





# CONTENTS

---

## 전략분야

### 정밀/마이크로 기계시스템

1. 개요 .....	3
2. 국내외 정책동향 .....	7
3. 산업이슈 및 동향 .....	11
4. 시장동향 및 전망 .....	18
5. 기술동향 및 이슈 .....	21
6. 중소기업 시장대응전략 .....	23
7. 중소기업 전략제품 .....	24

## 전략제품

### ICT융합 지능형 CNC공작기계 가공시스템

1. 개요 .....	31
2. 산업환경 분석 .....	38
3. 시장환경 분석 .....	44
4. 기술환경 분석 .....	48
5. 중소기업 환경 .....	69
6. 기술로드맵 기획 .....	77

### 금속 3D적층/절삭 장치

1. 개요 .....	89
2. 산업환경 분석 .....	93
3. 시장환경 분석 .....	101
4. 기술환경 분석 .....	108
5. 중소기업 환경 .....	126
6. 기술로드맵 기획 .....	135

## 고속정밀 가공시스템

1. 개요 .....	141
2. 산업환경 분석 .....	144
3. 시장환경 분석 .....	149
4. 기술환경 분석 .....	152
5. 중소기업 환경 .....	162
6. 기술로드맵 기획 .....	172

## 하이브리드 가공시스템

1. 개요 .....	179
2. 산업환경분석 .....	182
3. 시장환경분석 .....	187
4. 기술환경분석 .....	190
5. 중소기업 환경 .....	205
6. 기술로드맵 기획 .....	213

## 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술

1. 개요 .....	219
2. 산업환경분석 .....	222
3. 시장환경분석 .....	227
4. 기술환경분석 .....	230
5. 중소기업 환경 .....	241
6. 기술로드맵 기획 .....	250

## 극청정/초정밀 가공기계

1. 개요 .....	257
2. 산업환경분석 .....	261
3. 시장환경분석 .....	268
4. 기술환경분석 .....	271
5. 중소기업 환경 .....	290
6. 기술로드맵 기획 .....	298








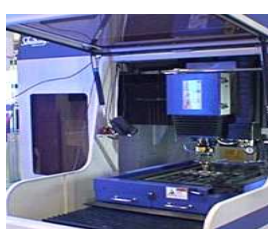


# 정밀/마이크로기계시스템

## 1. 개요

### 가. 정의

- 정밀/마이크로기계시스템 분야는 공작물의 각종 절삭 또는 비절삭 가공방법으로 다양한 형상 및 치수로 가공하는 장비임. 선반, 머시닝 센터, 드릴머신, 밀링머신, 보링머신, 연삭기, 기어 가공기, 프레스 등의 전통적 정밀생산기계 및 초소형 공작물 가공, 융복합기계, 시스템 통합, 집적화 기술 등을 포함하는 나노/마이크로기계시스템 및 관련 부품 등을 포함

[ 정밀/마이크로기계시스템 분야 ]

절삭가공 시스템	초정밀 가공시스템	하이브리드 가공시스템	지능형 가공시스템
			

- 정밀/마이크로기계시스템 분야는 각종 절삭가공 및 성형가공을 모두 의미, 피삭재를 적당한 공구를 사용하여 여러 가지 형상 및 치수로 가공하는 장비이며, ‘기계를 만드는 기계 (Mother Machine)’로서 자본재산업의 핵심 장비
  - 기존 공작기계 기능을 일체화하고 융합화 하는 정밀가공시스템 분야를 포함

[ 정밀/마이크로기계시스템 기술의 정의 ]

특징	구분	정의
정밀/마이크로 기계시스템	절삭가공 시스템	가공 공정에서의 효율 및 생산성 증대를 위한 초고속 복합 가공이 가능한 시스템으로서, 리드타임 감소와 가공시간 단축, 기존 공구를 활용 하면서 가공방법을 변경함으로써 절삭 능력을 향상시키는 기술이 포함 됨
	초정밀 가공시스템	대형 및 소형 초정밀 형상의 부품을 가공 및 양산하기 위하여 사용되는 초정밀 장비기술과 공정 및 측정 검사기술
	하이브리드 가공시스템	기존의 절삭 및 정밀 가공시스템에 레이저, 초음파, 에너지빔 등의 융합기술을 접목하여 효율을 극대화 하는 기술 분야. 고세장비의 증대 및 가공면의 평탄화를 기대할 수 있는 가공시스템
	지능형 가공시스템	공정운영 최적화를 통하여 기존의 정밀도 및 생산 효율 한계를 극복할 수 있는 가공공정·장비 및 시스템과 데이터에 기반 한 실시간적 의사 결정에 의해 이행되는 제조 운영 환경의 스마트 팩토리 기술



