive Manufacturing)과는 대조적으로, 3차원 모델 데이터로부터 제품을 한 층 한 층(Layer-by-layer) 쌓아가는 방식으로 제조하는 공정 기술”로 정의하였다.

최초의 3D 프린팅은 1981년 나고야 시립연구소의 ‘히데오 코다마(Hideo Kodama)’가 제안하였다. 빛을 이용하여 액상광경화수지를 고체층으로 형성하여 제품을 만드는 내용이었으나, 실제 상용화는 되지 않았다.

<표 1-1> 히데오 코다마(Hideo Kodama)의 3D 프린팅 관련 논문

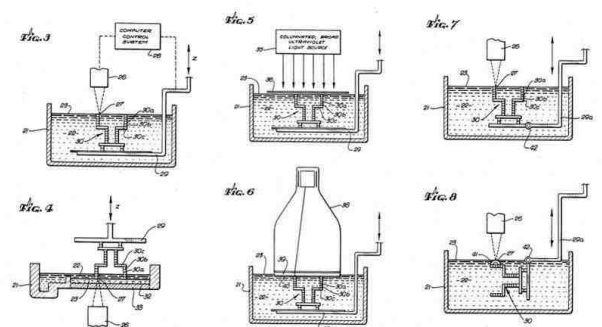
Subject of paper	Name of journal, etc., and date	Author
Automatic method for fabricating cubic shapes, as a three-dimensional information display method	Journal of the Institute Electronics, Information and Communication Engineers, Vol. J64-C, No. 4, pp. 237-241, April 1981	H i d e o K O D A M A
Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer	Review of scientific instruments Vol.52 No.11 April 1981	H i d e o K O M A D A

자료 : <http://www.kai-u.jp/english/staff01.html>

가구 회사를 다니던 미국 콜로라도 출신의 찰스 홀(Charles W. Hull)이 3D

프린팅 시스템으로 최초 구현하였다. 찰스 홀은 자외선을 이용하여 플라스틱 판을 경화시키는 가구공정을 기반으로 1984년 8월 8일에 입체인쇄술(Stereolithography) 관련 특허(US 4575330)를 출원하였으며, 1986년 캐나다로부터 투자를 받아 “3D Systems”라는 회사를 설립하고, 1988년에 세계 최초로 3D 프린터(SLA-1)를 판매하였다.

<그림 1-1> 미국 등록특허 제4575330호 대표도면



자료 : 미국 등록특허 제4575330호

이와 같이 세계 최초로 상용화된 SLA 기술은 액체 상태에서 빛을 받으면 굳어지는 성질을 가진 플라스틱, 즉 광경화성 수지를 사용하여 제품의 단면을 인쇄 및 적층하는 광조형법(Stereolithography)으로 시제품을 생산하는 기술을 특허로 출원한 것이다.

<표 1-2> 미국 등록특허 제4575330호 독립 청구범위

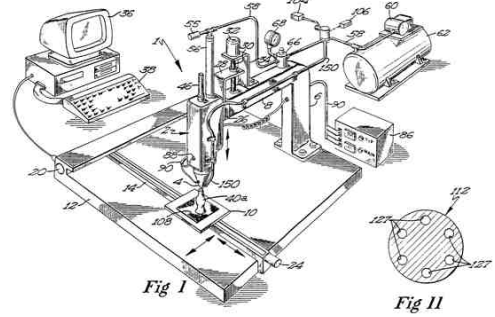
청구항	청구항 구성요소
1	A system for producing a three-dimensional object from a fluid medium capable of solidification when subjected to prescribed synergistic stimulation, said system comprising: means for drawing upon and forming successive cross-sectional laminae of said

	object at a two-dimensional interface; and means for moving said cross-sections as they are formed and building up said object in step wise fashion, whereby a three-dimensional object is extracted from a substantially two-dimensional surface.
2	An improved system for producing a three-dimensional object from a fluid medium capable of solidification when subjected to prescribed synergistic stimulation, said system comprising: a body of fluid medium capable of transforming its physical state in response to synergistic stimulation; object support means immersed within said fluid medium for supporting a three-dimensional object to be formed. translational means for selectively moving said object support means progressively away from a designated surface of said fluid medium; and reaction means capable of altering the physical state of said fluid medium and operating in a prescribed pattern upon said designated surface of said fluid medium to provide a thin solid lamina at said surface representing a corresponding cross-sectional lamina of said three-dimensional object to be formed, whereby successive adjacent laminae are provided to form said three-dimensional object on said object support means as said translational means moves said support means away from said designated surface.
27	A system for directly producing a three-dimensional object as it is designed by a computer, comprising: deriving graphic image output from said computer, said graphic image defining successive adjacent cross-sections of the three-dimensional object designed by said computer; means for drawing upon and forming successive cross-sections, corresponding to said computer designed cross-sections of said object, at a two-dimensional interface; and means for moving said cross-sections as they are formed and building up said object in a stepwise fashion, whereby the three-dimensional object designed by said computer is automatically extracted from a substantially two-dimensional surface.

자료 : 미국 등록특허 제4575330호

이후 스트라타시스(Stratasys)사가 FDM(Fused Deposition Modeling) 방식의 개인용 3D 프린터를 상용화하였다. FDM 방식은 일반 용어는 FFF(Fused Filament Fabrication)라고 하지만 통상 FDM으로 부른다. FDM 방식은 글루건으로 장난감을 만들다가 아이디어를 얻어 스크 크럼(S. Scott Crump)이 1989년 10월 30일에 특허출원(US 5121329)하였다.

<그림 1-2> 미국 등록특허 제5121329호 대표도면



자료 : 미국 등록특허 제5121329호

이후 금속분말에 레이저를 쏘거나, 플라스틱을 녹여 단면을 직접 인쇄하는 등 여러 가지 방식의 3D 프린팅 기술이 등장하고 있다. ASTM, ISO 등에서 분류하는 대표적으로 6가지 방식은 다음 표와 같다.

<표 1-3> 3D 프린팅 방식

방식	기술 내용	기술명	재료
광중합 방식[PP] (Photo Polymerization)	빛의 조사로 플라스틱 소재의 중합반응을 일으켜 선택적 고형화 시킴	SLA, DLP	수지
재료분사 방식[MJ] (Material Jetting)	용액 형태의 소재를 Jetting으로 토출시키고 자외선 등으로 경화시킴	Polyjet	수지
재료압출 방식[ME] (Material Extrusion)	고온 가열한 재료를 노즐을 통해 압력으로 연속적으로 밀어내며 위치를 이동시켜 물체를 형성시킴	FDM	수지, 금속
분말적층용융 방식[PBF] (Powder Bed Fusion)	가루 형태의 도재 위에 고에너지빔(레이저나 전자빔 등)을 조사하며 조사해 선택적으로 결합시킴	SLS	수지, 금속, 세라믹
점착재분사 방식[BJ] (Binder Jetting)	가루 형태의 도재 위에 액체 형태의 점착제를 토출시켜 도재를 결합시킴	3DP	수지
고에너지직접조사 방식[DED] (Direct Energy Deposition)	고에너지원(레이저나 전자빔 등)으로 원소재를 녹여 부착시킴	DMT, DMD	금속

자료 : 3D 프린팅 전략기술 로드맵, 미래창조과학부/산업통상자원부, 2014.12.

제2절 대형 3D 프린팅 기술

건축 및 산업용 대형 출력물에 사용되는 대표적인 3D 프린팅 방식은 다음과 같다.

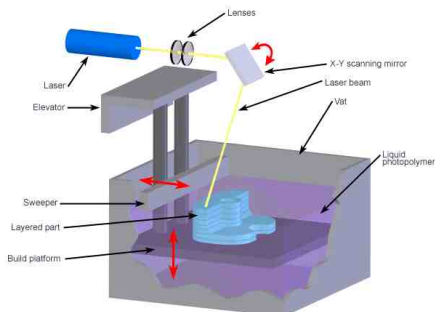
1. SLA(Stereo Lithography Apparatus) 방식

SLA방식은 미국의 3D system사에서 개발한 방식으로, 예폭시 계열의 광경화성 수지가 들어있는 수조(Vat)에 UV레이저를 조사하여 원하는 모델의 단면을 경화하여 적층하여 조형하는 방식이다.

SLA방식은 액체 재료(레진)를 담은 수조(Vat)의 교체로 간단하게 재료 교환이 가능하며, 타 3D 프린터 원리를 사용하는 장비보다 사용할 수 있는 액체 재료의 종류가 다양하다는 장점이 있다.

SLA 원리를 사용하는 3D 프린터에서 사용할 수 있는 재료는 대부분 예폭시 계열의 플라스틱 레진으로 PC, PP, ABS 등 여러 가지 물성치를 가지고 있어 사용자가 원하는 어플리케이션에 맞춘 3D 프린팅 시제품 제작이 가능하다.

<그림 1-3> SLA방식 3D 프린터



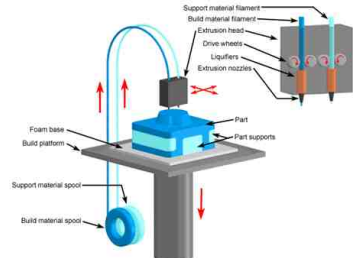
자료 : CustomPartNet 2008

2. FDM(Fused Deposition Modeling) 방식

FDM 방식은 해당 재료를 열에 의해 녹여 일정 압력으로 노즐을 통하여 압출해가며 적층 조형하는 방식이다. 공급되는 재료의 형태는 필라멘트(Filament)나 와이어(Wire) 모양으로 되어 있으며, 보호 카트리지나 실라래와 같은 롤(Roll)에 감겨져 지속적으로 공급된다. FDM 방식은 필라멘트(Filament)나 와이어(Wire) 재료를 사용하기 때문에 상기에서 언급한 바와 같이 FFF 방식으로도 불린다.

이러한 고체의 재료들은 온도 조절이 가능한 용압출헤드(Temperature Controlled Head)를 통과하면서 액상에 가까운 재료로 연화, 압출되어 한층 한층 융합 적층 과정을 거쳐 3차원 모델이 만들어지게 된다.

<그림 1-4> FDM방식 3D 프린터



자료 : CustomPartNet 2008

한편, 랩랩(RepRap) 방식은 FDM 방식의 기술을 응용한 모델로 처음 시작되었다. 개인이 운용할 수 있는 수준의 비용이 소요되는 유일한 기술이다.

3. 와이어 용융 제조(WAAM) 방식

와이어 용융 제조(WAAM) 방식은 금속 와이어를 고온으로 녹이지 않고 와이어

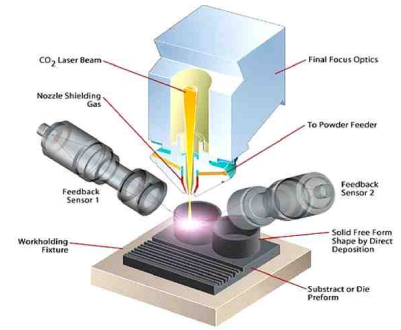
어 끝부분이 바닥이나 출력물에 닿을 때 불꽃이 일면서 녹는 방식이다. 노즐에서 금속 와이어를 아크 용접으로 켜서 2000 도에서 녹이면서 적층하는 방식이다.

WAAM은 레이저 소결방식에 비해 상대적으로 3 배가량 빠른 속도가 장점이다. 레이저 소결방식은 레이저로 금속분말을 순간적으로 녹이고 굳혀 조형한다. 레이저가 가느다란 선 형태라 정밀도는 높지만 출력 속도가 느리다.

반면 WAAM 방식은 한 번 길이가 100mm 정육면체 상자를 출력하는 데 40 분 남짓 걸린다. 출력과정은 가열성 수지를 이용한 용융적층(FDM) 방식과 유사하다.

박스 내 한정된 공간이 아니라 로봇팔이 움직이는 범위까지 출력물 크기를 키울 수 있다. 사용 재료는 철과 스테인리스, 알루미늄이다. 고속 조형으로 대형 출력에 적합하다.

<그림 1-5> DMT방식 3D 프린터



자료 : <https://xyzist.com/advanced-4-pages/digging-into-3d-print-basic/3d-printing-technologies/dmt-laser-aided-direct-metal-tooling/>

4. DMT(Direct Metal Tooling) 방식

DMT 방식은 레이저 금속 성형 기술(레이저 가열 증착 조형, Laser Additive Manufacturing) 기술로, 고출력 레이저 빔을 이용하여 금속 분말을 녹여 붙이는 방식으로 3D CAD 모델 데이터로부터 직접 금속 제품과 금형 등을 빠른 시간 내에 만들 수 있는 기술이다.

특히 국내에서 개발된 이 기술은 미국 ASTM 인터내셔널에서 분류한 3D 금속 프린팅 기술 중에서도 가장 기술적으로 앞선 'Directed Energy Deposition' 기술군으로 평가받고 있다.

그리고, DMT 방식은 다른 AM 기술과 달리, 저렴한 일반 산업용 금속 분말을 사용하고, 조형 과정에서 금속 분말을 실시간에 공급한다. 공정 과정에서 레이저 빔의 조사로 금속 분말이 완전 용융된 후 금속 응고되기 때문에 거의 100% 치밀하고 미세한 조직을 갖는 금속 제품이 만들어지며, 제작된 제품은 대부분의 경우 단조재와 동일하거나 더 우수한 기계적 물성을 갖는다.¹⁾

5. 바인더 젯(Binder Jet) 방식²⁾

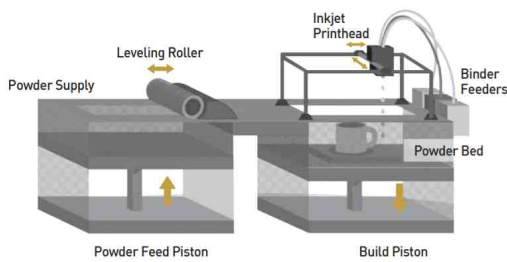
BJ방식은 블레이드와 롤러 등을 이용하여 스테이지에 분말을 편평하게 깔고 그 위에 잉크젯 헤드로 접착제를 선택적으로 분사하는 방식이다. 접착제가 뿌려진 부분은 분말이 서로 붙어서 굳고, 접착제가 뿌려지지 않은 부분은 분말상태 그대로 존재한다.

