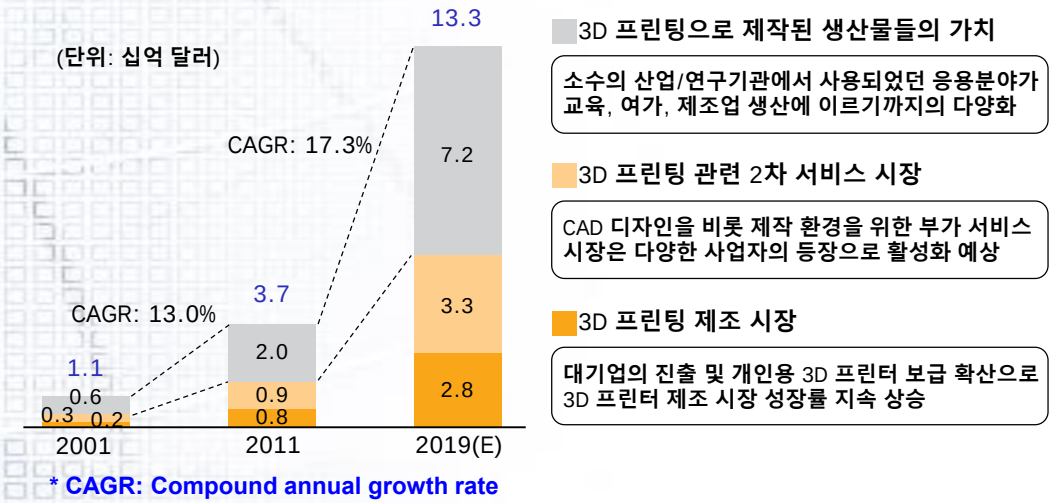
< FDM 3D 프린터의 생산성 및 제조 품질 향상을 위한 적층-절삭 하이브리드 3D 프린터 플랫폼 >

IROL
Intelligent Robotic System Lab.

3D 프린터 전 세계 시장 현황

→ 시장 현황 분석

전세계 3D프린팅 및 관련 서비스 시장규모 전망



* CAGR: Compound annual growth rate

3D 프린팅으로 제작된 생산물들의 가치

소수의 산업/연구기관에서 사용되었던 응용분야가 교육, 여가, 제조업 생산에 이르기까지의 다양화

3D 프린팅 관련 2차 서비스 시장

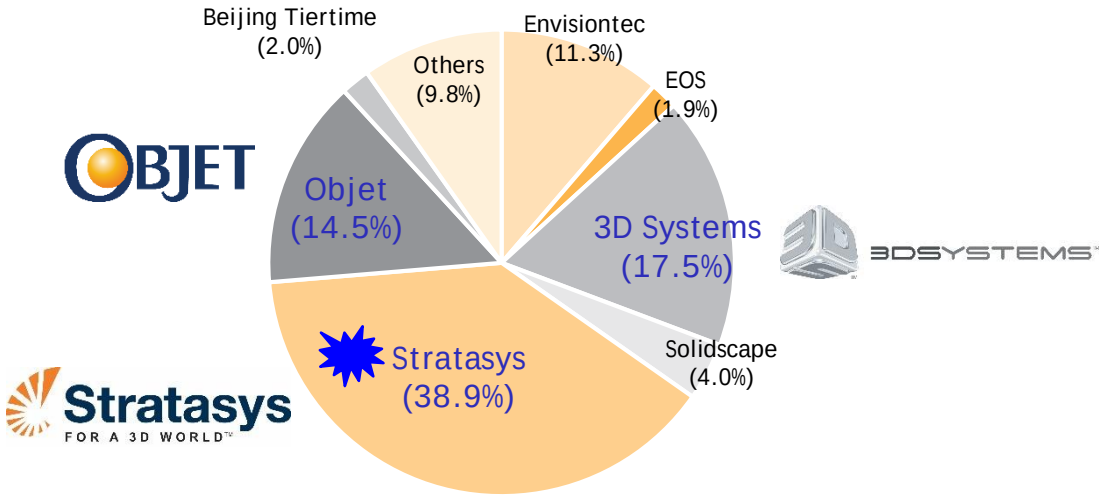
CAD 디자인을 비롯 제작 환경을 위한 부가 서비스 시장은 다양한 사업자의 등장으로 활성화 예상