## 나. 범위 및 분류

### (1) 범위

- 정밀/마이크로기계시스템 분야는 정밀생산기계 및 나노/마이크로기계시스템 및 관련 부품 등을 포함하는 분야로서, 절삭가공 시스템, 초정밀 가공시스템, 하이브리드 가공시스템과 지능형 가공 시스템 등을 포함
- 절삭가공 시스템 분야는 가공공정의 효율 및 생산성 증대를 위해 리드타임 감소와 가공시간 단축, 기존 공구를 사용하면서 가공방법을 변경함으로써 절삭능력을 대폭 향상시키는 초고속 복합 가공이 가능한 가공시스템
  - 원척킹가공 및 일체형 가공, 툴링시스템 등을 공정집약적 가공기계인 머시닝센터와 터닝센터가 결합한 복합가공기 포함
  - 초고속화(100,000rpm급), 복잡 공정에서 단순 공정이 가능한 복합화, 고효율 및 고정밀화된 난삭 재 가공 기술과 초대형 선박, 풍력 산업 등 대형 다품종 제품에 대응하고 생산성 향상이 가능한 대형/복합 절삭가공시스템 및 고효율 성형시스템 포함
- 초정밀 가공시스템 분야는 대면적 미세형상의 초정밀 제품 또는 소형 고정밀 형상의 부품을 가공 및 양산하기 위해 사용되는 초정밀 장비기술과 공정 및 측정·검사기술
  - 초정밀 금형가공장비, 초정밀 밀링가공 장비, 미세가공장비, 초정밀 비구면 가공기, 초정밀 롤 가공 시스템, 초정밀 그루빙 가공기, 초정밀 검사장비 등 초정밀 공정/검사 장비 등을 포함
- 소성가공은 제품의 형상 제조공정을 위한 기술로서 재료에 외부적인 힘을 가하여 영구적인 변형을 일으킴으로써, 원재료를 일정 형태의 제품으로 가공하는 기술
  - 소성가공산업의 뿌리기술 활용 업종에는 분말야금제품 제조업, 금속단조제품 제조업, 금속압형제품 제조업, 열간 압연 및 압출 제품 제조업, 냉간 압연 및 압출 제품 제조업, 동 압연, 압출 및 연신 제품 제조업, 알루미늄 압연·압출 및 연신제품 제조업, 기타 비철금속 압연·압출 및 연신제품 제조업이 있으며 뿌리기술에 활용되는 장비 제조업종으로는 액압 프레스, 기계 프레스, 금속 단조기, 금속 인발기, 나사 전조기, 금속선가공기, 기타 금속성형기계가 포함
- 하이브리드 가공시스템 분야는 기존 가공시스템에 레이저, 초음파, 에너지빔 등을 융합하여 가공효율을 극대화하고 다품종 소량생산에 따른 수요자 맞춤형 생산 및 다목적 최적화하며, 고세장비의 증대 및 가공면의 평탄화를 기대할 수 있는 가공시스템
  - 레이저 보조 가공시스템, 초음파 하이브리드 가공시스템 및 고에너지빔 융합 가공시스템 등 포함
- 지능형 가공시스템 분야는 단순 공작기계의 운용 및 제어를 넘어 새로운 요소기술 및 제어기술을 접목하여 가공 공정을 통합 운용 관리함으로써 공정운영 최적화를 통해 기존의 정밀도 및 생산효율의 한계를 극복할 수 있는 가공공정·장비 및 시스템과, 데이터에 기반 한 실시간적 의사결정에 의해 이행되는 제조 운영 환경의 스마트 팩토리 기술

- 공장의 리소스(Resource)를 최적화해 사람에 의한 변동 요소를 최소화하고, 데이터에 기반한 의사결정이 실시간으로 이행되는 제조 운영 환경의 공장인 스마트 팩토리 기술을 포함하며 시뮬레이션 기반 디지털 제어 플랫폼 기술과, 다품종 소량생산 대응을 위한 재구성 가능한 유연생산시스템의 형태로 장비, 유연 자동화 주변장치, 운용제어시스템 및 솔루션 등 FMC/FMS 시스템을 포함

[ 정밀/마이크로기계시스템 기술의 범위 ]

구분	범위
절삭가공 시스템	초고속화(100,000rpm급), 복잡 공정에서 단순 공정이 가능한 복합화, 고효율 및 고정밀화된 난삭재 가공 기술과 초대형 선박, 풍력 산업 등 대형 다품종 제품에 대응하고 생산성 향상이 가능한 대형/복합 절삭가공시스템 및 고효율 성형시스템 포함
초정밀 가공시스템	초정밀 금형가공장비, 초정밀 밀링가공 장비, 미세가공장비, 초정밀 비구면 가공기, 초정밀 롤 가공시스템, 초정밀 그루빙 가공기, 초정밀 검사장비 등 초정밀 공정/검사 장비 등을 포함
하이브리드 가공시스템	레이저 보조 가공시스템, 초음파 하이브리드 가공시스템 및 고에너지빔 융합 가공시스템 등 포함
지능형 가공시스템	시뮬레이션 기반 디지털 제어 플랫폼 기술과, 다품종 소량생산 대응을 위한 재구성 가능한 유연생산시스템의 형태로 장비, 유연 자동화 주변장치, 운용제어시스템 및 솔루션 등 FMC/FMS 시스템을 포함