이 위에 다시 분말을 얹어 밀어서 편평하게 깔고 또 접착제를 원하는 패턴에 뿌리면서 수직 위 방향으로 적층을 계속한다. 원리적으로는 베드에 분말을 얹고 편평하게 적층하는 방식과 잉크젯으로 접착제를 분사하는 방식을 결합한 것이다. 분말을 적층하는 방식은 뒤에 설명할 PBF 방식과 같고, 접착제를 분사하는 방식은 MJ에서 사용된 잉크젯 헤드는 물질만 바꾸어 사용한 것이다. 분말이 자체 서포팅을 하므로 서포트 헤드는 필요하지 않다.

1) <http://www.novint.co.kr/?p=689>

2) PD ISSUE REPORT-3D 프린터 최근 개발동향, 한국산업기술평가관리원, 2015.06

<그림 1-6> 접착제분사 방식의 구성과 작동원리



자료 : PD ISSUE REPORT-3D 프린터 최근 개발동향, 한국산업기술평가관리원, 2015.06

이 방식의 대표적인 장점은 3D 소재가 분말형태로 공급되므로 플라스틱, 세라믹, 금속 분말이 다 가능하다. 또 이 분말들이 마이크로 스케일이므로 대단히 정교한 인쇄물을 만들 수 있다. 또 잉크젯 헤드에 바인더를 넣고 여기에 다양한 색소를 바로 첨가할 수 있어, 풀 칼라의 구현이 즉시 실현된다.

즉, 원하는 소재와 원하는 색상을 낼 수 있다. BJ 방식은 스케일 업이 아주 쉬워 건축물용 프린터로 만들 수 있다. 또 주물을 위한 모래를 바인더로 붙여서 거푸집으로 활용이 가능하고, 금속 분말을 바인더로 붙여서 금속 구조물을 만든 후 후처리(열처리 또는 infiltration)를 통해 금속 조형물을 바로 만들 수 있다. 원리가 간단하여 대면적화가 고속화 및 저가화가 가능해 기존의 공정과 잘 연계될 경우 산업적인 파급력이 상당히 있는 잠재력이 큰 3D 프린팅 기술로 평가된다.

제2장 대형 3D 프린터 산업동향

제1절 주요 응용분야

1. 건축 분야 3D 프린팅

미국, 이탈리아, 네덜란드, 중국 등 해외에서는 3D 프린터를 활용한 건축물 시공기술 분야 연구를 진행하고 있으며, 특히 중국의 경우 2014년 3월 상하이에 10층의 주택을 하루 만에 건설하는 실증시범을 선보이는 등 두드러진 행보를 보이고 있으며, 중국 정부에서도 관련시장의 확산 및 선도를 위해 규제완화 등 전폭적인 지원을 하고 있는 실정이다.

건설용 3D 프린터 원리는 일반 프린터와 비슷함. 일반 프린터 헤드가 잉크로 종이 위에 그림을 출력하듯 크레인에 매달린 헤드가 건물 설계도에 맞춰 왔다 갔다 하면서 콘크리트나 건축 재료를 쌓아 올리는 원리임. 3D 프린팅 건설 기술이 주목 받는 이유는 비용과 시간을 획기적으로 줄일 수 있기 때문으로 3D 프린터로 건물을 지으면 사람이 짓는 것보다 공사 기간을 최대 10분의 1로 줄일 수 있고, 건축 자재를 공사 현장으로 옮기고 현장에서 가공하는 기존 방식보다 공정이 단순하기 때문이다.³⁾

건설에서 사용되는 3D 프린팅 기술은 크게 '모듈형 출력 방식' 과 '일체형 출력방식' 의 두 가지로 나뉨. 공장에서 3D 프린터로 건물의 주요 구조물을 출력해 현장으로 가져가 조립하는 '모듈형 출력 방식' 은 조립한 부분을 통해 물이 새거나 강도가 약하며 겨울엔 춥고 여름엔 덥다는 지적이 있다.

대안으로 공사 현장에 3D 프린터를 설치하고 건물 전체를 한꺼번에 찍어내는 '일체형 출력방식' 이 주목 받고 있음. 미국과 이탈리아, 네덜란드, 중국도 이 분야를 주목하고 곳곳에 '일체형 출력방식' 으로 전용 주택 단지를 조성하고 있다.⁴⁾

3D 프린팅 건설 기술에서 온도와 습도에 잘 견디는 재료를 발굴하는 일은 무엇보다 중요하다. 미국 위스콘신대 연구진은 향후 3D 프린터에 사용할 목적

3) 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017. 5. 7

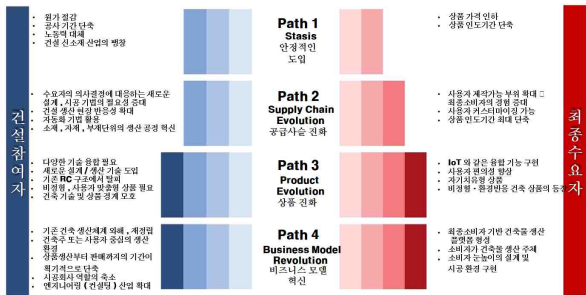
4) 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017. 5. 7

으로 자가 보수·치유 능력이 있는 바이오콘크리트를 개발하였으며, 일반 콘크리트보다 네 배 단단한 이 콘크리트는 최대 수명이 100 년이다.)

지금까지의 건축 산업은 급격히 성장하는 인플레이션 시대에 맞추어 대형 아파트가 주도해왔으나, 사회 및 인구 구조 변화로 개인화, 노령화가 급격히 진행되면서 주거 공간이 소형화되고 있으며, 중국, 인도, 남미, 아프리카 등 여러 개발도상국은 삶의 질을 높이기 위하여 도시화에 박차를 가하고 있는데 도시화 및 현대화를 빠른 속도로 진행하기 위해서는 기존의 건축법과 다른 형태의 생산방법이 필요하고 이에 3D 프린팅이 유용하게 사용될 수 있음. 3D 프린팅 모듈화 공법은 건축물을 모듈화하면서 빠르고 정확하게 나만의 디자인으로 시공할 수 있게 한 기술로 에너지 절약, 친환경적이며, 시공이 단순하여 공비 절감 효과 및 유연성과 경제성이 있다.

미래에는 수요자가 스스로 건축 상품을 기획 설계 생산 거래하고 엔지니어의 지식과 건축용 3D 프린터가 유통되는 시장으로 변화가 예상된다.

<그림 2-1> 건축용 3D 프린터의 예상 파급 효과(진화단계별)



자료: 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교, 2015.3.26

이 같은 환경변화에 대응해 3D 프린팅 개발과제의 주무부처인 국토부 또한 KICT가 개발 중인 3D 프린팅 건설기술이 해외의 연구 수준을 조속히 따라잡고 새로운 공법이 시장을 선점, 빠르게 실용화될 수 있도록 관련 법제도의 조속한

5) 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017. 5. 7

정비 등 다양한 지원책을 강구할 예정이다.

한국건설기술연구원(KICT)은 국내 최초로 '3D 프린팅 건설기술' 연구를 추진, 오는 2020년까지 3D 프린팅 건설 실용화를 목표로 하고, KICT 3D 프린팅 건설 연구단은 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원과 함께 '가로세로 10m, 높이 3m의 소형건축물 및 비정형부재 대상 3D 프린팅 설계·재료·장비개발 기술' 과제에 착수했다.

<그림 2-2> 3D 프린팅 건설 대표기술 개념도(KICT 연구단)



자료: '3D 프린터' 기술 적용 개인용 맞춤형 집 짓는다, 국토일보, 2017. 2. 14

3D 프린팅 건설 원천기술 확보와 기술 실용화를 통한 신시장 창출 및 건설 산업 경쟁력 강화를 목표로 향후 5년 내에 소형건축물(100㎡)기준 골조 공기 60% 단축을 위한 장비, 재료, 설계기술을 개발할 예정이다.

KICT 연구단은 국내 3D 프린팅 건축기술을 해외 수준으로 빠르게 따라잡기 위해 중국, 네덜란드 등이 보유 중인 기존 '실내 모듈형 출력방식'을 조속히 국산화할 예정이며, 국외에서도 초기 연구단계인 '실의 일체형 출력방식'은 5년 내에 개발을 완료해 관련 기술을 선도할 예정이다.

기존 3D 프린팅 건설기술은 공장에서 모듈형으로 제작해서 실외에서 조립하는 방식으로 누수, 강도 및 단열 등에 취약한 데 비해, KICT 연구단에서 국내 최초로 개발이 추진되는 신기술은 현장에서 일체형으로 시공하는 차세대 기술로써 해외에서도 연구가 갖 시작된 분야이다.

KICT 연구단은 공간한계 극복 및 실내의 전천후 시공이 가능한 3D 프린팅 시공 장비, 모르타르와 절근 및 대형 비정형부재 시공까지 가능한 새로운 방식의 비정형부재 시공 장비, 온·습도 변화에 따른 다양한 외기(外氣)환경에 대응 가능한 콘크리트 급속 경화기술 등을 대표 기술로 개발하고 있다.

3D 프린터를 이용한 새로운 건축물 시공기술에서는 3차원 도면을 통해 재료를 여러 층의 레이어로 쌓아올리는 '적층' 방식을 주로 활용하며, 이 방식은 CAD 소프트웨어로 디자인할 수만 있다면 어떤 구조의 물체든 생산할 수 있다는 점이 가장 큰 장점인 반면 거푸집 설치시간 및 비용 등을 절감하는 효과도 기대할 수 있다.

KICT는 3D 프린팅 기술과 병행해 건축상품 설계부터 유통까지 통합 관리할 수 있는 차세대 플랫폼 개발, 3D 프린팅 건축의 설계·시공·구조 검토 기술과 함께 해당 기술을 위한 법·제도 개선안까지 관련 분야 연구도 함께 진행하고 있다. 2020년까지 130억이 투입될 예정인 이번 사업에는 1차적으로 콘크리트 수직 골조를 개발 완료를 목표로 연구가 진행되며, 개발이 완료되는 2021년 이후에는 기계, 전기, 배관 등의 설비분야의 세부 연구가 진행될 예정이다. 이번 연구에는 한국건설생활환경시험연구원, 한국생산기술연구원, 고려대학교, 서울대학교, 연세대학교, 목양종합건축사사무소, 동양구조안전기술 등 산·학·연 16개 기관이 KICT와의 협력연구를 진행할 예정이다.

국토교통과학기술진흥원은 2017년부터 2021년까지 120억 원을 투입해 높이 10m급 대형 한옥 설계 시공기술 연구를 진행하며, 체육관이나 대강당, 도서관 등 공공건축물에 한옥 양식을 적용하고 내진설계 등 안전성을 확보할 계획이 다.

3D 프린팅 기술이 토목분야에 적용된 사례는 현재까지 발표되지 않고 있다. 교량, 터널, 항만 등의 토목구조물의 크기가 타 산업 분야에 비해 규모 측면에서 비교할 수 없을 정도로 크기 때문에 그 적용이 늦은 것 같다. 그러나 교량의 경우 복합재료를 이용한 주요 구조부재의 적용이 점차 늘어나고, 모듈화되어

조립식 교량의 시공법이 개발되고 적용되고 있다.

이와 같은 모듈러 교량은 사전에 제작된 표준 부재를 장난감인 'LEGO'와 같이 조립하여 다양한 현장 여건에 대응할 수 있다. 이처럼 모듈화되고 다양한 재료의 적용이 증가함에 따라 3D 프린트를 이용한 구조부재 생산 및 조립시공이 가능할 것으로 보인다.

토목분야에서 3D 프린팅 기술이 용이하게 사용될 수 있는 분야로는 연구개발 분야가 있다. 교량이나 터널과 같은 토목구조물은 그 형상이 크기 때문에 지진동이나 풍하중에 대한 검토 시 축소모형을 제작하여 실험하고 있다.

그러나 설계도면과 동일한 축소모형을 제작하기가 어려워 단순화하고, 적용 재료 또한 동일수준으로 적용하여 제작하지 못하고 있었는데, 3D 프린팅 기술로 제작된 축소모형 실험체를 사용하여 실험할 경우 기존보다 명확한 데이터를 얻을 수 있어 연구개발에 유용하게 사용 가능할 것으로 판단된다. 연구개발단계에서 실제 구조물과 유사한 재료와 구조형상으로 얻은 결과 데이터를 바탕으로 구조물이 실제 현장에 적용될 경우 사전에 문제점을 개선할 수 있어 보다 안전하고 정확한 시공이 가능할 것으로 판단된다.

<그림 2-3> 건설 분야 3D 프린팅 해외 사례(미국, 네덜란드, 영국)



자료: 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교, 2015.3.26

3D 프린팅을 건축분야 적용 시 건축구성요소별 적용 가능성 검토 결과는 다음과 같다.

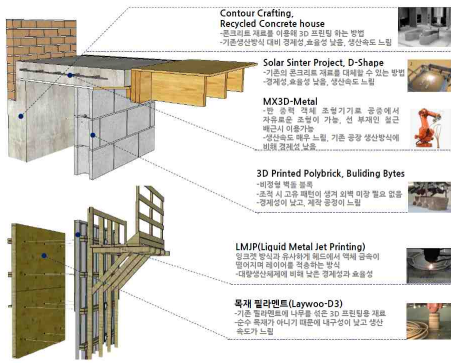
<표 2-1> 건축구성 요소별 3D 프린팅 적용분야

부위	부재	연구개발 현황요인				본 연구개발의 연계				연구개발 우선순위
		프린팅 소재	소재	프린팅	3D 프린팅을 통한	연구개발	연구개발	연구개발	연구개발	
구조	기둥, 보, 슬래브, 기둥통	철근 콘크리트	콘크리트	대형	3D 프린팅을 통한	연구개발	연구개발	연구개발	연구개발	보통
	벽돌 또는 벽돌벽	벽돌	벽돌	대형	3D 프린팅을 통한	연구개발	연구개발	연구개발	연구개발	보통
	기둥 및 사포티	목재	목재	대형	3D 프린팅을 통한	연구개발	연구개발	연구개발	연구개발	보통
MEP	배관설비	철근 콘크리트	콘크리트	대형	3D 프린팅을 통한	연구개발	연구개발	연구개발	연구개발	보통
		목재	목재	대형	3D 프린팅을 통한	연구개발	연구개발	연구개발	연구개발	보통

자료: 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교, 2015.3.26

건설분야 3D 프린팅은 구조체, 가설재, 건축부재 등에 주로 응용될 수 있다.