3D 프린팅 제조 시장

대기업의 진출 및 개인용 3D 프린터 보급 확산으로 3D 프린터 제조 시장 성장률 지속 상승

- 글로벌 3D 프린팅 제조 및 서비스 시장은 2011년 17억 달러에서 **연평균 17.3%씩 성장 中**
- **2019년 3D프린팅 제조 및 제품의 가치를 고려한 시장은 133억 달러 (한화 15조 8,881억)에 달할 전망**
- 관련 특허의 만료, 경제 효과 및 기술 발달로 인한 원가 절감 등의 이유로 **개인용/산업용 3D 프린터 시장 성장이 가속화**되는 추세

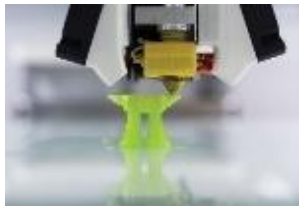
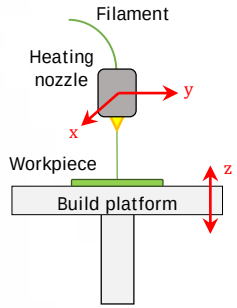
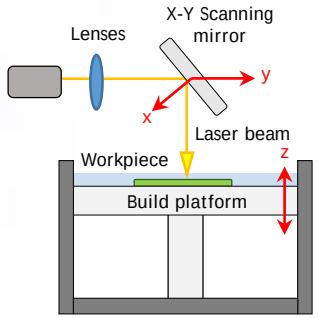
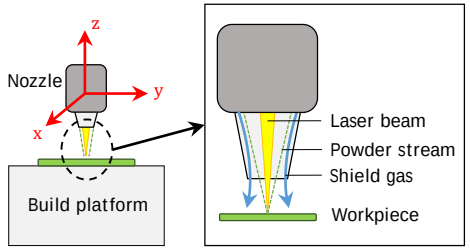
전세계 3D 프린터 시장 점유율



- **미국 Stratasys社(FDM 기술특허 보유) 가 전세계 3D 프린터 시장의 약 39%를 차지**
- **글로벌 선도기업이 핵심 원천기술을 주도 중이며, 국내는 고부가가치 장비 개발을 위해 다양한 기술개발을 진행하는 중**

3D 프린터 종류

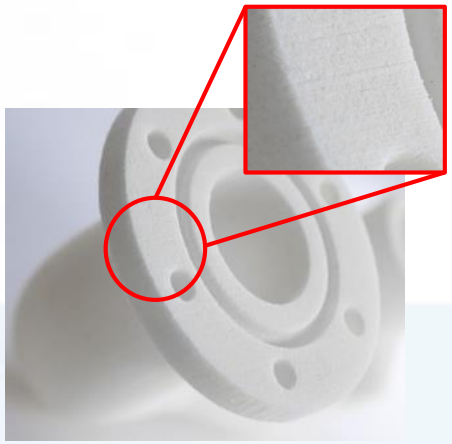
→ 기존 시장 진입 가능성 1

방식	원리	기술 예시	재료
재료압출 방식 (Material extrusion) 		**고온으로 가열한 재료를 노즐을 통해 압력으로 밀어내며 물체를 형상하는 방식**	FDM, FFF	Clay, Food, Metals, Ceramics
분말적층용융 방식 (Powder bed fusion) 		**가루 형태의 원료 위에 고에너지빔을 조사하여 선택적으로 소재를 결합시키는 방식**	SLS, EBM	Metal alloy, Steel, Aluminum, Metal, Ceramic powder
고에너지직접조사 방식 (Direct energy deposition) 		**고에너지원(레이저, 전자빔 등)으로 원 소재를 녹여 부착시키는 방식**	LMD, DMT	Metal

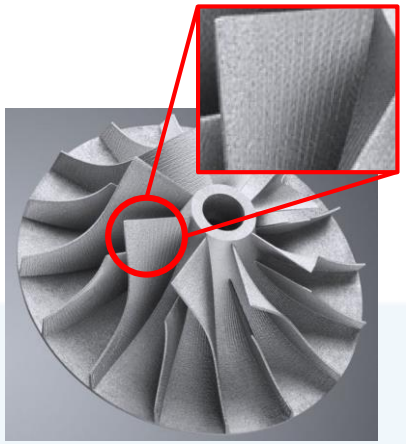
기존 3D 프린팅 기술 한계점, 해외시장 동향

→ 기존 시장 진입 가능성 2

(FDM 방식)



(SLS 방식)



(LMD 방식)