## (2) 분류

- 산업/일반기계시스템 분야의 기술분류는 산업기술분류표 상에서 기계·소재 분야에 포함되며, 산업/일반기계와 요소부품 분야 분류가 포함

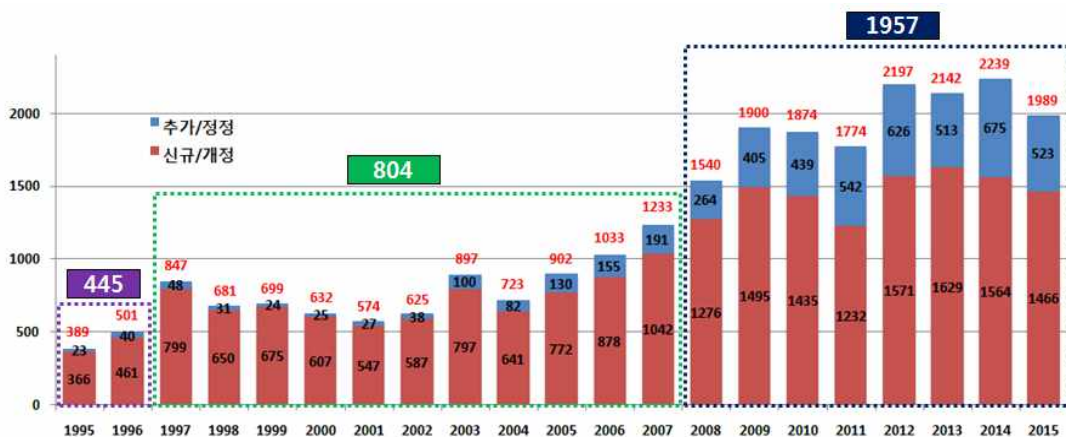
[ 정밀/마이크로기계시스템 분야 산업기술분류 ]

구분	산업기술_대분류	산업기술_중분류	산업기술_소분류
정밀/마이크로 기계시스템	기계·소재	정밀생산기계	절삭가공기계
			연삭/연마가공기계
			프레스기계
			사출기계
			광에너지응용가공기계
		나노·마이크로 기계시스템	초소형가공조립측정기술
			나노마이크로기계시스템 관련 S/W
			초소형디바이스
			나노마이크로센서
			시스템특성 분석 및 신뢰성 평가기술
	전기·전자	계측기기	안전감시/진단계측제어기
			계측센서부품
			전자/환경/광 계측기
			물리량·화학량 시험/분석계측기
			유체제어계측기

## 2. 국내외 정책동향

### ▣ 비관세 무역기술장벽(TBT) 증가

- 세계 각국은 자유무역협정(FTA) 확대 등으로 관세장벽이 낮아지자 기술장벽(TBT)과 같이 눈에 잘 보이지 않는 비관세 장벽을 적극 활용하는 쪽으로 정책방향을 틀어가고 있는 것으로 판단됨
  - 수출에 부정적 영향을 미칠 수 있다고 보고 각 회원국이 세계무역기구 무역기술장벽(WTO TBT) 위원회에 공식 이의를 제기하는 특정무역현안(STC, Specific Trade Concerns)의 경우, 28개국에 86건(신규 37건)이 제기되어 증가 추세가 지속되고 있음
- 국가기술표준원은 우리 수출기업이 겪고 있는 기술장벽(TBT) 애로를 해소하기 위해, 세계무역기구 무역기술장벽(WTO TBT) 위원회 정례회의(다자회의)는 물론, 주요 교역상대국과의 양자 회의를 통해서도 적극 대응하고 있음
  - 비관세장벽 증가는 기술종속을 가져올 우려가 있으며, 이는 수출환경 악화 및 기술 유출 등의 문제를 일으키고 이는 다시 경쟁력 약화라는 악순환을 가져옴
  - 각종 기술규정, 표준, 적합성 평가절차 등 TBT는 무역 및 시장진입 장벽으로 작용하며, 특히 해외 기관 또는 기업에 의한 인증/컨설팅은 기술유출을 초래할 수 있음



- ※ 주 : 1. 신규 : 기술규정 제·개정 최초로 기술규제(TBT)를 통보하는 경우  
 2. 개정 : 최초 통보된 TBT 내용이 상당히 변경된 경우  
 3. 추가 : 최초 TBT 통보문에 대해 추가하거나 수정하는 경우  
 4. 정정 : 최초 통보된 TBT 통보문에 경미한 오류가 있어 정정하는 경우
- ※ 출처 : Datamonitor Personal Care Market Data, 2015(Oct)

#### [ 무역기술장벽(TBT) 통보 현황 ]

- 기계 분야 관련 TBT 통보 건수의 전체 비율은 크게 높은 편은 아니지만, 2013년부터 2015년까지 지속적으로 증가 추세를 보이고 있음

[ 산업 분야별 TBT 통보 건수 ]

(단위 : 건수, %)

대분류	2013년	2014년	2015년	
	통보건수	통보건수	통보건수	비율
식의약품	709	826	717	36
전기전자	409	383	261	13
화학세라믹	254	202	216	11
생활용품	149	181	183	9
농수산물	67	95	138	7
교통/안전	174	133	119	6
기계	69	107	108	5
에너지	64	70	63	3
소재나노	60	87	57	3
건설	75	69	46	2
기타	54	53	45	2
정보디지털	41	24	35	2
바이오환경	17	9	1	-
합계	2,142	2,239	1,989	-

※ 출처 : '2015년 무역기술장벽(TBT) 보고서' 관련 보도자료, (산업통상자원부, 2016)