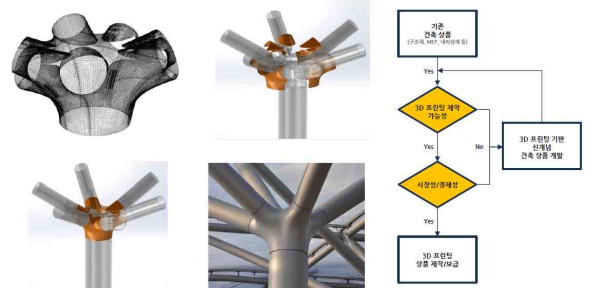
<그림 2-4> 구조체, 가설재-3D 프린팅 적용가능 사례



자료: 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교,

2015.3.26.

<그림 2-5> 건축부재 3D 프린팅 사례



EFTE 플라스틱 캐노피를 지지하기 위한 3D프린팅 건축부재, 영국

자료: 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교, 2015.3.26

달과 같은 우주환경에서 자원탐사 등을 위해 유인우주선을 발사하기에는 엄청난 비용이 소요되므로 달에 착륙하여 장기간 임무를 수행하기 위해서는 사람이 거주할 수 있는 구조물이나 달의 열악한 환경에서 오랫동안 탐사를 수행할 수 있는 인프라 시설물들이 건설되어야 한다. 3D 프린팅 제작 기술들의 이용은 인간의 존재 이전에 로봇에 의해서 거주지들과 인프라 시설들이 건설될 수 있도록 하므로 이는 건설작업자들의 방사능 노출 위험을 줄일 수 있다.

<그림 2-6> 우주건설에 사용되는 D-Shape 3D 프린터



자료: 우주산업 현황과 우주건축, LG엔지니어스, 2016

2. 디지털 제조 분야 대형 3D 프린터 응용

독일의 Industry 4.0, 미국의 AMP, 중국의 제조 2025, 우리나라의 제조업 3.0과 같은 정책에서도 3D 프린팅은 한 축을 형성하고 있다. 대표적인 독일의 Industry 4.0은 사이버물리시스템 기반의 유연하고 효율적인 생산시스템을 갖춘 스마트 팩토리(Smart factory)를 추구하고 있다.

지금까지 3D 프린터가 시제품 위주의 용도로 사용되었다면 앞으로는 톨링, 지그 및 고정구, 최종 부품 제작과 같은 직접디지털제조가 3D 프린터의 주 영역이 될 것이다. 특히 지그 및 고정구 등 생산 현장에서 필요로 하는 각종 보조기구의 경우 현재 직접 디지털제조영역에서 3D 프린터가 효과적으로 활용되고 있는 분야이다.

자동차 산업에서 가장 잘 활용되고 있으며, BMW의 경우 약 400가지 이상의 지그 및 보조기구를 3D 프린터로 제작하여 활용하고 있다. BMW뿐만 아니라 거의 모든 자동차 제조회사에서 시제품과 지그, 고정구 등의 용도로 3D 프린터를 사용하고 있으며, 국내 자동차 회사에서도 3D 프린터를 활용하고 있다. 지그의 기존 제작 방법은 외주를 통해 가공 기기로 제작하거나, 레이저 커팅으로 가공한 부품을 조립하는 것이었으나, 3D 프린터를 도입한 후 사내에서 작업자에게 편안하고 실용적인 디자인으로 제작하여 비용과 시간을 절감하고, 작업 능률을 향상시키고 있다.

스마트 팩토리는 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능, 로봇 등을 활용하여 공급망 관리, 생산 공정 자동화, 고객 맞춤형 제품 생산에 이르기까지 제조업 내 전 과정을 유연하고 효율적으로 혁신하는 것으로 생산 제품에 따라 대량생산의 방식과 3D 프린팅을 활용한 다품종 소량의 부품 제작 및 고객 맞춤형 제품을 생산하는 방식을 혼합하여 최적의 제조 솔루션을 찾아갈 것이다.

3D 프린터를 활용하여 디자인에서 생산까지 한 번에 가능해짐으로 인해 인력 및 비용, 리드타임 절감, 신제품 생산 기간의 단축을 통한 시장 선점, 다품종 소량 및 고객 맞춤형 시장에 대한 대응 등 전 산업 분야에서 3D 프린터를 어떻게 활용할 것인가에 따라 해당 산업 내에서의 경쟁력은 달라질 것이다.

6) 3D 프린팅이 가져올 제조업의 미래, 계장기술, 2016년 6월

3. 항공·우주 산업 분야

직접디지털제조 분야에서 주목할 또 다른 분야는 최종 부품업. 3D 프린터는 항공기, 로켓, UAV(Unmanned Aerial Vehicle), 헬기컴퓨터 등 항공산업에서 최종 부품 제작 용도로 활용되고 있다. 항공산업 분야에서 사용되는 부품은 내구성 및 안전성 등 엄격한 검증을 통해 활용될 수 있는 점을 상기하였을 때 3D 프린터의 기술과 재료가 급속히 발전되었음을 확인할 수 있다. 2015년 유럽 최대의 항공기 제작사인 에어버스(Airbus)에서는 신기종인 A350 XWB를 개발하면서 1,000개 이상의 부품을 3D 프린터로 제작하여 탑재하였다고 발표하였다. 에어버스(Airbus)는 3D 프린터를 활용하여 부품제작의 경량화, 연료 효율 증대, 비용 감소, 제작 기간단축 등의 효과를 거두었다.

3D 프린팅 산업은 소재의 우수한 특성이 최종제품의 특성과 밀접히 연관 있는 소재 중심의 산업으로, 사용되고 있는 소재 중 금속의 경우 기술개발 초기 단계로 고가형의 산업용 프린터 및 고부가가치 산업에 적용되고 있다.

따라서 최근 개발이 진행되고 있는 3D 프린팅의 소재는 금속 분야이며, 주로 Ti 합금과 초내열 합금 등과 같은 고부가가치 소재가 주로 연구되고 있다. 한 예로 Ti 합금으로 항공용 부품인 Bracket 제조 시, 기존 공법(절삭)으로는 원자재 대비 버려지는 비율인 Buy-To-Fly Ratio가 33:1로 제조공정이 원가상승의 주요원인이 되지만, 3D 프린팅 적용 시 Buy-To-Fly Ratio를 1:1로 줄일 수 있다.

대부분의 메이저 항공 OEM 업체들은 3D 프린팅 기술을 구현하는 인프라를 구축하고 있다.

GE Aviation은 LEAP 엔진용 연료노즐 개발하였으며, 알라바마에 생산 공장을 건설하고 금속 3D 프린팅 시스템을 사용하여 연간 4만개까지 생산할 수 있는 연료노즐 생산시설을 구축하였다. 신시내티주 오하이오에 1억 4천만 달러 규모의 적층개발센터(Additive Development Center)를 구축 중이다. GE Aviation의 LEAP 엔진은 3D 프린터로 생산된 부품이 투입된 최초의 동력 추진 장치로 알려져 있는데, 해당 회사는 이 기술을 향후 세스나(Cessna) 항공기 모델에 이용할 계획이라고 밝혔다.

<그림 2-7> GE의 LEAP Engine과 Cessna 항공기



자료 : GE 홈페이지

보잉사는 레이저 소결 장비를 이용하여, 많은 군사용·상업용 항공기에 대한 환경 제어 시스템 도관을 생산해왔으며, 10만개 이상의 생산 부품이 설치되었다.

에어버스(Airbus)사는 항공관련 메이저 기업 중 3D 프린팅 기술 도입을 가장 활발히 추진하고 있다. 독일 함부르크 Laser Zentrum Nord GmbH(LZN)사와 금속부품의 설계와 생산을 위해 긴밀하게 협업하고 있으며, LZN사의 전문가들은 50%이상 디자인의 재료 및 무게를 감소시키기 위해 토폴로지 최적화(topology optimization)의 향상된 방법을 사용하고 있다.

6만 여개의 다양한 부품(플라스틱 브라켓, 클립, 기타 기구와 케이블, 와이어 및 호스 등)들이 제조되고 있으며, 실제 항공기에 사용되어지고 있다(FDM 방식 장비를 활용하여 ULTEM 9085 재료로 생산됨).

2018년까지 30톤의 부품을 매달 3D 프린터를 활용할 계획에 있다. 에어버스(Airbus)사는 3D 프린팅 기술과 관련된 인력, 경험, 지식, 기타 기능 구축에 힘쓰고 있으며, 2015년 3월에는 60명(직원, 공급업체, 교수, 대학원생)의 AM전문가 육성 프로그램을 지원하였고, 지원받은 전문가들은 현재 에어버스사의 120개 3D 프린팅 프로젝트에 참여하고 있다.

<그림 2-8> Airbus사-AM기반 연료 커넥터 무형



NASA는 Marshall Space Flight Center와 Made in Space 공동으로 낮은 중력 또는 무중력에서 작동하는 재료 압출 시스템을 설계 및 구축 진행 : 해당 3D 프린터는 2014년 9월에 발표되었으며, 국제우주정거장(ISS, International Space Station)에 설치되었다.

유럽우주기관(ESA)은 국제우주정거장(ISS)을 위한 3D 프린터를 개발하였으며, 2015년 ISS에 제공하고 있다.

NASA, ESA, 중국우주항공과학기술공사 등 각국의 관련기관에서는 우주에서 금속부품 프린팅이 가능한 3D 프린팅 시스템을 개발하기 위한 R&D 계획에 착수했다. (SpaceX·Aerojet Rocketdyne) 3D 프린팅 기술로 생산된 금속 부품을 로켓노즐, 밸브실 및 연소실에 사용할 계획이며, 내화금속이 개발됨에 따라, 로켓과 가스터빈엔진 부품의 고온 적용을 기대하고 있다. (Stratasys·NASA 제트 추진연구소) 인공위성의 30-안테나 어레이를 만들기 위해 제휴하고 있다. Aerojet Rocketdyne 큐브셋(CubeSat)을 위해 티타늄 피스톤을 3D 프린팅하였으며, 이 작업은 케도수정을 할 수 있는 내장추진시스템과 새로운 소형위성 개발

을 목표로 하고 있다.

<그림 2-9> ULTEM 9085 소재의 인공위성 부품



독일 Man Turbo & Diesel사는 최초로 가스 터빈 부품을 3D 프린터로 대량 생산 가능한 기술을 하노버 산업박람회 에 출품하였다. 지멘스는 2017년 2월 최초로 완전히 적층공법(AM)으로 생산된 가스터빈 블레이드 테스트를 성공적으로 완료하였다. 해당 부품은 1 분에 1만3000 회 회전하고 1250° 에서 사용가능하다.

4. 군사 분야

미국 재생 에너지 부서와 해군의 파괴 기술 연구소(Disruptive Technology Lab)가 협력하여 오크리지 국립연구소(ORNL MDF, Oak Ridge, TN, US)에서 최초로 3D 프린터를 이용해 잠수함 선체를 제작했다⁷⁾.

선체 사양으로 제작된 기술 실증 잠수정은 SEAL Delivery Vehicle(SDV)에서 영감을 얻었다. SDV는 일반적으로 US Navy SEAL 장비를 특수 작전 임무로 수송하는 데 사용됩니다. 앞으로 SDV는 더 빨리 제작될 것이고, 각 해군 임무를 지원하는 새로운 디자인을 반영할 것이다.

제작법은 탄소 섬유 복합 재료로 30피트 높이의 기술 검증 선체를 만들 것

을 요청 받았다. 열가소성 수지를 이용해 잘게 썬 탄소 섬유를 층으로 쌓는 대형 3D 프린터를 사용했으며, 작업을 완료하는 데 4주가 걸렸다.

기존 생산 방식의 SDV 선체의 가격은 600,000 ~ 800,000 달러이며 일반적으로 제조에는 3-5 개월이 소요된다. 대형 3D 프린터를 사용하여 선체 생산 비용을 90% 절감했으며 생산 시간을 크게 단축했다.

<그림 2-10> 대형 3D 프린터를 이용한 탄소섬유 잠수함



자료 : 대형 3D 프린터를 이용한 탄소섬유 잠수함 건조, 해외기술동향, CompositeWorld, 2017.7.24

7) 대형 3D 프린터를 이용한 탄소섬유 잠수함 건조, 해외기술동향, CompositeWorld, 2017.7.24

제2절 글로벌 기업 동향

1. Concept Laser GmbH(독일)⁸⁾

Frank Herzog가 2000년에 설립한 Concept Laser GmbH는 금속 부품의 3D 인쇄를 위한 세계적인 기계 및 플랜트 기술 제공 업체 중 하나로 독일 리히텐펠스(Lichtenfels) 소재한 회사이다.

2016년 12월부터 Concept Laser는 세계적인 디지털 산업 기업인 General Electric(GE)의 사업부인 GE Additive에게 인수되었으며, GE Additive는 2016년에 설립되어 Concept Laser의 회사 지분 중 75%를 인수했다.

Concept Laser의 특허인 LaserCUSING[®]기술은 분말 기반의 레이저 금속 용융기술로 부품을 구성할 때 새로운 자유를 열어 주며 매우 작은 배치 크기의 매우 복잡한 부품을 경제적으로 제조할 수 있으며, Mlab cusing라는 브랜드로 판매 중이다.