- 낮은 표면 **품질**
- 느린 조형 **속도**
- 제한적인 가공 **재료**

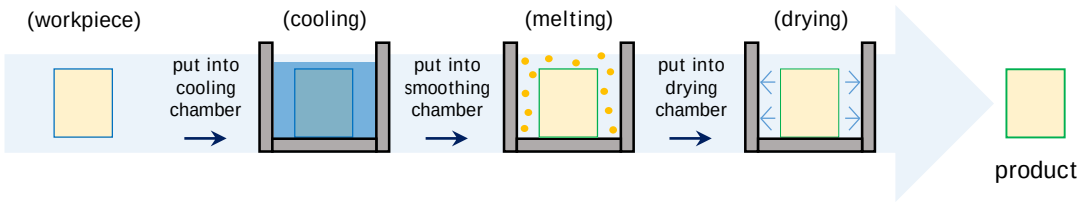
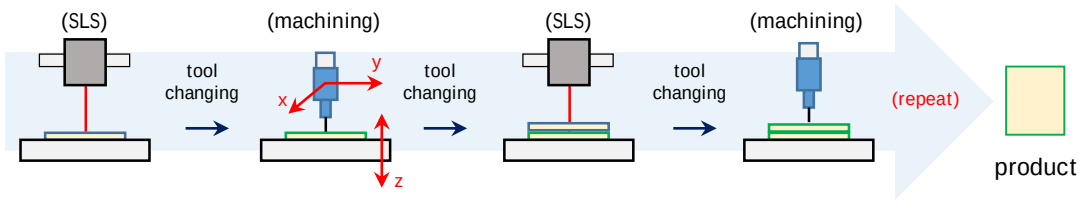
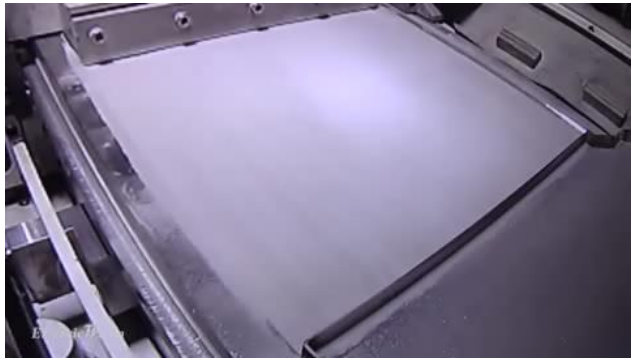
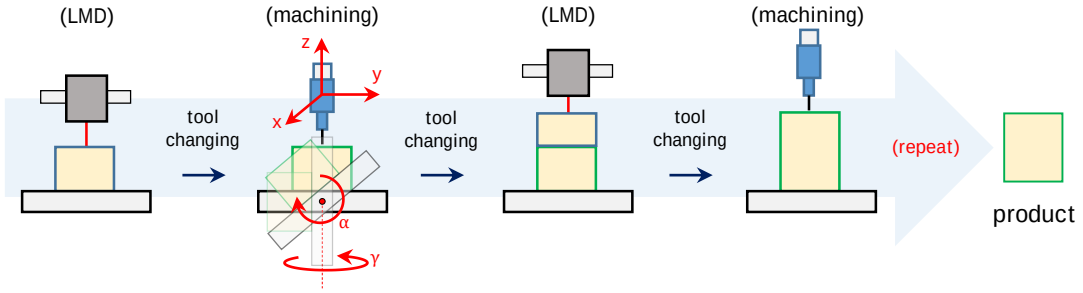
- **고가**의 3D프린터 및 소재
- 가공물 **규모**의 한계

❖해외선진기술 동향

- 전통제조산업(절삭, 용융가공)과의 **융복합화**
- **속도** 및 **정밀도** 개선
- 새로운 **소재** 및 프린팅 **방식**

3D 프린터 종류 별 '표면 품질' 개선을 위한 기술 개발 동향

→ 기존 시장 진입 가능성 3

제조 방식	후 처리 공정	상용 제품	
FDM Fused Deposition Modeling		 Smoothing station (USA, Stratasys社, 2015)	
SLS Selective Laser Sintering		 LUMEX Avance-25 (Japan, Matsuura社, 2015)	
LMD Laser Metal Deposition		 Lasertec 65 3D (Germany, DMG-MORI社, 2016)	