□ 대외환경 대응을 위한 지원 강화

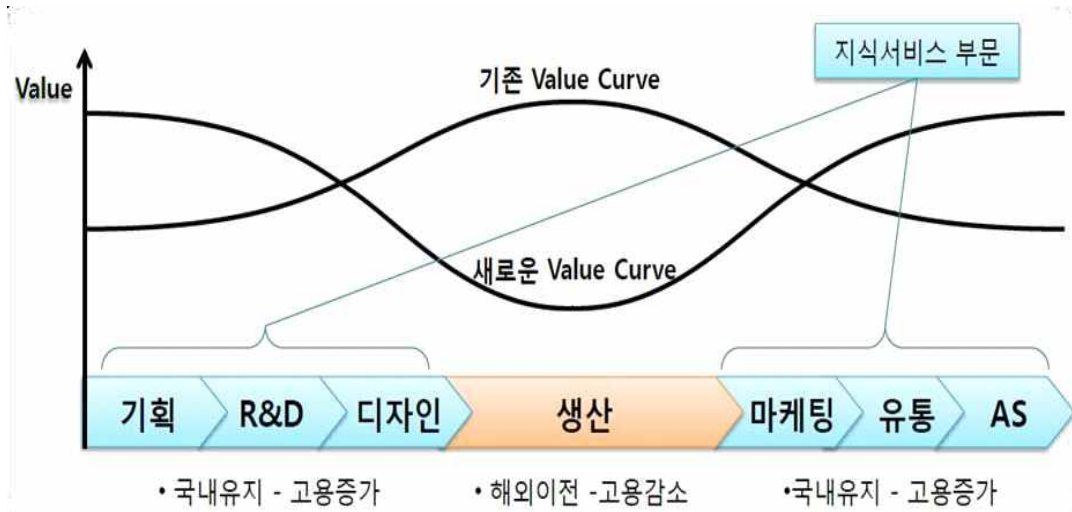
- 전략적 해외시장 진출 및 마케팅 활동 지원 강화. 기계류 품목별 주요 국가 시장 조사 및 진출전략 수립 등을 통한 해외 진출 지원과 해외 유명 기계류 전시회 참가 및 국내 글로벌 TOP 기계산업 전시회 개최 지원
- 한·중·일 자유무역협정(FTA), 환태평양 경제 동반자 협정(TPP) 추진과 국내 기계산업 육성정책 추진 병행. 중국의 가격경쟁력, 일본의 고도기술에 대응 할 수 있는 핵심 기계·부품의 기술개발 지원 확대
- 해외규격인증 획득지원 및 주요 해외규격인증과 상호인정협정(MRA, Mutual Recognition Arrangement) 확대. 중소기업에 큰 부담이 되는 고비용이 소요되는 해외규격인증 획득 비용 및 컨설팅 지원 확대
  - 미국기계학회(ASME), 미국석유협회(API) 등 외국 기업에 의존하고 있는 주요 인증의 국내 인증 기반 확충

#### ▣ 융·복합화 및 고부가가치화 추진

- 선진국은 원천기술 및 융·복합화 기술을 바탕으로 신성장 장비산업 주도
  - 미국, 일본, EU 등이 선진 장비산업(반도체, 태양전지, LCD장비, 통신 장비) 선점하고 있으며, 독일, 미국, 중국 등은 ICT를 융합한 기계산업 고도화 추진 중
  - 공작기계의 IT 융합 핵심 부품인 CNC는 일본, 독일이 독점. CNC 세계시장 점유율은Fanuc가 약 80%, Siemens가 약 10% 점유함
- 완제품, 부품소재는 글로벌 경쟁력을 확보하였으나, 장비는 기술력 및 국산화율 미흡
  - 핵심장비의 선진국 의존으로 제품산업 성장에 비례하여 장비수입이 급증하는 성장의 딜레마 발생하여 이를 극복하고자 산업부에서는 지속적으로 R&D 지원을 수행함. 2015년 산업부의 주요 R&D 지원예산은 제조기반에 1,018억원과 소재부품에 2,788억원을 지원함
- 제조업 혁신 3.0 추진 정책을 통하여, 13대 업종(부품조립, PCB, 주조, 금형, 프레스, 사출성형 등) 1만개 스마트공장 추진(~2020) 계획 중임
  - 신성장동력장비경쟁력강화사업 추진. 107개 신성장동력 장비 기술 개발 추진 중(2009~2018년)
  - 산업엔진 핵심장비 육성전략(로드맵) 수립. 산업엔진과 연계한 113개 핵심장비 및 27개 공통핵심 기술 발굴

#### ▣ 기계 산업 서비스화 정책 추진

- 서비스 경쟁력이 기계산업의 핵심 가치로 부각되고 있음. Value Chain의 핵심이 조립, 가공 생산에서 연구, 설계, 유지보수 등 서비스 분야로 전환되고 있음. 독일 등 기계 산업 선진국들은 유지·보수, 부품교체, 유희설비 재활용 등을 통한 고수익 창출
- 제조업의 부가가치 사슬 구조 변화. 제조 자체의 가치는 낮아지고, 가치사슬 전반부(R&D기획, 설계, 리엔지니어링, 생산최적화, 공정 개선 등)와 후반부(부품 공급, 수리, 유지보수 등)의 지식집약적인 단계에서 부가가치 증가
  - 국내 기계산업 서비스 업체들의 영세성 및 중고기계 유통구조 취약. 서비스 업체들의 고용과 매출은 제조기업 대비 각각 1/6, 1/10 수준이며, 중고기계 유통구조도 무자료 거래 및 저가낙찰 등의 취약점을 가지고 있음
  - 기계설비 유통활성화 및 수출 촉진을 위한 인프라 부족. 중고설비 거래활성화를 위한 유통집적단지, 정보망, 지원체계 등 기본 인프라 부족과 중고기계 수출 부진은 국내 신제품 시장창출 및 설비투자 활성화의 걸림돌로 작용



※ 출처 : 제조+서비스 융합 확산을 위한 지식서비스산업 정책과제 연구, (김도훈 ,2013)

**[ 제조업의 Value Chain 변화 ]**

- 기계산업 서비스화 추진('13~'15). 기계산업의 선진국형 고부가가치 산업화를 달성하기 위한 제조와 서비스가 융합된 산업생태계 조성
  - 기계산업 가치사슬 전반부 서비스화 추진. R&D기획, 설계, 리엔지니어링, 생산 및 공정 최적화 등 지식집약 단계의 서비스화를 통한 고도화 필요