<그림 2-11> Concept Laser GmbH사의 3D 프린터 제품



자료: Concept Laser GmbH사 홈페이지, www.concept-laser.de

동사의 고객은 의료 및 치과 기술, 항공 우주 산업, 공구 제작 및 금형 제작,

8) www.concept-laser.de

9) 독일 3D 프린터 시장의 핵심 이슈, EP&C News, 2017.05.30

자동차 산업 및 시계 및 보석 산업과 같은 다양한 산업 분야로 다양하며, Concept Laser의 3D 금속 프린터는 스테인레스 스틸 및 고온 작업 강재, 알루미늄 및 티타늄 합금 및 보석 제조용 귀금속의 분말 재료를 처리 가능하다.

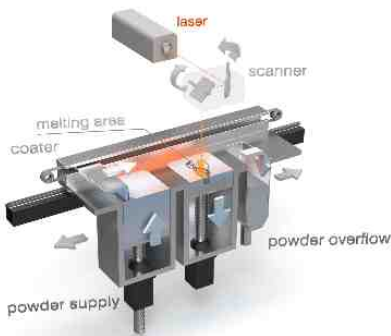
'LaserCUSING' 기술은 CAD 시스템을 이용해 보석을 가공하고, 맞춤형으로 생산할 수도 있고 보석 세공 품질 또한 우수하다고 평가받고 있어 독일 뮌헨 막시밀리안 거리에 콘셉트 레이저(Concept Laser) 프린터로 보석을 생산하는 보석상도 생겼다.

Concept Laser GmbH사의 특허 받은 레이저 커싱(LaserCUSING[®]) 공정은 고정밀의 기계적 및 열적 탄성 금속 부품을 제조하는 데 사용되며, Concept Laser의 C와 FUSING(녹이다, 융합)이라는 용어의 조합으로 작성된 "LaserCUSING"이라는 용어는 이 기술을 설명하고 있으며, 융합 프로세스는 3D CAD 데이터를 사용하여 레이어별로 구성 요소를 생성한다.

이 과정에서 금속 분말은 고 에너지 섬유 레이저로 국소적으로 용융되고, 냉각 후 재료가 고형 화되며, 구성 요소의 윤곽은 미리 리디렉션 장치(스캐너)를 사용하여 레이저 빔을 방향 전환시켜 만들어지며, 부품은 빌드 챔버의 바닥을 낮추고, 더 많은 분체를 적용한 후 다시 용융시킴으로써 층별(층 두께가 15-500 μm)로 출력한다.

Concept Laser GmbH사의 고유한 시스템은 연속적으로 처리되는 슬라이스 세그먼트("islands"이라고도 함)의 확률 제어 기술을 포함하고 있고 이 특허 공정은 매우 큰 부품을 제조할 때 스트레스를 현저히 감소시킨다.

<그림 2-12> Concept Laser GmbH사의 LaserCUSING[®] 기술



자료: Concept Laser GmbH사 홈페이지, www.concept-laser.de

2. citim AM(미국)¹⁰⁾

citim AM사는 citim 그룹의 계열사로, citim 그룹은 citim AM과 citim GmbH로 구성되며, 1996년 이래로 독일 citim GmbH는 유럽 시장에서 첨단 적층형 제조(AM)의 최전선에서 있으며, 미국 시장에 서비스를 제공하기 위해 citim은 조지아주 Kennesaw에서 2014년 citim AM사를 창립하였으며, 현재 120명 이상의 직원을 고용하고 있으며, 부품 개념에서 조립 완성에 이르는 완벽한 생산 서비스를 제공하며, 모든 프로세스는 ISO 9001-2008 품질 보증 표준에 따라 인증을 받았다.

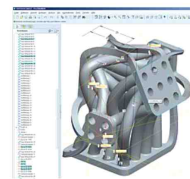
citim AM사는 금속 부품의 적층형 생산의 전문회사로, 항공 우주, 에너지, 모터스포츠, 자동차, 의료, 소비재 및 기타 여러 산업 분야의 프로토타입 및 소형 배치 시리즈를 생산 중이다.

citim AM사가 3D 프린팅의 재료로 사용할 수 있는 금속재료는 Aluminum(AlSi7Mg, AlSi10Mg, AlSi9Cu3), Aluminium-Scalmalloy[®]RP(AlMgSc),

Cobalt Chrome(CoCr), Copper Alloy(CuNi2SiCr), Inconel (IN718, IN625), Stainless Steel(17-4, 316L, 1.4859), Tool Steel¹¹⁾ (1.2709), Titanium(TiAl6V4) 등 17 종류가 있다.

<그림 2-13> citim AM사가 제공하는 서비스

Design for AM Parts



Post Processing - CNC Machine



Latest and Innovative Technology for AM



Quality Assurance - 3D Measuring / 3D Scanning



자료: citim AM 홈페이지, www.citim-am.com

3. Oerlikon(스위스)¹²⁾

올리콘(Oerlikon)사는 시장성 있는 기술과 서비스를 제공하는 선도적인 글로벌 기술 그룹으로 표면 솔루션, 인조 섬유 및 드라이브 시스템의 3개 비즈니스 부문을 가지고 있으며, 항공 산업과 에너지생산 분야에 주력하고 있으며, 37개국 180개 이상의 지역에 13,800명 이상의 직원을 고용하고 있으며, 67건의 특허를 보유하고 있으며, 2016년에는 2억 3,100만 스위스 프랑(CHF)의 매출을 올리고 있다.

올리콘(Oerlikon)사는 금속 분말 및 고급 부품에 대한 산업용 적층형 생산에

11) 공구강(工具鋼): 절삭(切削) 공구의 제작에 사용하는 경도(硬度)가 높은 탄소강

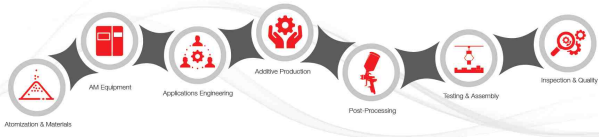
12) www.oerlikon.com

13) 독일 3D 프린터 시장의 핵심 이슈, EP&C News, 2017.05.30

대한 다음과 같은 맞춤형 솔루션을 제공하고 있다.

- ① 적층형 생산(AM)에 최적화된 고품질의 분말 금속 분말(atomized metal powder)¹⁴
- ② 합금 수정 및 설계
- ③ 최첨단 적층형 생산(AM) 디자인 소프트웨어 및 최적화 방법
- ④ 글로벌 시설에서 End-to-End 적층형 생산(AM) 제조
- ⑤ 최고의 품질 및 추적 능력
- ⑥ 광범위한 후처리 기술 가능
- ⑦ 최종 조립 준비가 완료된 부품을 생산하기 위한 응용 프로그램 엔지니어링, 설계, 재료 선택, 부품 생산 및 사후 처리에 대한 통합된 접근 방식

<그림 2-14> 올리 콘(Oerlikon)사가 제공하는 솔루션 서비스 영역



자료: 올리콘(Oerlikon)사 홈페이지, www.oerlikon.com

올리콘(Oerlikon)사의 Roland Fischer 대표이사에 따르면, 특정 기능을 갖고 있으면서 유연하게 맞춤형 생산이 가능한 적층식 공정으로 혜택을 볼 수 있는 산업용 경량 부품에 대한 기술 및 서비스 수요가 높다.

4. Arcam AB (스웨덴)^{15,16}

Arcam AB사는 1997년에 설립된 금속 부품 생산을 위한 비용 효율적인 적층식 제조 솔루션을 제공하는 회사로 스웨덴의 NASDAQ OMX Stockholm에 상장

14) 가는 구멍에서 용융금속을 분출시키고 여기에 압축가스 또는 유체를 빨리 유동, 비산시켜 미분화하는 방법으로 만들어지며, 이 분말 입자는 표면은 평활하고 모양은 구상(球狀)에 가까우며 내부에 기공은 거의 없고 겉보기의 밀도는 높다

15) Arcam AB 홈페이지, www.arcam.com

16) 독일 3D 프린터 시장의 핵심 이슈, EP&C News, 2017.05.30

독보적인 기업으로 전 세계 70여 개국에 98개의 특허를 출원하였으며, 특히 건축폐자재와 자체 개발한 시멘트 등을 혼합한 친환경 '건축잉크'를 개발하며 재료혁명을 이루어내고, 다양한 디자인의 집을 건축할 수 있는 크레인크기의 3D 프린터기 및 다양한 3D건축자재, 설계 솔루션 등을 확보한 상태이며, 2015년 3월 가로 32m 높이 6.5m의 3D 프린터기로 집을 프린팅 하여 하루 만에 상하이에 10채의 주택을 지어 중국 정부 및 전 세계를 깜짝 놀라게 한 바 있다.

<그림 2-16> 원선 건설 분야 3D 프린팅사례



자료: 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교, 2015.3.26

원선의 '건축잉크'는 건축 폐자재와 자체 개발한 시멘트 등을 혼합한 친환경 소재로, 이를 통해 건물을 지으면 기존 건축방식보다 재료 60%, 공사기간 70%, 노동력 80%를 줄일 수 있음. 원선은 1만㎡에 달하는 본사 건물을 30일 만에 출력하였으며, 이들은 다양한 디자인의 집을 출력할 수 있는 거대한 3D 프린터와 다양한 3D건축자재, 설계 솔루션 등을 확보하고 있다.

중국의 3D 프린팅 건설기술을 주도하는 원선사는 중국 100곳에서 건설폐기물을 수집해 변환하는 공장을 중국 전역에 짓고 있다.

6. Apis Co (미국)^{20,21}

미국 샌프란시스코의 스타트업 아피스 코어(Apis Cor)는 2017년 2월 모스크바 스투핀스키구에 실증 단지를 구성하고 37㎡, 11평 정도의 1층 집을 3D 프린팅 기법(공사 현장에 3D 프린터를 설치하고 건물 전체를 한꺼번에 찍어내는 일체형 출력방식)으로 출력해서 하루 안에 벽과 지붕을 얹고 페인트칠 등을 모

20) 아피스 코어 3D 프린팅 주택, 라디오키즈, 2017. 3. 24

21) 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017. 5. 7

되었으며, 정형외과, 임플란트 및 항공 우주 산업 분야의 제조에 중점을 두고 있다.

본사 및 생산 시설은 Moindal에 위치하고 있으며, 미국, 이탈리아, 중국 및 영국에 지원 사무실을 보유하고 있음. Arcam은 고객을 지원하기 위해 EBM 기계, 보조 장비, 소프트웨어, 금속 분말, 서비스 및 교육의 완벽한 포트폴리오를 제공하며 약 200여 개의 특허를 보유하고 있다.

Arcam의 'LEAP Engine'은 3D 프린터로 생산된 부품이 투입된 최초의 동력 추진 장치인데, 향후 이 기술을 세스나 항공기 모델에 이용할 계획이라고 밝혔으며, 관계자에 따르면 3D 부품은 활용 가능성이 다양할 뿐만 아니라, 서비스 기술자가 현장에서 곧바로 필요한 부품을 3D 프린터로 만들 수 있어 물류·운송비용을 크게 절감할 수 있다.

<그림 2-15> Arcam의 'LEAP Engine'



자료: 독일 3D 프린터 시장의 핵심 이슈, EP&C News, 2017.05.30

5. WinSun(중국)^{17,18,19}

2002년 설립된 중국 대표 3D 프린터 제조업체인 윈선은 세계 3D 건축업계의

17) 이번엔 건축이다... 3D 프린터로 '찍어낸' 6층 빌라, 국민일보, 2015. 1. 20

18) 중국의 원선, 3D 프린팅플레이플랜, 2015. 10. 18

19) 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017. 5. 7

두 마쳤고 건축비는 10,134달러(1,200만 원 정도)를 사용하였다.

<그림 2-17> Apis Co사의 건축용 3D 프린터



자료: 아피스 코어 3D 프린팅 주택, 라디오키즈, 2017. 3. 24

<그림 2-18> Apis Co사가 출력한 러시아 1층 주택



자료: 아피스 코어 3D 프린팅 주택, 라디오키즈, 2017. 3. 24

7. 스트라타시스(Stratasys Ltd., 미국)²²

세계 3D 프린팅 시장에서 압도적인 위치를 차지하고 있는 튜브 업체 중 하나이고, 3D 프린팅 및 적층 제조 솔루션 글로벌 기업 스트라타시스는 2014년 9월 '트리플 젯 (Triple-Jetting)' 기술을 탑재한 복합재료 3D 프린터 '오브젝트 500 코넥스1' 과 '오브젝트500 코넥스2'를 출시하였으며, 스트라타시스의 트리

22) Stratasys사 홈페이지, www.stratasys.co.kr

플젯 기술은 한 번에 최대 세 가지의 서로 다른 재료를 조합해 제품 제작이 가능할 뿐만 아니라, 여러 재료를 혼합해 디지털ABS와 같은 새로운 디지털 재료를 만들어 낼 수 있도록 설계하였다.

스트라타시스(Staratasy Ltd.)사의 대형3D 프린터 기종인 Objet1000 Plus는 1000 x 800 x 500 mm(39.3 x 31.4 x 19.6 in.) 크기의 초대형 빌드 트레이를 가지고 있으며, 정확도와 생산성을 동시에 만족시키며, 대부분 자동으로 작동하여 CAD 데이터에서 직접 복합 재료 파트를 제작하며, 어떠한 크기에서나 정교한 디테일과 기하학적 복잡성을 유지하며, 최대 14개의 재료 특성을 하나의 자동화된 작업에 통합하여 미끄럼 방지 그림, 투명한 게이지 또는 내열성 표면을 가진 도구를 신속하게 제작할 수 있으며, 매끄럽고 미려하며 추가적인 경화나 후처리 없이 즉시 처리가 가능하여 부품 처리에 소요되는 시간을 단축하였다.