후 가공 기능이 포함된 종래의 복합형 3D 프린터의 문제점 분석

→ 기존 시장 진입 가능성 4

Company	DMG-MORI	Matsuura	Stratasys
Country	Germany	Japan	USA
Model			
	Lasertec 65 3D (DMG Mori LASERTEC 65 3D Hybrid 3D printing technology)	LUMEX Avance-25 (Metal Laser Sintering Hybrid Milling Machine)	Smoothing station
Approximate cost (₩)	250,000,000 (환율 1,000원 기준)	250,000,000 (환율 1,000원 기준)	60,000,000
Type	Laser deposition welding	Selective laser sintering	Chemical treatment
Materials	Metal powder	Metal powder	Engineering plastic
Workspace ratio (%)	0.64	0.11	2.78

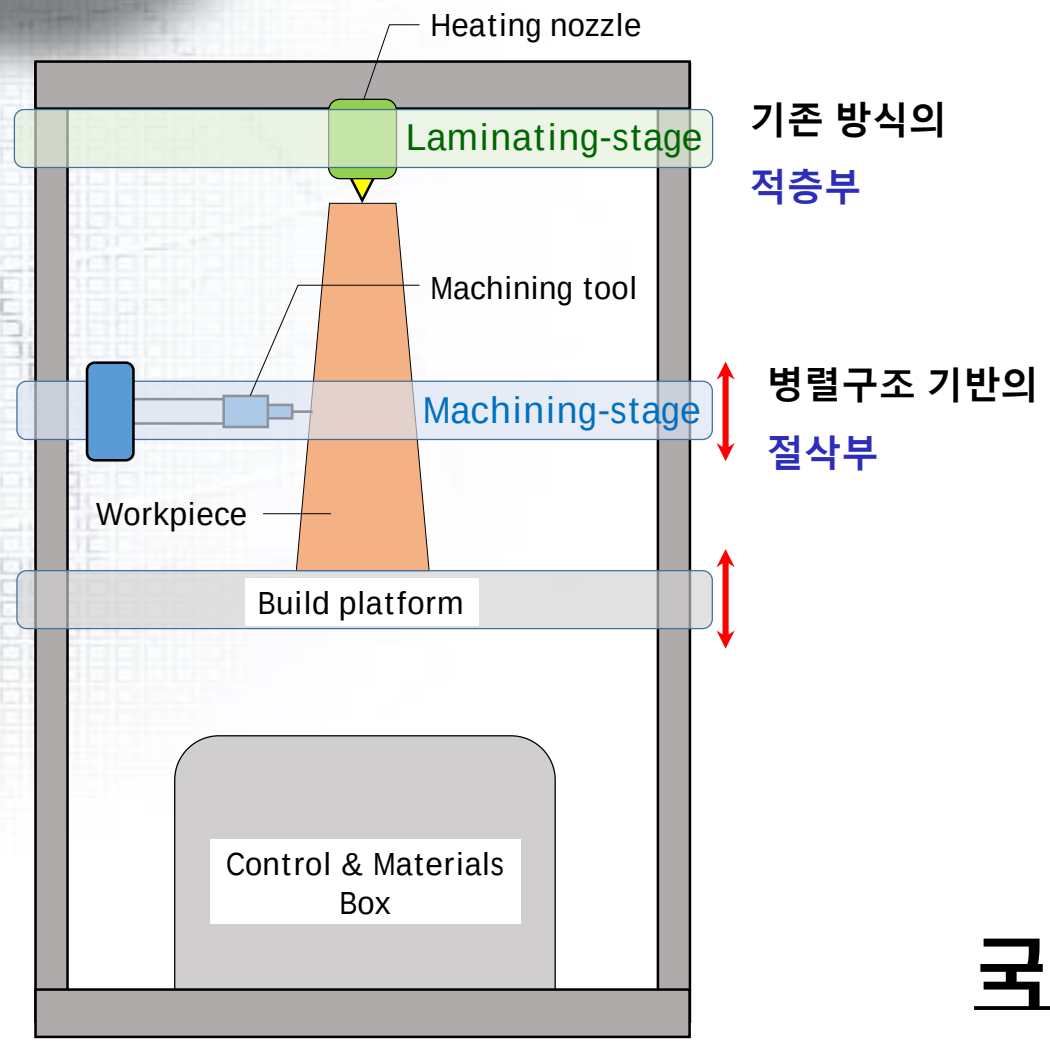
✓두 공정(적층, 후 가공)의 동시 진행이 어려움

✓산업용 기기로써 높은 가격대

✓설치면적 대비 낮은 작업 영역 비

Dual-stage 기반의 하이브리드 3D 프린팅 플랫폼

→ 기술의 원천성 및 우수성 1



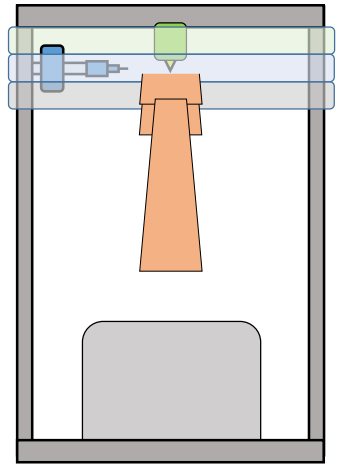
기존 방식의
적층부

병렬구조 기반의
절삭부

Dual-stage 구조를 기반으로

동시 적층-절삭 공정을 구현하여

3D 프린터의 **생산성** 향상

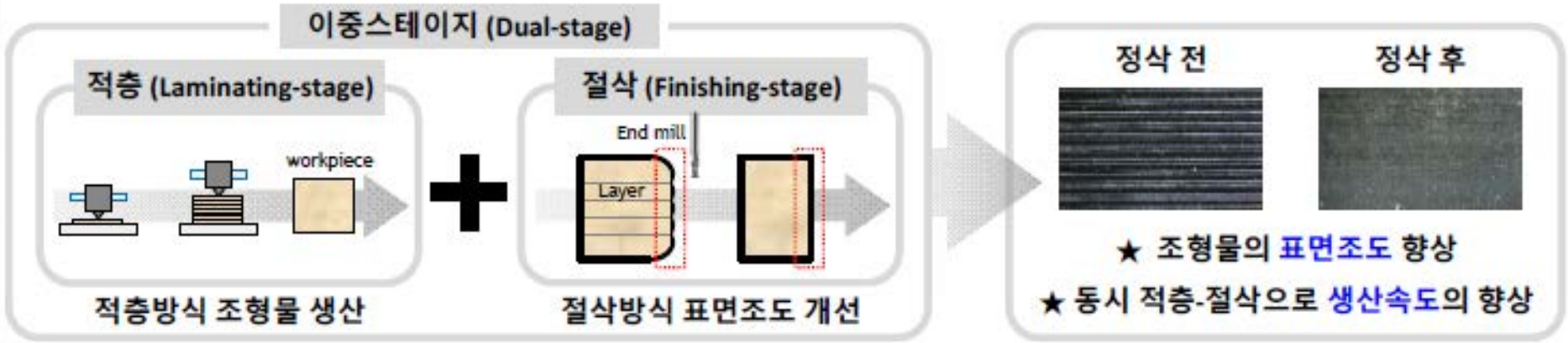


국내 및 해외(미국, 중국) 특허 등록 완료

제안기술의 소개 - 세부 기구구조 및 구동 방식

→ 기술의 원천성 및 우수성 2

▶ 전체 3D 프린터 시장의 가장 높은 시장점유율을 차지하는 **재료압출방식(FDM, FFF)**의 한계점인 "낮은 표면조도, 치수정밀도 및 생산성" 향상을 위한 **적층-절삭 하이브리드 3D 프린팅 플랫폼**