### 3. 산업이슈 및 동향

#### 가. 산업이슈

##### ▣ 기계 산업 수출입 감소에도 불구하고 정밀/마이크로기계 분야 생산·출하·재고 증가세 보임

- 기계산업 생산은 정밀기계를 제외한 모든 업종에서 감소세를 나타냄. 금속제품(-8.8%), 수송기계(-6.9%), 전기기계(-4.2%), 일반기계(-4.0%)는 하락했지만 정밀기계 분야는 10.2% 증가
  - 호조품목 : 전자계측기(59.5), 치과용임플란트(48.8), 반도체검사장비(40.4), 광학렌즈(11.2)
  - 부진품목 : 광선치료기(-39.6), 환경분석기기(-35.5), 의료처치기구(-19.6), 내비게이션(-18.6)

[ 기계산업 분야 생산 동향 ]

(단위 : %)

구분	'15	'16. 2/4	'16. 6.	'16. 7.	'16. 1~7
총지수	-0.6	1.0	0.8	1.6	0.5
제조업	-0.7	1.1	1.0	1.7	0.6
기계산업 (조선제외)	-2.1	-3.6	-5.3	-5.1	-4.0
일반기계	-3.3	-6.4	-8.5	-4.0	-7.2
전기기계	-2.0	-2.2	-4.8	-4.2	-1.6
정밀기계	-4.8	-0.8	-1.6	10.2	-5.4
수송기계 (조선제외)	0.9	-2.6	-3.3	-5.9	-2.3
금속제품	-5.6	-4.0	-6.5	-8.8	-4.8

[주] 전년, 전년 동월 및 동기대비 증가율

※ 출처 : 기계산업 통계월보 2016년 9월호 (한국기계산업진흥회, 2016)

- 기계산업 출하는 정밀기계를 제외한 모든 업종에서 감소하여 전년동월 대비 7.1% 감소. 금속 제품은 날붙이제품, 일반기계는 선박용내연기관, 수송기계는 비상업용 특수선박, 전기기계는 형광등기구 중심으로 감소, 정밀기계는 전자계측기 중심으로 증가
  - 호조품목 : 전자계측기(78.9), 치과용임플란트(22.3), 초음파의료기기(18.9), 온도조절기구(8.7)
  - 부진품목 : 반도체검사장비(-21.3), 내비게이션(-19.5), 안경렌즈(-16.3), 의료처치기구(-15.8)



[ 기계산업 분야 출하 동향 ]

(단위 : %)

구분	'15	'16. 2/4	'16. 6.	'16. 7.	'16. 1~7
총지수	-0.3	1.3	1.6	0.8	0.4
제조업	-0.2	1.5	1.7	0.6	0.4
기계산업 (조선제외)	-1.5	-3.0	-3.3	-6.7	-3.9
일반기계	-2.9	-6.3	-5.4	-7.7	-7.6
전기기계	-1.0	-3.0	-4.2	-4.1	-2.4
정밀기계	-4.8	2.4	0.9	0.1	-2.7
수송기계 (조선제외)	1.2	-0.5	-0.4	-6.4	-2.0
금속제품	-5.5	-5.3	-7.6	-10.0	-5.4

[주] 전년, 전년 동월 및 동기대비 증가율  
 ※ 출처 : 기계산업 통계월보 2016년 9월호 (한국기계산업진흥회, 2016)

- 기계산업 재고는 수송기계, 금속제품을 제외한 나머지 업종에서 감소하여 전년동월대비 3.9% 감소. 일반기계는 굴삭기, 전기기계는 절연코드 및 코드세트, 정밀기계는 리모콘 중심으로 감소, 수송기계는 중형버스, 금속제품은 철제문 중심으로 증가
  - 호조품목 : 속도계(21.4), 온도조절기구(16.1), 휴대용시계(13.2), 기체및액체공급계기(4.5)
  - 부진품목 : 리모콘(-58.6), 초음파의료기기(-28.0), 의료용방사선기기(-27.3), 치과용임플란트(-8.4)

[ 기계산업 분야 재고 동향 ]

(단위 : %)

구분	'15	'16. 5.	'16. 6.	'16. 7.
총지수	3.0	0.4	-2.2	-2.7
제조업	2.9	0.4	-2.2	-2.8
기계산업 (조선제외)	-1.6	-0.8	-4.2	-3.9
일반기계	-12.9	-17.5	-19.1	-20.0
전기기계	1.9	0.3	-1.6	-4.2
정밀기계	14.1	-2.1	-3.3	-2.7
수송기계 (조선제외)	7.0	14.1	5.5	9.6
금속제품	-2.3	3.1	3.7	0.9

[주] 전년, 전년 동월 및 동기대비 증가율  
 ※ 출처 : 기계산업 통계월보 2016년 9월호 (한국기계산업진흥회, 2016)

- 기계산업 수출은 정밀기계를 제외한 모든 업종에서 감소하여 전년 동월 대비 16.5% 감소한 162억 1천만불을 기록함. 정밀기계업종은 전년 동월 대비 2.6% 증가함
  - 국별로는 미국(-20.0%), 독일(-13.0%), 인도(-12.1%)에서 감소하였으며, 지역별로는 북미(-19.8%), 중남미(-17.7%), 유럽(-16.1%) 감소
  - 호조품목 : 기기용 자동측정 및 제어장치(39.9), 전자기 측정,시험 및 분석기구(14.3), 전기식 진단 및 요법기기(10.0)
  - 부진품목 : 기타 측정, 시험, 항해, 제어 및 정밀기기(-30.3), 항행용 무선기기 및 측량기구(-11.7), 속도계 및 적산계기(-6.6)
  