<표 2-2> Stratasys사의 Objet1000 Plus 사양

실제 조형 크기:	1000 x 800 x 500 mm(39.3 x 31.4 x 19.6인치)
레이어 두께:	최소 16마이크론(0.0006인치)의 수평 빌드 레이어
빌드 해상도:	X축: 300 dpi; Y축: 300 dpi; Z축: 1600 dpi
프린팅 모드:	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털 재료(DM): 34마이크론(0.001인치) • 고품질(HQ): 16마이크론(0.0006인치) • 고속(HS): 34마이크론(0.001인치)
정밀도:	50mm 미만 조형물의 경우 최대 85마이크론, 실제 모델 크기의 경우 최대 600마이크론(감성 재료에 한함, 모델의 형상, 빌드 파라미터 및 배치 방향에 따라 달라질 수 있음)

자료 : Stratasys사 홈페이지, www.stratasys.co.kr

학, 기계, 전기 기술, 컴퓨터 소프트웨어 및 하드웨어 및 포토 폴리머 소재와 통합된 첨단 기술 기업으로 SLA에 기반한 고속 프로토타이핑 기계의 연구개발, 제조 및 판매를 하고 있으며 10개 이상의 특허를 보유 중이다.

Prismalab의 Rapid 시리즈는 LCD Optical 방식으로 액체 레진 재료를 경화시켜 프린팅 하는 전 세계 유일한 3D 프린터이며, 높은 정밀도와 고해상도로 단층의 이질감 없이 매끄러운 결과물을 자랑하며, 기존 SLA(Laser) 대비 최대 8배 빠른 조형 속도가 장점이다.

Prismalab China의 RP600은 SLA 방식 3D 프린터로 최대 576 x 324 x 580 mm 크기의 출력이 가능하다.

<그림 2-20> Prismalab China의 대형 3D 프린터(RP600)

Prismalab RP600	
Building Technology	SLA
Exposure Technology	Overhead type LCD
Material	Liquid resin
Building Dimension	576*324*580mm
XY Precision	150/100/75um
Z Precision	100/50um
Building Speed	1500G/H
Working Temperature	18-28°C
Relative Humidity	<52%
Equipment Dimension	930*805*2300mm
Equipment Weight	300kg
Power Requirement	180~240V 50Hz 1KW
Operating Language	English, Chinese
File Format	STL



자료 : Prismalab China사 홈페이지, www.prismalab.com

10. BigRep GmbH(독일)^{26),27)}

BigRep GmbH는 독일 베를린에 본사를 두고 있는 대형 3D 프린터 회사로 2014년에 설립되었으며, 3D 인쇄 및 3D 제조를 위한 FFF 3D 프린터를 제공하고, PLA, PVA 및 PETG 필라멘트, 이중 압출기, 노즐 등의 부품 및 부속품을

8. Drawn(프랑스)^{23),24)}

2014년 3월 설립된 프랑스의 스타트업인 Drawn은 커스텀 가구 제작에 대한 꿈을 가진 창업자 2명이 2년간의 연구를 통해 2014년 가구 제작을 위한 로봇팔 3D 프린터인 갈라테아를 개발하는데 성공하며, 갈라테아는 한 개의 로봇 팔로 이뤄진 단순한 구조의 3D 프린터지만 가구와 같이 큰 사이즈의 조형물을 제작하는데 적합하도록 설계되었고, 제작과 설치에 많은 시간이 소요되지 않는다는 장점이 있다.

Drawn은 인터넷 쇼핑몰을 통해 갈라테아로 만든 오리지널 3D 프린트 가구 제품들을 판매 중이며, 3D 그래픽을 통한 제품 디자인과 제품 제작 노하우를 교육하는 워크샵 진행과 아티스트와 디자이너를 대상으로 3D 프린팅 대행 서비스를 제공 중이다.

<그림 2-19> Drawn사의 가구제조용 대형 3D 프린터, Galatea



자료 : Drawn사 홈페이지, www.drawn.fr/en/

9. Prismalab China(중국)²⁵⁾

2005년에 설립된 Prismalab China Ltd는 중국 상하이에 소재하고 있으며, 광

23) Drawn사 홈페이지, www.drawn.fr/en/
24) http://www.3ders.org/articles/20140623-french-startup-3d-prints-your-furniture-using-large-scale-3d-printer.html
25) Prismalab China 홈페이지, www.prismalab.com

제공하고 있다.

1미터 이상의 대형 사이즈 출력이 가능한 초대형 산업용 FDM 방식의 3D 프린터인 BigRep ONE V3는 2016년 German Design Award를 수상한 제품으로 경쟁사인 스트라타시스 장비보다 더 큰 빌드 볼륨(Build Volume)을 갖고 있으면서도 가격은 10분의 1 수준이며, 끊김 없이 한 번에 대형 사이즈를 출력할 수 있다는 점이 장점이며, 자동차나 자동차 부품 시장, 내구성 강한 의자나 긴 테이블 같은 인테리어용 소품 제작 시장이 대상 시장이다.

최대 출력물 사이즈가 1147 x 1000 x 1188 mm(1.3m³), 해상도 100micron ~ 1mm, 두 개의 익스투루더를 사용하며 PLA, ABS, PVA, HDPE, PC, NYLON, TPE, LAYWOOD, LAYBRICK 등을 원료로 사용하고, 가격은 39,000 달러, 무게가 200kg이다.

<그림 2-21> BigRep GmbH사의 BigRep ONE V3



자료 : BigRep GmbH사 홈페이지, https://bigrep.com/

26) BigRep GmbH 홈페이지, https://bigrep.com/
27) 대형 사이즈 출력이 가능한 3D 프린터 'BigRep ONE'. 3D 프린터 공작소, 2014년 4월

<표 2-3> BigRep GmbH사의 BigRep ONE V3 사양

Build volume	x 1005 y 1005 z 1005 (mm)
Layer resolution	400 - 900 microns / *150 - 400 microns *0.5 mm nozzle optional
Extruder	Two modular extrusion heads
Printing technology	FFF- Fused-Filament-Fabrication (FDM)
Certified materials	BigRep PLA, BigRep PRO HT, BigRep PRO HS, BigRep PETG Other filaments on request.
Support materials	BigRep PVA
Heating strategy	60-80°C
Printer weight	Approx. 460kg
Size	x 1850 y 2250 z 1725 (mm)
Power	208V-240V, 16A, 50/60Hz
Safety Certifications	CE approved
GUI	Onboard with touch panel PC

자료: BigRep GmbH사 홈페이지, <https://bigrep.com/>

11. German RepRAP GmbH(독일)²⁸⁾

뮌헨 근교의 Feldkirchen에 위치한 German RepRap GmbH는 원래 2010 년에 RepRap Foundation(GRRF)으로 설립되었으며, 이후 RepRap 기술 (Fused Filament Fabrication)을 기반으로 한 3D 인쇄 솔루션은 물론 필라멘트, 소프트웨어 및 액세서리를 제공하고 있으며, German RepRAP GmbH는 시장에서 업계 요구 사항에 맞는 RepRap 기반의 대면적 3D 프린터인 X1000을 독일에서 제공 한 최초의 회사이다.

German RepRAP GmbH사의 X1000은 400 Kg의 무게이며, 최대 1,000 X 800 X 600 mm 크기의 출력이 가능하며, 최소 적층 높이가 0.1mm까지 가능하며, 기본 노즐은 0.8 mm이나 0.4, 0.6, 1.0 mm 노즐도 옵션으로 선택 가능하며, 듀얼 익스투루더 구성도 가능하며, 가격은 약 6,000만 원 정도이다.

28) German RepRAP GmbH 홈페이지, www.germanrepprap.com

<그림 2-22> German RepRAP GmbH사의 X1000



자료: German RepRAP GmbH사 홈페이지, www.germanrepprap.com

<표 2-4> German RepRAP GmbH사의 X1000 사양

Build envelope (XxYxZ)	1000 x 800 x 600 mm / 39.4 x 32 x 23.6 in (depending on equipment)
Print speed	10 - 150 mm/s
Travel speed	10 - 300 mm/s
Layer height (min)	0.1 mm (depends on nozzle)
Filament / Nozzle diameter(standard)	1.75 mm / 0.8 mm
Available Nozzles	0.4 / 0.6 mm
Filament	* PLA, PVA, PET-G ** Carbon20, TPU64D, TPU93, Laywood, Laybrick *** ASA, Performance ABS, PC, ESD ABS
Options	Heated print bed, DD3 dual extruder, CO2 fire extinguishing system
File transfer	LC Touch Display, network based printing via Wifi, Ethernet
Software	Simplify3D
Power consumption (max)	2500 W
Operating voltage*	3phase current 400V (CEE 3L+N+PE)
Dimensions(BxTxH)	1725 x 1500 x 1320 mm / 67.9 x 59.0 x 52 in
Weight ca.	400 kg / 881.85 lbs
Technology	FFF (Fused Filament Fabrication)

자료: German RepRAP GmbH사 홈페이지, www.germanrepprap.com

12. Builder 3D Printers(네덜란드)^{29),30)}

Builder 3D Printers의 Builder Extreme 시리즈는 가장 신뢰할 만한 Dual-Feed 대형 FDM 방식 3D 프린터로 가장 복잡한 프로토타입을 최고의 품질로 출력 가능하다.

Builder 3D Printers의 Builder Extreme 2000 모델은 최대 1010 x 1180 x 2300 mm까지 출력 가능하며, 통합 heated bed, Dual-Feed extruder, on-board camera, 와이파이가 같이 제공된다.

Builder 3D Printers의 Builder Extreme 시리즈는 큰 인쇄량에도 불구하고 인쇄 품질에는 손실이 없고, 200-800 시간의 장시간 인쇄에도 문제가 없다.

<그림 2-23> Builder 3D Printers의 Builder Extreme 2000



자료: Builder 3D Printers 홈페이지, <http://builder3dprinters.com>

29) Builder 3D Printers 홈페이지, <http://builder3dprinters.com>

30) Builder 3D Printers Launches Massive Extreme 1500 Industrial Printer, 3dprint.com, 2016. 11. 15

13. LafargeHolcim(프랑스 + 스위스)³¹⁾

Lafarge와 Holcim의 합병으로 2015년 설립된 글로벌 건축 자재 및 솔루션 회사인 LafargeHolcim은 건물, 인프라, 유통, 석유 및 가스, 저렴한 주택 및 건설 시스템과 같은 혁신적인 시멘트, 콘크리트 및 골재 솔루션을 가지고 있으며, 80개국에 9만 명의 직원이 있다.

LafargeHolcim은 대형 3D 프린터 시스템 제조로 경쟁력이 큰 프랑스 벤처기

31) LafargeHolcim 홈페이지, www.lafargeholcim.com

업 엑스트리리(XtreeE)와 파트너십을 체결하여 3D 프린터 기술로 콘크리트 대형 건축물을 짓는 기술을 확립하였다.

LafargeHolcim은 콘크리트를 건축 자재를 3D 프린터에 사용하여 프랑스 엑상프로방스에 있는 한 중학교 운동장에 지은 구조물 지붕을 지탱하는 높이 4m 크기의 기둥과 일드프랑스 주를 위한 건축물(파빌리온)의 인테리어를 2016년에 건축하였다.

<그림 2-24> LafargeHolcim의 대형콘크리트 구조물



자료: 3D 프린터로 '대형 콘크리트 건축물' 짓는 기술 등장, 나우뉴스, 2016. 9. 21

제3절 국내기업 동향

1. 5000도씨^{32),33)}

5000도씨는 DMD방식 금속 3D 프린터를 개발 중인 2015년 7월 설립된 경기 의왕시 소재 스타트업 회사로 기존 금속 3D 프린터와 다른 방식으로 국산화하여 대형금속조형품, 대형금속부품 등 다양한 금속 형상을 DMD금속 3D 프린터로 출력이 가능하며, 저가형 금속 3D 프린터를 만들어 학교에 보급하고 기계분야, 용접분야 등 다양한 산업분야를 공부하고 있는 학생들이 금속 3D 프린터를 이용한 실습이 가능하게 하고자 하는 목표를 가지고 있다.

5000도씨는 2016년 3월 충남창조경제혁신센터 우수기업으로 선정되었으며, 2016년 중소기업 투자연계형 R&D 사업 및 중소기업 기술개발사업 R&D사업을 수행 중이다.

5000도씨는 2017년 와이어 용융 제조(WAAM) 방식을 이용한 3D 프린터를 개발하였고, 2017년 10월 출시 예정이다. 이 프린터는 자동화 공정에 있는 로봇 팔처럼 생겼으며, 로봇 팔에 아크 용접기를 덧댄 노즐을 부착하여 금속 와이어를 고온으로 녹이지 않고 와이어 끝부분이 바닥이나 출력물에 닿을 때 불꽃이 일면서 녹는 방식을 채택하여 노즐에서 금속 와이어를 녹이려면 섭씨 2000도에 달하는 열을 가해야 하는 발화 위험을 최소화하였다.

<그림 2-25> 5000도씨의 WAAM 방식 금속 3D 프린터



자료: 용접기술로 금속 3D 프린팅 난제 해결, 전자신문, 2017. 7. 28

32) www.theteams.kr/teams/303

33) 용접기술로 금속 3D 프린팅 난제 해결, 전자신문, 2017. 7. 28

동사의 DMD방식 3D 프린터는 기존 용접에서 사용하는 금속 와이어를 재료로 사용해 금속 분말 방식 보다 재료비가 10배 이상 저렴하며 빠른 출력속도를 가지고 있어 대형조형물을 합리적인 가격에 빠른 속도로 제작 할 수 있다. 사용가능 재료는 스틸, 스테인레스, 알루미늄이며 구리, 인코넬 등도 개발 진행 중이다.

그리고 동사는 저가형 금속 3D 프린터를 개발해 금속 공예, 기술 교육, 산업, 건축 등 다양한 분야에 보급할 계획이다.

2. ㈜맥스로텍^{34),35)}

1995년 설립된 맥스로텍은 기계·설비·자동차 업종의 금속공작기계(절삭가공전용기, 조립가공전용기, 유니트), 산업용 로봇(갠트리로봇), 자동차엔진용 부품 제조 사업을 하는 코스닥 상장기업으로, 자본금은 약 127억원, 매출액은 약 401억 원, 사원수는 121명이다.