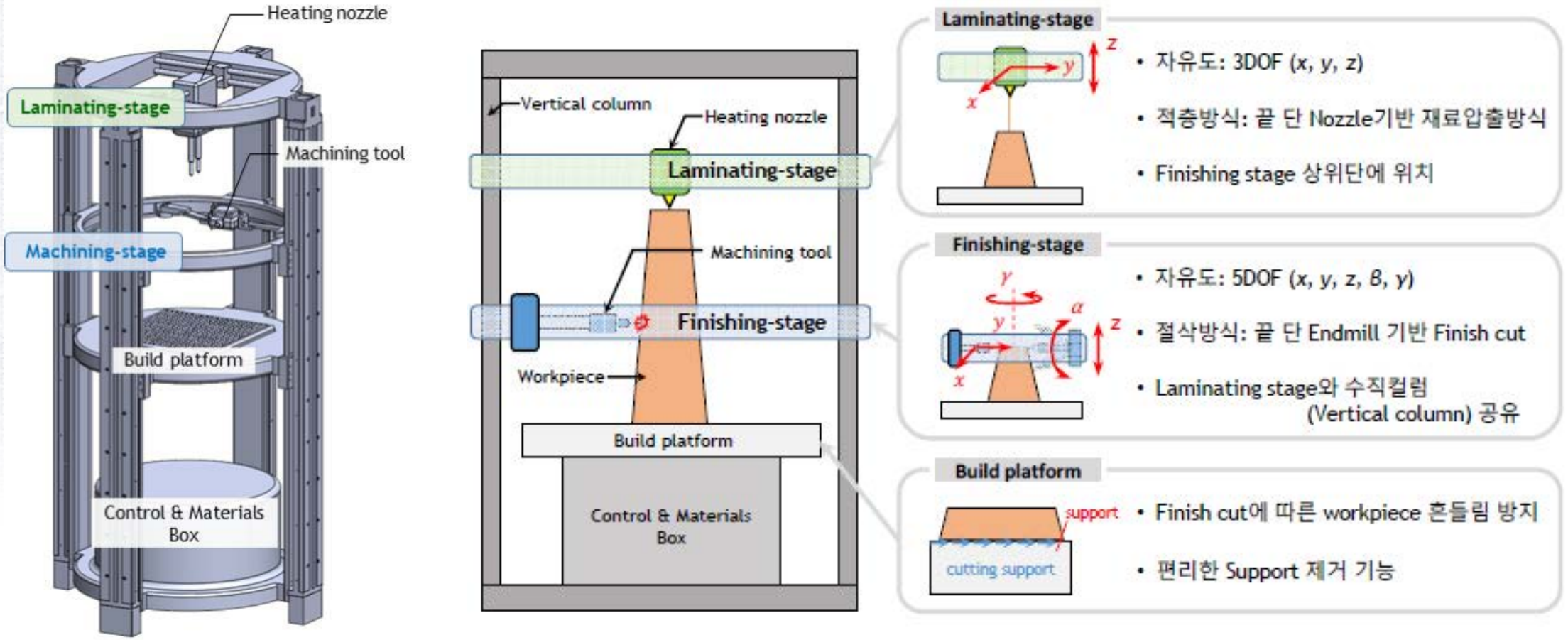


[실제 FDM 프린터의 조형물 절삭방식의 후처리 전과 후 비교]

제안기술의 소개 - 세부 기구구조 및 구동 방식

→기술의 원천성 및 우수성 3

▶ 3D 프린팅을 위한 적층공정과 품질이 불량한 표면의 정삭을 위한 절삭공정을 상호 간섭 및 충돌 없이 동시에 수행할 수 있도록 하는 이중스테이지 구조 기반의 절삭 메터니즘 기술

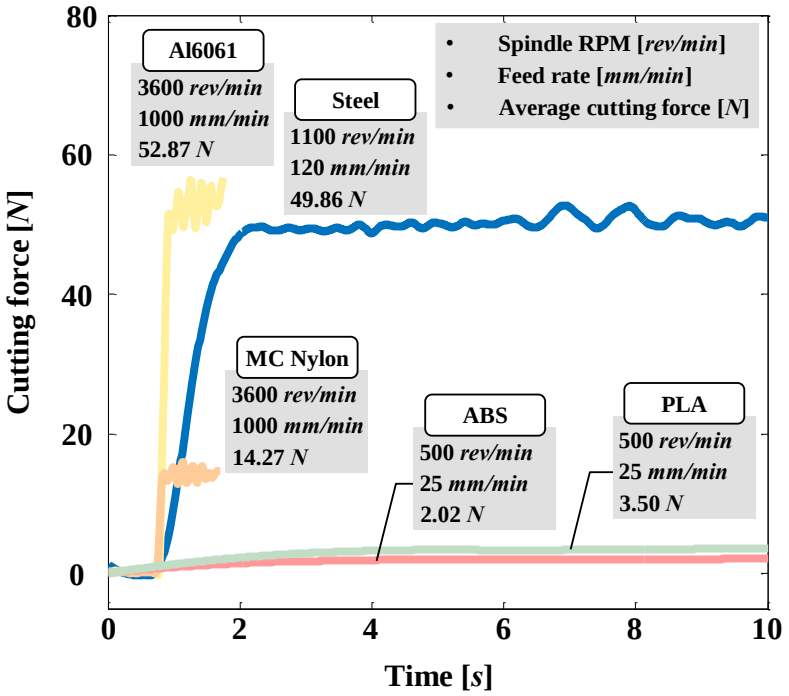


[이중 스테이지 구조 기반의 적층-절삭 하이브리드 3D 프린팅 플랫폼의 개념 설명도]