- 기계산업 수입은 금속제품, 정밀기계를 포함한 모든 업종에서 감소하여 전년동월대비 13.3% 감소한 80억 7천만불을 기록함. 정밀기계업종은 전년 동월 대비 16.8% 감소
  - 국별로는 독일(-20.7%), 미국(-17.7%), 중국(-10.0%)에서 감소하였으며, 지역별로는 유럽(-22.5%), 북미(-16.6%), 아시아(-3.7%) 감소
  - 호조품목 : 방사선장치(42.9), 그외 기타 의료용 기기(29.4), 기기용 자동측정 및 제어장치(28.1)
  - 부진품목 : 사진기, 영사기 및 관련 장비(-73.2), 전자기 측정,시험 및 분석기구(-33.2), 광학렌즈 및 광학요소(-20.4)

[ 기계산업 분야 수출·수입 동향 ]

(단위 : 백만불, %)

구분	'16. 1.~7.		
	수출	수입	무역수지
전산업	282,585(-10.1)	226,053(-13.4)	56,531(3,243)
기계산업 (조선제외)	99,055(-8.5)	55,124(-7.6)	43,930(-4,644)
일반기계	24,436(-9.6)	18,035(-12.3)	6,401(-80)
전기기계	18,646(-10.7)	9,645(-12.6)	9,001(-849)
정밀기계	6,808(-2.7)	9,772(-11.3)	-2,964(1,051)
수송기계 (조선제외)	40,795(-10.5)	13,919(6.7)	26,876(-5,642)
금속제품	8,370(8.2)	3,753(-6.0)	4,616(877)

[주] 수출 및 수입의 ( )는 전년 동월 및 동기 대비 증가율, 무역수지는 변동금액

※ 출처 : 기계산업 통계월보 2016년 9월호 (한국기계산업진흥회, 2016)

[ 정밀/마이크로기계시스템 분야 수출입 동향 ]

(단위 : 백만불, %)

국명	품목명	수출		수입	
		금 액('16. 1.~7.)	비 중('16. 1.~7.)	금 액('16. 1.~7.)	비 중('16. 1.~7.)
전체		99,055(-8.5)	100	55,124(-7.6)	100
국별	일본	4,240(10.6)	4.3	9,505(-3.5)	17.2
	미국	22,496(-6.1)	22.7	9,915(-3.1)	18.0
	중국	18,715(-15.1)	18.9	11,792(-4.2)	21.4
	영국	2,671(45.2)	2.7	1,616(0.2)	2.9
	독일	2,200(8.1)	2.2	7,343(-8.0)	13.3
	인도	2,186(-9.0)	2.2	270(6.6)	0.5
대륙별	아시아	38,068(-11.2)	38.4	25,505(-3.9)	46.3
	유럽	16,973(11.6)	17.1	18,082(-14.1)	32.8
	북미	24,991(-3.9)	25.2	10,163(-4.0)	18.4
	중남미	6,653(-15.1)	6.7	646(2.0)	1.2
경제권별	EU	13,493(14.5)	13.6	16,482(-12.3)	29.9
	ASEAN	9,636(-10.5)	9.7	3,036(-7.0)	5.5
	BRICs	23,863(-14.7)	24.1	12,115(-4.1)	22.0
	OECD	47,437(0.5)	47.9	39,134(-9.1)	71.0
	개발도상국	51,220(-16.1)	51.7	15,969(-3.8)	29.0

※ 출처 : 기계산업 통계월보 2016년 3월호 (한국기계산업진흥회, 2016)

## 나. 핵심 플레이어 동향

### ▣ 해외 TOP 기업들의 글로벌 시장 지배력 확대

- (DMG Mori-Seiki) Mori-Seiki(일본)와의 제휴를 통해 세계1위의 공작기계기업으로 성장함. 해외 생산기지화, 시스템 패키화 등을 통해 글로벌 시장 지배력을 확대
  - 수직/수평 하드터닝, 5축 밀링을 One 셋팅으로 작업이 가능한 고정도 복합 머시닝센터 등 고신뢰 복합기 기술을 선도하고있으며, 모듈러 가공시스템 및 초음파/밀링 복합가공기(Ultrasonic 시리즈) 상품화를 진행함
  - 이송계의 질량중심과 이송중심을 일치시키는 DOG(Driven at the Center of Gravity) 시스템 구조 설계를 전 기종에 도입. 특히, 멀티터렛, BMT 등을 도입한 다기능형 복합기 분야에서 경쟁력을 강화
- (Yamazaki Mazak) 융복합 장비 개발과 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미 하여 가공 품질과 생산성을 향상시킴
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)가 가능한 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통이 일체화된 복합가공기는 기종의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급. 또한 630다면 동시 5축 가공이 가능한 고속 입형 머시닝 센터 등을 개발함
- (MAG) 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템 (through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도
  - 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- (Trumpf) 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 분야 시장을 주도하고 있음
  - 독일뿐만 아니라 EU·대만·미국 등을 생산기지화로 구축하여 글로벌 시장경쟁력을 확보
- 공기정압 또는 유정압 베어링을 채택한 비구면 또는 5축 초정밀 자유곡면 가공기 상용화
  - Precitech(미국), Moore Nanotechnology(미국), Kugler(독일), FANUC(일본), Nachi(일본), Nagase(일본) 등의 기업들이 사용화하여 시장을 주도함