맥스로텍이 2017년 개발한 금속3D 프린터는 세계 최고 사양의 제품으로 항공과 발전 등 세밀하고 정교한 금속부품을 단시간 내에 만들어 낼 수 있으며, "4킬로와트(kW)의 고효율 레이저가 금속분말을 통해 컴퓨터3D로 만들어놓은 형상을 시간당 2kg에 달하는 부품을 구현할 수 있으며, 속도뿐만 아니라 뛰어난 정밀도와 후처리 기술력도 갖추고 있다.

특히 표면오차로도 볼 수 있는 표면정밀도는 7마이크로미터(μm ·1 μm 는 100만분의 1m) 수준으로 30 μm 수준 인 해외 경쟁 제품보다 뛰어나며, 사람 머리카락이 50~70 μm 인 점에 비해 10분의 1 정도에 불과하다. 밀링, 드릴링, 절삭 등 후처리 기술 옵션만 16가지 이상을 동시에 실행할 수 있다. 제품을 만들고 후처리 가공을 하는 이중 작업을 피할 수 있는 복합형 머신이다.

<그림 2-26> 맥스로텍의 레이저 소결 방식 금속3D 프린터



자료: 3D 프린터로 항공 프리미엄 부품 만든다, 매일경제, 2017. 9. 12

3. ㈜오티에스^{36),37)}

오티에스는 경기도 고양시에 소재한 기업으로 국내 최초로 델타형 3D 프린터 상용화에 성공하였으며, 건축용 3D 프린터, 대형 DLP, 신소재 바이오, 드론의 연구개발에 이어 최첨단 SLS와 3D 프린터로 만든 전기 자동차까지도 개발 중에 있다.

오티에스는 2015년 5월 한국건설기술연구원에서 진행하는 3D 프린터와 관련된 협력업체로 선정되었으며, 창조경제혁신센터와 함께 하는 국공립학교(특성화 학교)의 3D 교육을 두랩(DOOLAB) 교육원에서 매년 상반기와 하반기에 걸쳐 진행 중이며, Doolab은 넓은 작업 공간과 3D 프린터, 레이저 커팅기, CNC, 제작공구를 완비하여 교육 및 셀프 제작이 가능한 공간이다.

34) 맥스로텍 홈페이지, www.maxrotec.com

35) 3D 프린터로 항공 프리미엄 부품 만든다, 매일경제, 2017. 9. 12

36) 오티에스 홈페이지, www.3dthinker.com

37) 건축용 대형 델타방식 3D 프린터의 선두기업 오티에스, 시사코리아, 2017. 9. 18

〈그림 2-27〉 오티에스의 건축용 대형 델타방식 3D 프린터



자료: 건축용 대형 델타방식 3D 프린터의 선두기업 오티에스, 시사코리아, 2017. 9. 18

4. (주)모멘트^{38),39),40)}

2014년 설립된 (주)모멘트는 서울 구로구에 소재해 있으며, 3D 프린터 개발 및 제조 전문 기업이다.

2015년 출시한 첫 제품인 ‘모멘트’는 높은 출력 안정성과 퀄리티를 인정받아 국내 초등학교 250개 이상에서 사용되고 있으며, 전 세계 20개 국가에서 판매 계약이 진행되는 등 글로벌 시장에서도 품질을 인정받고 있다.

2016년 출시한 ‘모멘트2’는 제작 가능한 제품 사이즈가 기존 제품의 2배 이상으로 증가해 더욱 다양한 분야에 폭넓게 활용될 수 있으며, 제작 가능 사

이즈는 X, Y, Z축 각각 310, 300, 320mm로 건축, 전자, 금속 등 보다 전문적인 산업분야에서 적극 응용될 수 있으며, 무엇보다 자동차 산업과 같은 전문적인 제조업 분야에서의 활용도가 크게 증가할 것으로 예측된다.

‘모멘트2’는 기본적인 PLA와 ABS부터 고무 성분이 함유된 Flexible 필라멘트나 Wood 필라멘트까지 다양한 종류의 소재를 지원해 원하는 형태로 제품 제작이 가능한 것이 특징이며, 대형 모델 제작을 위해 필수적인 높은 수준의 안정성과 완성도도 확보하였다.

300mm 이상의 모델을 출력하기 위해 짧게는 30시간부터 길게는 100시간 이상 출력해야 하는 것이 일반적인데다가, 현재 시중에 유통 중인 3D 프린터의 경우 노즐 막힘이나 출력 중 휨 현상으로 인해 안정성 측면에서 많은 문제를 안고 있어서 대형 제품의 출력 퀄리티가 소형 제품에 비해 떨어지는 모습을 보인다.

이에 반해 모멘트2는 기존 3D 프린터 모델의 단점을 극복, 대형 제품의 정밀도와 완성도를 크게 끌어 올렸으며, 기존 모멘트 모델의 노즐을 업그레이드한 특수 노즐을 적용했을 뿐 아니라, LM가이드, 알루미늄 프레임 등 안정성 높은 출력을 위한 부품들을 사용해, 대형 제품 출력 시에도 기존 모멘트 모델이 지닌 높은 안정성과 출력 퀄리티를 구현하였다.

동 제품은 풀컬러 터치스크린, 실시간 카메라, 필라멘트 감지 센서 등 사용자 편의를 위한 다양한 기능이 추가돼 주목받을 만한 산업용 대형 3D 프린터를 완성했다는 평가를 받고 있다.

모멘트2의 사용 고객 중 하나인 전라북도 전주에서 3D 프린팅 전문 센터인 3D 쿠키 전주센터에 따르면, 제작 사이즈가 300mm가 넘는 대형 제품임에도 안정성과 출력 품질이 탁월해 직원들이 가장 애용하는 3D 프린터 중 하나라는 좋은 평가를 받았다.

38) 모멘트, 대형 제품 출력 가능한 3D 프린터 ‘모멘트2’ 출시, 이뉴스투데이, 2016. 7. 26
 39) 대형 3D 프린터 모멘트2, 안정성 및 품질 높은 평가, KNS뉴스통신, 2016. 10. 14
 40) 모멘트 홈페이지, www.moment.co.kr

〈표 2-5〉 모멘트의 모멘트2 사양

제품 사이즈	535mm x 530mm x 690mm
제품 무게	34KG
제품 본체 재질	알루미늄, PVC, PA66
박스 포함 총 무게	43KG
Input	AC 100~240V, 8A (50 ~ 60Hz)
Output	DC 24V / 25A
출력 방식	Fused Filament Fabrication (FFF)
출력 사이즈	310mm x 295mm x 320mm
노즐 직경	0.4mm / 0.6mm
필라멘트 직경	1.75mm
출력 속도	30~150mm/sec (Full speed 300mm/sec)
출력 정밀도	0.05~0.3mm (0.6 노즐 사용시 0.1mm~0.5mm)
프린터 정확도	12 micron in X,Y 0.625 micron in Z
재질	Moment Special 재질링 시스템
베드판	워트베드 / 유리 (Up to 110C)
익스트루더	싱글 익스트루더 (Up to 260C)
냉각 시스템	Moment Special 환풍 시스템
필라멘트	PLA / ABS / Flexible / Wood / etc.
사용 환경 온도	10C ~ 25C
보관 온도	0~ 38C
기본 소프트웨어	Full license Moment Simplify3D
연결 방식	WiFi, Ethernet, USB Memory, USB Cable
카메라	Web 카메라 탑재
LCD / 컨트롤	Sinch Full color Touch Screen
소프트웨어 호환	Windows XP 이상 / Mac OS X 10.6 이상 / Ubuntu Linux 12.10 이상 / OpenGL 2.0 capable system
파일 포맷	(.stl, .obj)

자료 : (주)모멘트 홈페이지(www.moment.co.kr)

5. 프리폼연구소⁴¹⁾

2004년 설립된 프리폼연구소는 2015년 벤처기업 인증을 받았으며, 지난 12년 동안의 프리폼워크샵을 통해서 한국 건축계에서 비경험건축디자인을 주도하였으며, 2016년 7.3M급 대형3D 프린터 LC7300를 개발하였다.

2017년 5월 미국 나사에서 진행되는 센테니얼 챌린지 식민지 3D 프린팅 건설 프로젝트 2차대회⁴²⁾에서 한국대표 Moon-x 팀의 일원으로 프리폼연구소에서 직접 설계, 제작한 루나콘크리트 3D 프린터(프리폼 NASA1600)를 가지고 현무암질의 월면 복제토와 재활용플라스틱의 한 종류인 LDPE를 재료로 해 노즐로

사출해내는 ‘일체형 적층식 3D 프린팅’ 기술로 60cm에 달하는 구조물을 만들어 2차 대회 우승하였다.

LC7300은 이동식편선을 출력할 수 있는 7.3m x 3.6m x 3m 출력크기의 초대형 3D 프린터이며, 주요 용도는 이동식편선, 자동차, 대형가구 등이다.

〈그림 2-28〉 프리폼연구소의 프리폼 LC7300



자료 : 프리폼연구소 홈페이지(www.freeform.kr)

프리폼연구소의 AG9600 concrete는 9,600mm급 건축용 센터리 방식 콘크리트 3D 프린터로 46㎡(14평) 정도의 건축물을 콘크리트로 직접 프린팅 시공이 가능한 대형 3D 프린터이며, 주요 사양은 다음과 같다.

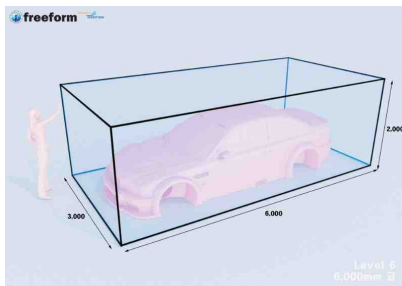
- Machine size: 11,600x 6,350 x 9,750
- Printing size: 9,600 x 4,800 x 4,000
- Power: 220V 60Hz
- power consumption: 6,550w .activate(motor): 6,550w
- Weight : 2,400kg
- Use filament: concrete
- Use nozzle : 100mm
- Use AutoLeveling
- Use touch screen
- Program: Simplify 3D

41) 프리폼연구소 홈페이지, www.freeform.kr
 42) 행정 건축물을 구성하는 구조물의 제작 및 강도 테스트를 통과여부를 기반으로 실대형 구조물의 건축가능성을 판단하는 대회

프리폼연구소의 IC6000 pellet은 6,000mm급 산업용 대형 3D 프린터로 기업에서 생산용으로 사용할 수 있는 ABS펠릿 대형 3D 프린터이며, 주요 사양은 다음과 같다.

- Machine size: 7,143 x 4,188 x 3,199
- Printing size: 6,000 x 3,000 x 2,000
- Power: 220V 60hz
- power consumption: 10,850w
 - .bed heatin: 6,400w
 - .nozzle heating : 3,400w
 - .activate(motor.): 1,050w
- Weight : 1,600kg
- Use filament: ABS pellet
- Use nozzle : 12mm
- Use AutoLeveling
- Use Free adhesive Bed
- Use touch screen
- Slicing Program: Simplify 3D

<그림 2-29> 프리폼연구소의 IC6000 pellet

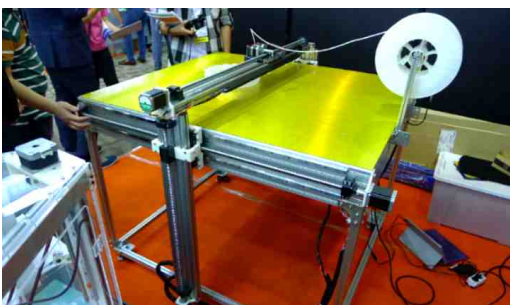


자료 : 프리폼연구소 홈페이지(www.freeform.kr)

2016년 10월 설립된 팽세는 서울대학교 박사들이 FDM 방식의 대형 및 소형 3D 프린터 및 바이오 3D 프린터 개발 및 연구를 위해 설립한 특수목적법인으로 창업하였다.

팽세의 Venti는 대형 3D 프린터로 최대 조형 크기는 1,000 x 1,000 x 600 mm이며, 위치 정밀도가 10마이크론(0.01mm)로 아주 정밀하며, 듀얼익스트루더 조성이 가능하다.

<그림 2-31> 팽세의 Venti 제품



자료 : 팽세 홈페이지, www.pensees.co.kr

8. 국민대학교 3D 프린터융합기술연구센터^{45),46)}

국민대학교 3D 프린터융합기술연구센터는 4차 산업혁명의 핵심기술 중 하나인 산업용 대형 3D 프린터의 개발과 이를 활용한 미래주도건설융합기술을 연구 개발하고자 설립한 연구센터로 다음과 같은 사업을 중점적으로 수행 중임.

- ① 건설용 대형 3D 프린터 연구개발
- ② 3D 프린터로 제작 가능한 각종 건설용 부재 개발
- ③ 3D 프린팅 폼라이너를 이용한 미관창출 콘크리트 먼처리 기술 개발
- ④ 3D 프린팅 보호외피를 이용한 콘크리트 열화 저감 기술 개발

6. 3D엔터⁴³⁾

2012년 12월 설립된 3D엔터는 대형 FDM 방식 3D 프린터 주문 제작 전문 회사로 2013년 12월 국내 최초로 X:1,000 Y:400 Z:400 크기의 출력이 가능한 대형 FDM방식 3D 프린터를 공급한 바 있다.

3D엔터의 3D ENTER Cross D500은 제품 중량은 110 Kg, 출력 크기는 510 x 510 x 500 mm ~ 최대 2,000 x 1,000 x 1,500 mm이며, 압출기는 싱글 다이렉트 방식이며, 노즐 크기는 0.7 mm가 기본 장착되어 있고, 0.4 mm, 1.0 mm 노즐을 옵션으로 선택 가능하며, 출력속도는 50-150 mm/ sec이며, 사용 가능한 필라멘트의 재질은 PLA, PETG, Nylon, PVA, ABS, WOOD 등이 있다.