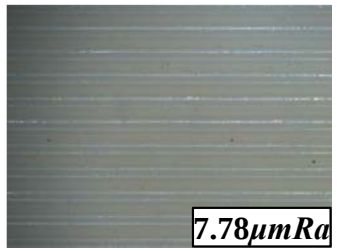
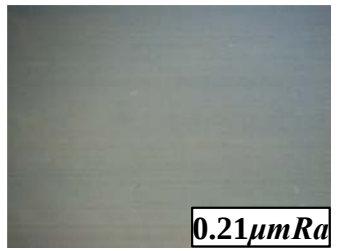
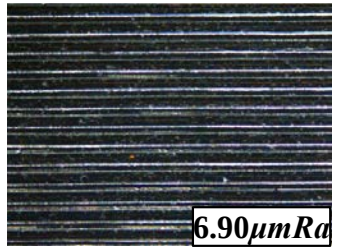
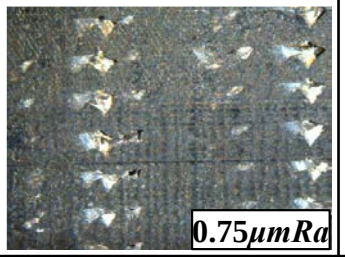
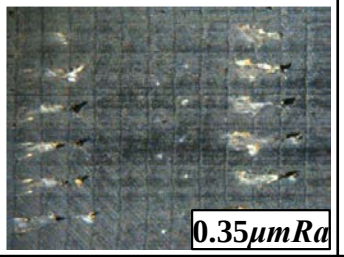
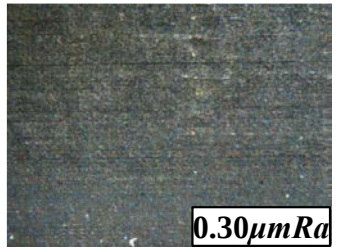
제안 기술의 구현 가능성 연구 결과

→기술의 원천성 1

(재료별 평균 절삭력 비교)



- ABS 소재의 시편은 Steel 과 Al6061 의 약 **4%**, MC Nylon 의 약 **14%**에 해당하는 절삭력이 발생
- PLA 소재의 시편은 Steel 과 Al6061 의 약 **7%**, MC Nylon 의 약 **25%**에 해당하는 절삭력이 발생

Materials	Before Cutting	After Cutting		
ABS				
PLA				
spindle RPM	-	1100	3600	500
feed rate	-	120	1000	25

응용분야

→ 기술의 활용도, 사업지원 필요성(파급효과)