### ▣ 국내의 정밀가공시스템 분야는 대기업을 중심으로 터닝센터, 공정집약형 복합가공기 개발 및 신소재 가공용 장비 개발 중임

- (두산인프라코어) 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스톤, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며, 공작기계 부문 전체 매출액 35%, 영업이익 40%를 차지함
  - 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공을 달성하였으나, 최근인 2016년 MBK파트너스와 1조1,300억원 ~ 1조1,800억원 수준으로 매매에 합의하며 공작기계 산업부문을 매각함

- (현대위아) 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기, 로봇 등에 주력하고 있으며, 알루미늄 및 플라스틱 수지에 특화된 수직형 머시닝센터 F850 출시. 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응
- (화천기공) 터닝센터, 머시닝센터, 공정집약형 복합가공기 생산에 주력하고 있으며, 흑연 전극 가공의 전 공정 자동화 솔루션을 실현한 스마트 머신 SMART UDX 출시
  - 현대자동차 엔진 가공도 겸하며 품질의 우수성도 인정받았으며, 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터 최근 출시
- (스맥, SMEC) 터닝센터, 머시닝센터, 로봇, 레이저 융복합장비 등 생산
  - 반도체 웨이퍼 절단, 세라믹 실리카 소재의 마이크로 홀 펀칭용 장비 생산. 공정집약형 다축 복합 가공기를 비롯한 초대형 터닝센터 생산
- (한화/기계) 복합형 및 터릿형 자동선반 국내 1위 생산업체
  - 자동차부품 가공 및 태양광 장비와 전기차 충전인프라 관련 신사업 추진. 최근 중국으로의 생산현지화를 통한 지속적인 글로벌화
- (SIMPAC) 자동차용 강판을 성형하는 대형 프레스기와 전기전자용 소형 프레스기를 전문 생산. 자동차 업체들의 해외 공장설비 증설에 따른 수혜

**▣ 국내의 마이크로 기계시스템 분야는 중국 시장에서 요구 중인 전자소자 생산용 시스템을 주로 판매 중임**

- (나레나노텍) Slot Die Coater를 비롯한 코팅 기술을 보유한 연속 생산시스템 전문기업임. 최근 신산업(유연전자)에 필요한 기술 개발을 추진 중임
- (에스에프에이) Roll Printer, OLED 증착기, 자동화설비 등 다양한 마이크로/나노 생산시스템 장비를 제조하는 기업임. 최근 신산업(에너지) 제조기술 개발을 추진 중임
- (에스티아이) 잉크젯, 반도체 장비를 개발한 마이크로/나노 생산시스템 장비 기업임. 3D 프린터 등 신산업 제조장비 개발을 추진 중임
- (한미반도체) 국내에서 최고의 패키징 기술력을 보유한 마이크로/나노 생산시스템 장비 기업임

[ 핵심 플레이어 분석 종합 ]

구분	정밀/마이크로 기계		
주요내용	고속복합 가공기계	초정밀 가공기계	자율지능형 가공기계
주요 제품/기술	초고속 가공시스템, 고능률 복합 가공시스템, 다축/다기능 터닝시스템, 대형/다기능 가공시스템, 난삭재 가공공정 및 시스템	초정밀 형상 부품 가공공정 및 시스템, 초미세 레이저가공시스템, 미세 패턴 롤성형 시스템, 대면적 미세형상 성형시스템, 초미세 입자빔 가공시스템, 고정밀 연삭시스템 기술, 플라즈마 응용 가공시스템	다품종 생산 통합운영 솔루션, 재구성/유연 생산시스템, 모듈화/시스템 통합화 및 자율제어, 지능형 기계/생산 서비스 솔루션, 스마트 공정 제어/운용 시스템, 디지털 가공공정 제어플랫폼 및 시스템, CNC 및 구동요소
해외 기업	DMG Mori-Seiki Yamazaki Mazak 대련공작기계 심양공작기계	DMG Mori-Seiki Yamazaki Mazak, MAG, Trumpf	DMG Mori-Seiki Precitech, Moore Nanotechnology, Kugler, FANUC
국내 기업	두산인프라코어 현대위아, LS엠트론 화천기계, SIMPAC, 한국정밀, SKEM, 세스코, 대영, 기흥기계, 엘엠에스, 동신프레스, 우진플라임	스맥, 한화/기계, Simpac, 세스코, AM Tech, 나라나노텍 에스에프에이, 에스티아이	두산인프라코어 현대위아, 다가치, 엑센솔루션 한미반도체
중소기업 참여정도	●	●	●
중소기업 시장점유정도	●	●	●

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계: ◐, ◑, ◒) 높은 단계: ●)

## 4. 시장동향 및 전망

### 가. 세계시장

#### ☐ 세계 정밀/마이크로기계시스템 시장은 지속적으로 증가 예상

- ☐ 세계 정밀/마이크로기계시스템 시장은 2015년 약 1,546억 달러에서 연평균 9%의 성장률을 기록하며 2019년 2,295억 달러 수준에 이를 전망

[ 세계 정밀/마이크로기계시스템 시장규모 및 전망 ]

단위: \$M

구분	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR ('14~'19)
정밀가공시스템	81,313	86,460	91,933	97,752	103,940	110,520	6.3%
마이크로/나노 생산시스템	60,700	68,100	78,000	91,200	105,000	119,000	14.4%