<그림 2-30> 3D엔터의 3D ENTER Cross D500



자료 : 3D엔터 홈페이지(http://3denter.co.kr/)

7. 팽세(Pensees Inc.)⁴⁴⁾

43) 3D엔터 홈페이지, http://3denter.co.kr/

44) 팽세 홈페이지, www.pensees.co.kr

⑤ 향후 FDM 콘크리트 3D 프린터 및 메탈 3D 프린터 연구개발

⑥ 대형 3D 프린터 활용기술 컨설팅 및 관련 세미나 개최

건설용 부재를 제작할 수 있는 대형 3D 프린터 'K-Big3DP'는 2018년도 상용화 목표로 연구개발 수행 중이며, 벽체 미관창출용 '콘크리트 폼라이너'와 콘크리트 열화 저감용 '콘크리트 보호외피', 건설분야에 활용 가능한 다양한 3D 프린팅 비구조부재 및 구조부재를 출력 가능하며, 가로 2m, 세로 2m, 높이 3m의 어떠한 형태의 대형 입체 구조체도 제작할 수 있는 기능을 보유하고 있다.

기존의 재료 필라멘트 공급 제작방식을 탈피하여 플라스틱, ABS 등 일반 플라스틱이나 유리섬유, 탄소섬유 등 강화섬유를 혼입한 강화 플라스틱의 원재료를 혼합·용융하여 제작하는 프린터 헤드를 개발하여 산업용으로 빠른 속도로 제작 가능하며, 원격지에서 디자인 데이터를 전송받아 볼드 없이 대형 구조체 제작이 가능하다.

높은 부재(5m 높이) 제작용 가로세로 1m, 높이 5.3m에 달하는 델타방식 초대형 3D 프린터 'K3DP Delta 5300'는 0.9mm 대형 노즐을 사용해 기존의 공정시간을 최대 네 배까지 단축할 수 있으며, 현재 3D 프린터로 제품을 생산하는 데 큰 어려움 중 하나는 원료를 사출하는 '헤더'가 막히는 현상을 해결하기 위해 장 교수는 재료에 가장 적합한 용융점(녹는점)을 찾아 적용하는 '스마트 온도제어 시스템'을 도입하여 최적의 온도에서 원료를 사출해서 제품의 표면 질감이 깔끔해지고 원하는 재질감을 표현할 수 있다.

45) 2017 국토교통기술대전, 국토교통부, 2017년 5월

46) 국민대, 중대형 3D 프린터 첫 개발, MK뉴스, 2016. 6. 23

<그림 2-32> 국민대학교의 K3DP Delta 5300



자료 : 2017 국토교통기술대전, 국토교통부, 2017년 5월

9. 인스텍(InssTek) 47,48,49,50,51,52

2001년 원자력연구소에서 분리 설립된 인스텍은 대전에 위치하고 있으며, 대부분의 금속 3D 프린팅 기업이 사용하는 선택적 레이저 용융(SLM) 방식이 아닌 국내 최초로 DMT(Direct Metal Tooling) 방식의 금속 3D 프린팅 기술 개발에 성공한 기업으로 2015년 3억 원에 불과했던 매출을 2016년 총 50억 원까

47) 선두훈 인스텍 대표, 전자신문, 2017. 2. 19
 48) 인스텍, 40억 원 투자 유치, 뉴스타운경제, 2017. 6. 8
 49) 무한한 3D 프린팅...4m 금속 구조물은 우리뿐, 경향비즈, 2016.12.05
 50) 장생의 3D 프린터 블로그, http://blog.naver.com/cjysy7/220514392351
 51) 인스텍 홈페이지, www.instek.com
 52) 20년 한을물, 일본 대기업들은 서정훈 인스텍 사장, 한국경제, 2014. 9. 9

지 끌어올리며 금속 3D 프린팅 분야에서 두각을 나타내고 있으며, 특히, 정밀 기계 분야 선진국인 독일과 러시아에 성공적으로 장비를 수출하며 우주항공, 의료, 자동차 분야에서 역량을 인정받고 있다.

인스텍의 3D 프린터 'MX-그란데'는 직접적층 방식으로 최대 4m×1m×1m 크기의 초대형 금속 구조물을 제작할 수 있으며, 복잡하고 다양한 색깔이 들어가는 대형 금속물을 출력할 수 있다.

<표 2-6> MX-Grande 제품 사양

Laser	5 kW Ytterbium Fiber Laser
Motion	6 Axis
Dimension	• 3 axis mode: 2,000 x 1,000 x 1,000 mm • 3 axis machine: 4,000 x 1,000 x 1,000 mm
Weight	17,500 kg
System	PC-based Control System with 17" Touch Screen A & C, Tilt & Rotation, U Rotation • A & C Axis :-100° up to +5° / 360° • Tilt & Rotation : ϕ550 (mm) (5 axis) • U Rotation : max 12.5 RPM / ϕ650 mm
Software	Magics for InssTek Software for DMT Process Only
Module	Standard DMT module 1200
Optional	• DMT Close Loop Feedback Control System • Auto-tracking System with Semi Teach-to-learn Function • Max. 3 Powder-feeding Systems *Options can be added up to three

자료 : 인스텍 홈페이지, http://www.instek.com/

일반 금속 파우더를 사용하므로 가격 경쟁력이 있고, 별도 열처리 없이도 강도와 경도를 유지할 수 있어, 자동차 전장금형, 항공기 엔진 제생, 인공 관절 생산 등에 사용되며, 사용 가능한 소재는 스틸, 니켈, 코발트, 구리, 알루미늄 등 다양하다.

<그림 2-33> 인스텍의 DMT 방식 3D 프린터 제품



자료 : 장생의 3D 프린터 블로그, http://blog.naver.com/cjysy7/220514392351

10. 센트롤5354

센트롤은 1998년 2월 일본 와콤사와 한일 합작으로 CNC 사업을 위해 한국 와콤전자(주)를 설립하고, ㈜글라스올을 분할하여 3D 프린터 사업을 위해 ㈜센트롤을 설립하였으며, 2013년 12월에 ㈜아루미인터네셔널 인수 및 LED 사업을 추가하였으며, 1984년 대한민국 최초로 CNC를 개발하여 30여 년간 각종 기계 개발 혁신에 크게 기여하여 대한민국 CNC의 역사와 함께 해왔으며, 공장기계, 산업기계 분야는 물론 미래의 인재를 양성하는 교육 분야에 이르기까지 국내외에 공급하던 높은 신뢰성과 기술력을 널리 인정받은 CNC 전문업체로 성장해 왔다.

2015년 세계적으로 주목을 받고 있는 3D 프린터 기술에 착안하여 메탈 3D 프린터에 맞는 CNC를 개발하면서 자체 산업용 3D 프린터 기계 개발에 성공하였으며, 현재 주물용 3D 프린터를 비롯하여 PLASTIC 및 METAL용으로 자동차, 항공기, 발전기 및 의료, 방위산업 등 다양한 분야에 적합한 3D 프린터를 제공 중이다.

센트롤은 최대 길이 1미터에 달하는 대형 부품까지 출력할 수 있는 바인더 젯(Binder Jet) 방식 3D 프린터를 2017년 8월 출시하였으며, 바인더 젯 방식은 분말 소재를 이용하며, 분말을 얇게 쌓고 접착제를 뿌려 원하는 형태를 만들어 내며, 1024개 노즐이 동시에 접착제를 뿌려 속도가 빠르다. 세라믹과 시멘트,

53) 센트롤, 국산 3D 프린터로 제조업 부활 다짐, 전자신문, 2017. 5. 9
 54) 센트롤 홈페이지, http://sentrol.net

철까지 소재로 쓸 수 있고, 출력물 크기도 최대 길이 1미터가 넘어서 내부 구조가 복잡한 자동차 엔진도 한 번에 출력할 수 있다.

센트롤은 2017년 대형 금형을 하루 만에 찍어내는 산업용 주물사 3D 프린터 (모델명 SENTROL 3D SS600G)도 출시했으며, 주물사를 세계 최대 수준인 600×400×400mm 크기까지 출력할 수 있으며, 설계부터 제작까지 한 달씩 걸리던 금형 틀을 1주일도 안 돼 만들어 낼 수 있으므로, 생산 대응 속도가 빨라졌고 다품종 대량 생산도 가능하다.

<그림 2-34> 센트롤의 3D SS600G



자료 : 센트롤 홈페이지, http://sentrol.net

11. ㈜이조55

2014년 11월20일에 설립된 ㈜이조는 1m 대형 3D 프린터를 자체적으로 개발해 디자인 가구를 한 번에 출력해내는데 성공했다. 디자인 가구 제작에 사용된 대형 3D 프린터는 1mm 노즐을 사용했으며 플라스틱 수지(PLA)를 압출해 한층 씩 쌓아올리며 제품을 만들어 내는 FDM방식의 대형 3D 프린터이다.

2016년 4월 중대형 3D 프린터 BONBOT5-H5(500500500mm)를 출시하며 3D 프린팅 맞춤형 가구 제작 사업에 뛰어들어 이조는 현재 대형 3D 프린터를 통해 기존의 제작 방식으로 만들기 어려운 다양한 가구를 연구 중에 있다.

55) http://3d.interfo.com/?p=2062

제3장 대형 3D 프린터 시장동향

제1절 3D 프린팅 시장규모

2016년 기준으로 3D 프린터의 주요 활용용도는 산업별로는 기계(19.9%), 항공·우주(16.6%), 자동차(13.8%), 소비재(13.1%) 분야 등에서 주로 활용하였으며, 사용 용도별로는 부품·시제품 등의 제작용도가 전 세계 매출의 50% 이상 차지하고 있다.⁵⁸⁾

<그림 2-35> ㈜이조의 BONBOT5-H5 사양 및 사진

출력방식	FDM
모델재료	PLA, ABS, PET-G, 나일론, PVA, 플렉시블 등
조형크기(mm)	500x500x500
노출직경(mm)	0.6(기본) (교체가능)
제품사이즈(mm)	800x800x1,100
제품무게(kg)	60
운영체제	Window / MAC
프로그램	Pepetier-Host, CURA, Simply 3D
특징	히팅베드, 필라멘트 센서
보증기간	1년



자료 : 이조 홈페이지, <http://3dleejo.mong9.com/>

<그림 3-1> 3D 프린터의 산업 활용분야별·사용용도별 비중



* 출처 : Wohlers Associates('16)

자료 : 2017년 3D 프린팅산업 진흥 시행계획, 관계부처합동, 과학기술정보통신부, 2017. 3. 31.

적층식 제조(3D 프린팅)와 같은 기술은 항공우주 산업에 막대한 영향을 미치며, 적층식 제조는 엔지니어에게 더 많은 설계 자유와 경량 부품 및 부속품 제조의 새로운 혁신적인 설계 및 개념을 위한 길을 열어 줄 첨단 소재 사용 능력을 제공한다. 적층식 제조는 항공 우주 산업에서 주로 비구조 부품(예 : 공기 터브)의 생산을 위해 채택되고 있으며 복잡한 형상의 부품을 만드는 데 적합하다.⁵⁷⁾

3D 프린팅 세계시장 규모는 2015년 51억 달러 규모로, 2019년까지 약 158억 달러 규모로 고성장(CAGR 31%) 전망이며, 기계·항공 분야에 강점을 지닌 미

56) 2017년 3D 프린팅산업 진흥 시행계획, 관계부처합동, 과학기술정보통신부, 2017. 3. 31.

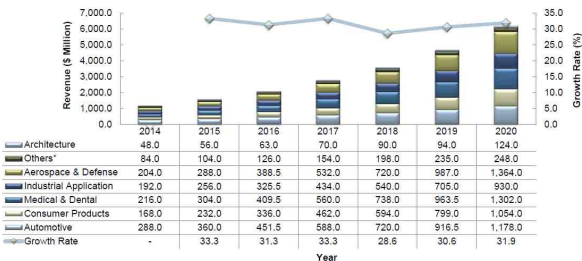
57) Advances in Digital Manufacturing, Frost & Sullivan, July 2016

국이 세계 시장 점유율 1위(38%)이고, 한국은 8위 수준(4%)이며, 3D 프린팅 국내 시장은 2014년 1,815억 원에서 2015년 2,230억 원으로 증가하였고 2019년까지 5,082억 원 규모로 성장(CAGR 22.9%)할 전망이다.⁵⁸⁾

아시아태평양 3D 프린팅 전체 시장은 2015년 16억 달러 규모에서 31.1%의 CAGR로 성장하여 2020년 6.2십억 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다.⁵⁹⁾

자동차용, 항공 및 국방용, 산업용과 같은 대형 3D 프린팅 시장 및 건축용 3D 프린팅 시장으로 2015년 아시아태평양 3D 프린팅 시장 기준으로 자동차용 360백만 달러, 항공 및 국방용 288백만 달러, 산업용 256백만 달러, 건축용 56백만 달러 규모로 추정되고 있으며, 2020년에는 자동차용 1,178백만 달러, 항공 및 국방용 1,364백만 달러, 산업용 930백만 달러, 건축용 124백만 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다.⁶⁰⁾

<그림 3-2> 아시아태평양 3D 프린팅 시장 규모 및 전망(분야별)



자료 : 3D Printing and Its Growing Importance in the Asia-Pacific Manufacturing Industry, Frost & Sullivan, 2016. 11.

제2절 시장 전망^{61),62)}

3D 프린팅 업계 선도 업체인 Stratasys와 3D Systems의 주가는 연초 대비 50% 이상 상승했다. 두 업체는 3D 프린팅을 활용해 직접 서비스 사업에 진출해 시장 규모를 키우는 가운데 산업용 수요 증가, 협력 모델 확대, 신규 제품 출시, 구조 조정 완료 등으로 실적이 개선될 전망이다. 두 업체는 최근 산업용 로봇을 적용한 3D 프린터를 출시해 성장 가능성을 높이고 있다.