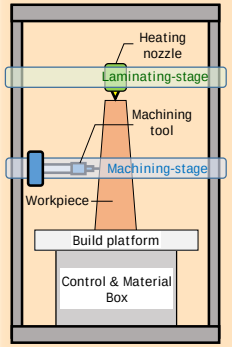
항공우주

- 복잡한 기하학적 부품 생산
- 부품의 성능을 다양한 정도로 조절
- 부품 경량화

조선

- 소량 생산되는 선박용 대형 프로펠러, 실린더 등의 부품 생산
- 유연한 금형 변경

DUAL-STAGE 기반의 하이브리드 3D 프린팅 플랫폼



✓ **생산성 향상**

동시 적층-절삭 공정을 통한 생산성 향상

✓ **표면 품질 향상**

후가공을 통한 표면 품질 향상

✓ **소재 및 용도 다양성**

소재 및 용도에 맞는 다양한 크기의 플랫폼

자동차 제조업

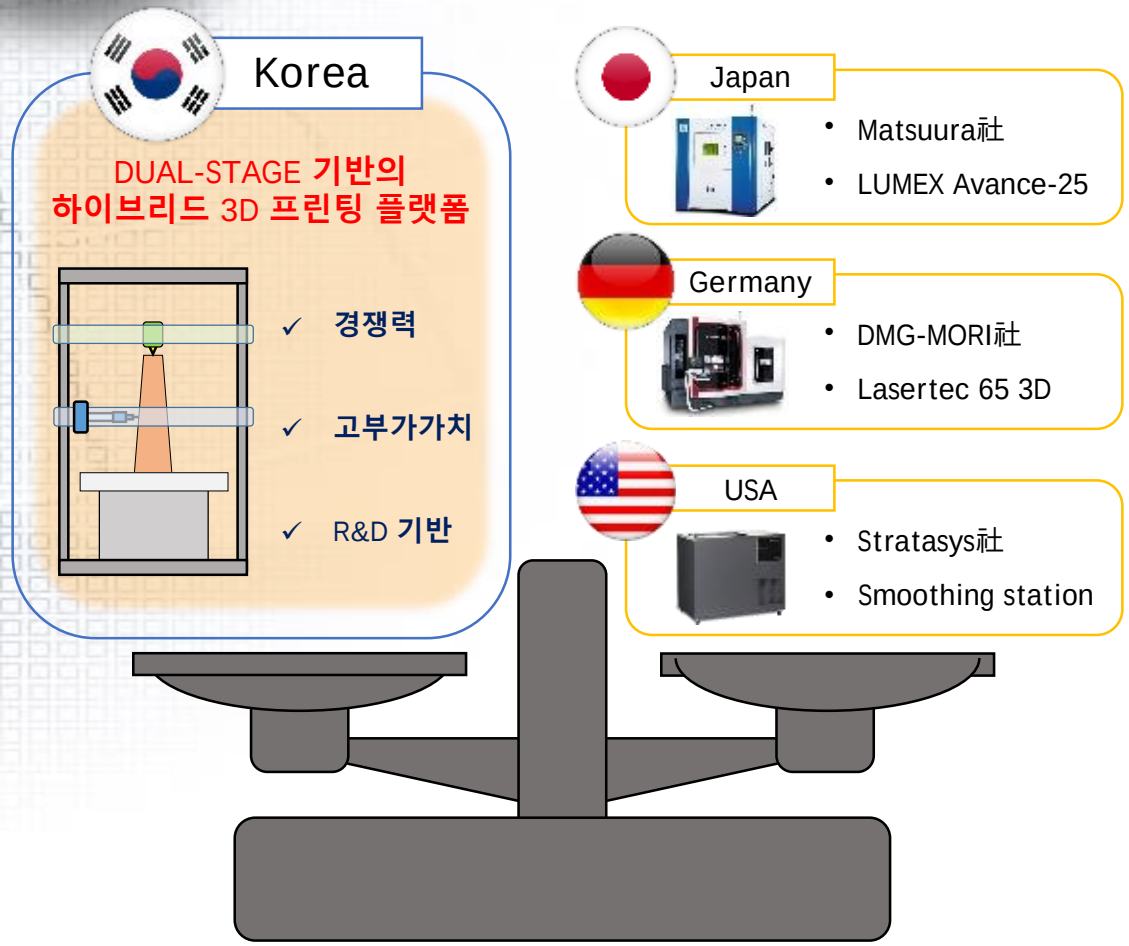
- 하나의 복잡한 부품 생산
- 대체 부품 생산
- 제품 개발 주기 단축

의료

- 정교한 해부 모델 응용, 수술 선 계획
- 개인용 보형물 또는 인공장기 생산
- 해부 실습용 인공 시신

기대효과

→ 기술의 활용도, 사업지원 필요성(파급효과)



❖ **가장 높은 시장 점유율을 갖고있는 FDM 방식 치명적 단점 극복을 통한 적용분야 확대 가능성**

❖ **글로벌 선도기업의 R&D 동향에 맞추어 경쟁력 있는 고부가가치 장비 개발을 위한 기술력 확보**

❖ **글로벌 선발기업들이 구축해 놓은 특허 포트폴리오 극복을 통한 국내외 기술격차 해소**

❖ **3D프린팅 관련 선진 기업을 보유한 선진국과 같이 지속적인 연구개발 투자를 통해 R&D 및 테스트 베드 기반 구축**

보유중인 기자재

소프트웨어

프로그램	용도
LABVIEW 2015	Data acquisition 및 Real time 기반의 실시간 제어
CATIA V6	3D 모델 기반 상세 설계
DAFUL	동역학 시뮬레이션 기반의 해석적 검증
MATLAB 2015	이론적 해석 및 검증

하드웨어

제품	용도
ATI F/T sensor (mini45E)	재료별 절삭반력 측정을 위한 Force-Torque sensor
3Dison multi	실험에 사용될 시편 및 부품 제작을 위한 3D Printer
Optical table	실험 시 방진을 위한 Optical table
NI PXIe-1078	실시간 제어를 위한 NI Controller
HP workstation (Z820)	설계 및 해석을 위한 Workstation