3D 프린팅 산업이 최근 다시 주목 받고 있는 이유는,

- ① 3D 프린팅이 스마트 제조업, 스마트 팩토리의 요소로 부각되고 있고,
- ② 글로벌 대표 업체의 3D 프린팅 시장 진입과 함께 다양한 업체가 참여하는 협력 모델을 만들고 있으며,
- ③ 3D 프린터의 가격이 낮아지고 있고,
- ④ 주조와 같은 전통적 방식과 3D 프린팅 기술이 혼합된 제조 방식이 등장하고 있고,
- ⑤ 산업용 로봇에 3D 프린팅 시스템을 적용해 3D 프린터의 한계를 돌파하고 있기 때문이다.

3D 프린팅 기술이 등장한지 30년이 넘었고 여전히 기술이 발전하고 있으며, 그 동안 3D 프린팅의 단점으로 지적됐던 문제들이 이제 하나씩 해결되는 과정에 있어 중장기적인 관점에서 꾸준한 관심이 필요하다. 3D 시스템즈와 스트라타시스 모두 최근 산업용 로봇을 적용해 확장성을 높인 3D 프린터를 출시했다. 로봇을 활용해 속도를 높이고 출력물의 크기 제한에서 벗어나며 품질을 높여 프로토타이핑이 아니라 제품으로 바로 제작할 수 있게 된다.

최근 3D 프린터 장비 가격이 낮아지고 소재도 다양해지고 있으며, 기술 발달에 따라 문제 중 하나로 지적 받았던 프린팅 속도가 개선되고 있다. 또한 제조업의 공정 라인이 단순한 공장 자동화에서 스마트 팩토리로 확장되면서 3D 프린팅 시스템의 역할이 중요해지고 있다.

2016년 기준으로 3D 프린팅 기술이 가장 많이 사용되는 산업 분야는 산업용 기구 제작(20%), 우주항공(17%), 자동차(14%), 소비재(13%), 의료/치과(12%) 등으로 다양하며, 2016년 산업용 3D 프린터 시장 점유율은 스트라타시스가 41%로

61) 다시 주목 받고 있는 3D 프린팅 산업, 한국투자증권, 2017. 6. 27

62) 2017년 3D 프린팅산업 진흥 시행계획, 관계부처합동, 과학기술정보통신부, 2017. 3. 31.

58) 2017년 3D 프린팅산업 진흥 시행계획, 관계부처합동, 과학기술정보통신부, 2017. 3. 31.

59) 3D Printing and Its Growing Importance in the Asia-Pacific Manufacturing Industry, Frost & Sullivan, 2016년 11월

60) 3D Printing and Its Growing Importance in the Asia-Pacific Manufacturing Industry, Frost & Sullivan, 2016년 11월

가장 높다.

최근 들어, GE(General Electronic), 구글, HP, 아마존 등 글로벌 기업이 신규 3D 프린팅 분야에 진출함에 따라 시장 경쟁이 심화될 전망이다.

GE, 항공분야 경쟁력 강화를 위해 금속기반 3D 프린터 제조기업인 스웨덴 아르캠 AB社와 독일 컨셉레이저社를 1조 5,400억 원에 2016년에 인수하였다. 구글은 3D 프린터 제조 카본 3D社에 1,200억 원을 2014년에 투자하였다. HP는 기존 기술에 비해 출력 속도가 10배 빠른 3D 프린터를 2015년에 출시하였다. 아마존은 3D 프린팅 배장을 2015년에 개설하였다.

2014년 Markets and Markets 보고서에 따르면, 향후 가장 큰 성장에 예상되는 산업은 의료·바이오 분야(18.2%)이며, 항공, 소비재, 자동차, 국방 분야 등에서도 10%이상 성장할 것으로 전망이다.

산업 분야별 연평균 성장률(2014년-2020년)은 의료 18.2%, 항공 15.9%, 소비재 15.3%, 자동차 14%, 국방 12.7%, 기계 10.7% 등으로 전망하였다.

미국 기업이 이와 같이 적극적인 공세를 가하는 이유는 3D 프린터가 다양한 산업 분야 내 대량생산하는 데 일대 혁신을 불러오고 있기 때문이다. 산업용 3D 프린터 시장 내 경쟁 격화 양상과 더불어 그 제조사의 수는 지난 2011년 대비 62개사로 2배 정도 성장을 했으나, 그 수는 향후 몇 년간 시장 구조조정으로 인해 뚜렷이 감소할 것으로 예측된다.

GE를 비롯한 대기업의 3D 프린터 시장 내 투자 공세와 더불어 업계 내에서는 이러한 3D 프린팅 보급과 더불어 세계 시장에서 주도권 경쟁이 치열해질 것으로 전망하고 있으며, 소재와 3D 프린팅과의 접합을 통해 새로운 혁신을 선도하는 기업만이 이러한 경쟁에서 살아남을 수 있을 것으로 예상된다.

모바일 기기에서 대형 기계에 이르기까지 3D 프린터는 신소재와 복합적인 구조를 통해 다양한 새로운 접합점을 이끌어 낼 수 있을 것으로 예상된다

한국 기업 역시 날로 성장하는 3D 프린터 제품 개발과 더불어 상용화 및 판로 개척을 통해 시장 내 입지를 마련하기 위한 부단한 노력이 요구되는 시점이다.

제4장 결론 및 시사점

컴퓨터통합생산(CIM)⁶³⁾은 기존 산업 자동화 부문을 파괴시키고 변혁시킬 잠재력이 있으며, 린 제조(lean manufacturing) 및 유연 제조 (flexible manufacturing)와 같은 개념/플랫폼의 융합이다. 빠른 솔루션과 연결성을 제공하는 CIM의 기능은 비용을 줄이고 수익을 향상시키며, Frost & Sullivan 분석에 따르면 디지털 제조의 일부인 컴퓨터통합생산은 2021년에 약 65억 9천만 달러에 달하는 복합 연평균 성장률 7.1%의 비율로 성장할 것으로 추정되고 있다.⁶⁴⁾

미래에는 고급 하드웨어 플랫폼, 시뮬레이션 도구 및 컴퓨터 설계, 컴퓨터 지원 제조, 프로젝트 수명주기 관리 및 오류를 예측하기 위한 사전 설계 구조 및 사전 계획 제조 프로세스에 사용할 수 있는 유사한 기술 솔루션과 같은 기술을 사용하여 시장 성장을 견인할 것이므로 CIM 기술의 일부인 시뮬레이션 설계 및 프로젝트를 관리 도구 시장은 향후 2-5년 동안 계속 성장할 것으로 예측되고 있다.⁶⁵⁾

연결성과 컨버전스는 CIM 기술에 막대한 영향을 미치며, 연결 기능을 사용하면 CAD, CAM과 같은 소프트웨어 기술을 공장 기계와 통합하여 제품 설계를 처리할 수 있고, 고품질 제품의 제조 기술을 향상시키는데 연구 개발 노력을 집중하고 있다.⁶⁶⁾

더욱 환경 친화적이고 안전한 생산 공정을 위하여 새로운 적층형 제조 재료 및 기술의 도입되고 있다.⁶⁷⁾

현재 제조업계에 4차 산업혁명의 바람과 더불어 각국의 경쟁이 치열해지고 있는 가운데, 3D 프린팅 공법은 정밀한 의료용 맞춤형 제품 생산에서 항공기 터빈 등 대형 대량생산에 이르기까지 높은 활용도와 더불어 혁신을 이끌어 내고 있다.

63) 제조, 개발, 판매로 연결되는 정보 흐름의 과정을 일련의 정보시스템으로 통합한 종합적인 생산관리 시스템
64) Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation, 2017, Frost & Sullivan, April 2017
65) Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation, 2017, Frost & Sullivan, April 2017
66) Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation, 2017, Frost & Sullivan, April 2017
67) Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation, 2017, Frost & Sullivan, April 2017

《참고문헌》

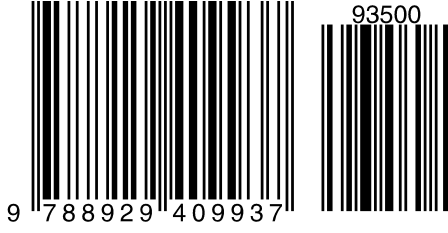
1. <http://www.custompartnet.com>
2. <http://www.etnews.com/20170727000223>
3. <https://xyzist.com/advanced4-pages/flagging-into-3d-print-basic/3d-printing-technologies/fmt-laser-aided-direct-metal-tooling/>
4. <http://www.novint.co.kr/?p=689>
5. PD ISSUE REPORT-3D 프린터 최근 개발동향, 한국산업기술평가관리원, 2015.06
6. 대형 3D 프린터를 이용한 탄소섬유 잠수함 건조, 해외기술동향, CompositeWorld, 2017.7.24
7. <http://www.gereports.kr/cfm-leap-engine-the-power-of-the-future/>
8. “독일, 혁신을 선도하는 3D 프린터 시장의 핵심 이슈”, KOTRA, 2017.5.15.
9. 2017년 3D 프린팅산업진흥 시행계획, 관계부처합동, 2017.3.31.
10. Advances in Digital Manufacturing, Frost & Sullivan, July 2016
11. 독일 3D 프린터 시장의 핵심 이슈, EP&C News, 2017.5.30.
12. 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017.5.7.
13. Top Technologies in Advanced Manufacturing and Automation, 2017, Frost & Sullivan, April 2017
14. 3D 프린팅 산업으로의 진화, TTA Journal Vol. 160, 2015년 7·8월호
15. 3D Printing and Its Growing Importance in the Asia-Pacific Manufacturing Industry, Frost & Sullivan, 2016.11.
16. Future of Manufacturing in Europe, Frost Perspectives, 2016.9.
17. 3D 프린터 기술 적용 개인용 맞춤형 집 짓는다, 국토일보, 2017.2.14.
18. 3D 프린팅 기술의 건설분야 적용가능성, The Magazine of the Korean Society of Civil Engineers, 제62권 제9호 2014년 9월
19. Concept Laser GmbH사 홈페이지, www.concept-laser.de
20. citim AM 홈페이지, www.citim-am.com
21. 올리콘(Oerlikon)사 홈페이지, www.oerlikon.com
22. Arcam AB 홈페이지, www.arcam.com
23. 이번엔 건축이다... 3D 프린터로 ‘찍어낸’ 6층 빌라, 국민일보, 2015.1.20.
24. 중국의 원선, 3D 프린팅 플레이플랜, 2015.10.18.
25. 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017.5.7.
26. 아피스 코어 3D 프린팅 주택, 라디오키즈, 2017.3.24.
27. 속도내는 '3D 프린팅 건설', 한국경제, 2017.5.7.
28. Stratasys사 홈페이지, www.stratasys.co.kr
29. Drawn사 홈페이지, www.drawn.fr/en/
30. <http://www.3ders.org/articles/20140623-french-startup-3d-prints-your-furniture-using-large-scale-3d-printer.html>
31. PrismaLab China 홈페이지, www.prismalab.com
32. BigRep GmbH 홈페이지, <https://bigrep.com/>
33. 대형 사이즈 출력이 가능한 3D 프린터 'BigRep ONE', 3D 프린터 공작소,

2014.4.

34. German RepRAP GmbH 홈페이지, www.germanreprap.com
35. Builder 3D Printers 홈페이지, <http://builder3dprinters.com>
36. Builder 3D Printers Launches Massive Extreme 1500 Industrial Printer, 3dprint.com, 2016.11.15.
37. LafargeHolcim 홈페이지, www.lafargeholcim.com
38. 3D 프린터로 '대형 콘크리트 건축물' 짓는 기술 등장, 나우뉴스, 2016.9.21.
39. www.theteams.kr/teams/303
40. 용접기술로 금속 3D 프린팅 난제 해결, 전자신문, 2017.7.28.
41. 맥스로텍 홈페이지, www.maxrotec.com
42. 3D 프린터로 항공 프리미엄 부품 만든다, 매일경제, 2017.9.12.
43. 오티에스 홈페이지, www.3dthinker.com
44. 건축용 대형 델타방식 3D 프린터의 선두기업 오티에스, 시사코리아, 2017.9.18.
45. 모멘트, 대형 제품 출력 가능한 3D 프린터 '모멘트2' 출시, 이뉴스투데이, 2016.7.26.
46. 대형 3D 프린터 모멘트2, 안정성 및 품질 높은 평가, KNS뉴스통신, 2016.10.14.
47. 모멘트 홈페이지, www.moment.co.kr
48. 프리폼연구소 홈페이지, www.freeform.kr
49. 3D엔터 홈페이지, <http://3denter.co.kr/>
50. 팽세 홈페이지, www.pensees.co.kr
51. 2017 국토교통기술대전, 국토교통부, 2017.5.
52. 국민대, 중대형 3D 프린터 첫 개발, MK뉴스, 2016.6.23.
53. 선두훈 인스텍 대표, 전자신문, 2017.2.19.
54. 인스텍, 40억 원 투자 유치, 뉴스타운경제, 2017.6.8.
55. 무한한 3D 프린팅...4m 금속 구조물은 우리뿐, 경향비즈, 2016.12.05
56. 인스텍 홈페이지, www.insstek.com
57. 20년 한울물, 일본 대기업 뚫은 서정훈 인스텍 사장, 한국경제, 2014.9.9.
58. 센트롤, 국산 3D 프린터로 제조업 부활 다짐, 전자신문, 2017.5.9.
59. 센트롤 홈페이지, <http://sentrol.net>
60. 건설분야 3D 프린팅 동향 분석 및 응용 서비스 모델 제시, 한국기술교육대학교, 2015.3.26.
61. 3D 프린터로 건자재 만들어 건축, MK뉴스, 2017.8.14.
62. 우주산업 현황과 우주건축, LG헬린저스, 2016
63. 다시 주목 받고 있는 3D 프린팅 산업, 한국투자증권, 2017.6.27.
64. 이조 홈페이지, <http://3dleejo.mong9.com/>

비매 품/무료

93500



9 788929 409937
ISBN 978-89-294-0993-7