※ 출처 : 2016년 시스템산업 산업기술 R&BD 전략. 2016

- ☐ 고속·복합 가공시스템 시장의 경우 2016년 약 733억 달러에서 2019년에는 약 897억 달러로 연평균 약 7%의 성장률을 나타냄
- ☐ 초정밀 및 하이브리드 가공시스템 시장의 경우 2016년 약 291억 달러에서 2019년에는 약 446억 달러로 연평균 약 13%의 성장률을 유지할 것으로 예상
- ☐ 자율지능형 가공시스템 시장의 경우 2016년 약 88.6억 달러에서 2019년에는 약 110.7억 달러로 연평균 약 8%의 성장률을 유지할 것으로 예상

[ 세계 정밀/마이크로기계시스템 시장규모 및 전망 ]

단위: \$M

구분(주요품목)	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR('15~'19)
고속·복합가공시스템	64,011	68,485	73,272	78,394	83,874	89,736	6.99%
초정밀 및 하이브리드	22,027	25,592	29,092	33,232	38,734	44,606	13.00%
자율지능형 가공시스템	7,639	8,227	8,861	9,543	10,278	11,069	7.70%
합계	93,677	102,304	111,225	121,169	132,886	145,311	9.35%

[주] 전년 대비 평균 증가율 적용에 따른 예상치

※ 출처 : 2015년 중소기업 기술로드맵. 2015

- 공작기계 산업의 신흥시장인 중국시장은 2015년 약 518.6억 달러에서 연평균 약 14%로 급성장하며 2019년에 약 1,107억 달러 규모로 성장할 것으로 예상
  - 중국 공작기계 산업의 세계시장 점유율은 약 30%로 일본, 독일을 앞서며 세계 공작기계 산업을 주도하고 있음. 중국 공작기계 업체인 Shengyang사는 세계 공작기계 생산 1위를 유지하며 독주 체제를 구축하고 있으며 DMTG사도 세계 TOP 5로 진입

[ 중국 공작기계시스템 시장규모 및 전망 ]

단위: \$M

구분(주요품목)	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR('15~'19)
생산	44,333	51,869	60,687	71,004	97,197	110,785	13.98%
수입	16,755	18,556	20,551	22,760	27,916	30,395	8.88%
수출	3,095	3,289	3,496	3,715	4,197	4,416	5.21%
소비	3,095	3,289	3,496	3,715	4,197	4,416	5.21%

[주] 전년 대비 평균 증가율 적용에 따른 예상치  
 ※ 출처 : 2015년 중소기업 기술로드맵, 2015

## 나. 국내시장

### ▣ 산업/일반기계시스템 시장은 수출 위주의 성장 추세

- 국내 가공공작공산업 시장의 경우, 2015년 13.7조 원에서 연평균 9.46%의 성장률을 기록하며 2018년에는 17.5조 원에 이를 전망
  - 공작기계 산업의 경우 2013년 기준 생산은 5조 8,000억원으로 세계 5위, 수출 및 수입은 각각 22억 달러, 14억 달러로 세계 7위, 소비의 경우 45억 달러로 세계 4위의 위상
- 초정밀 및 하이브리드 가공시스템의 국내시장은 2015년 5.6조원에서 연평균 4.38%의 성장률을 기록하여 2018년에는 6조원 규모에 이를 것으로 전망되며, 자율지능형 가공시스템의 시장규모는 8.3%의 증가세를 기록하며 2015년 2.4조원에서 2018년 3.1조원 규모로 성장할 것으로 예측



[ 국내 정밀/마이크로기계시스템 시장규모 및 전망 ]

단위: 억원

구분(주요품목)	'14	'15	'16	'17	'18	'19	CAGR('15~'19)
고속·복합가공시스템	50,091	56,937	64,722	73,570	83,627	95,059	13.67%
초정밀 및 하이브리드	50,586	56,249	56,519	56,823	60,050	62,680	4.38%
자율지능형 가공시스템	22,046	24,250	26,676	28,890	31,288	33,885	8.30%
합계	122,723	137,436	147,917	159,283	174,965	191,624	9.46%

[주] 전년 대비 평균 증가율 적용에 따른 예상치  
 ※ 출처 : 2015년 중소기업 기술로드맵. 2015

□ 국내 정밀/마이크로기계시스템 무역 수지

- (수주) '16년 2월 수주는 1,694억 원으로 전월대비 +7.0% 증가하였으나, 전년 동월대비 40.3%로 크게 감소. 내수보다는 수출이 전년동월대비 크게 감소하였는데, 이는 '15년 멕시코 시장 특수로 인한 기저효과임
- (생산/출하) 2월 생산은 2,063억원으로 전월대비 +8.3% 증가, 출하는 2,247억 원으로 전월 대비 +44.8% 증가하였으나, 전년(동월, 동기)대비 여전히 감소세가 지속
- (수출/수입) 2월 수출은 189백만불로 전월대비 +53.7% 증가, 수입은 106백만불로 전월대비 +41.5% 증가

[ 국내 정밀/마이크로기계시스템 시장규모 및 전망 ]

단위: 억원

구분(주요품목)	'15. 2월	'16. 1월	'16. 2월	'15.1~2월	'16.1~2월	전월/전년동월/전년동기대비(%)
수주	2,839	1,583	1,694	8,761	3,276	+7.0/△40.3/△62.6
생산	2,798	1,904	2,063	5,860	3,947	+8.3/△26.3/△32.3
출하	2,539	1,552	2,247	5,293	3,799	+44.8/△11.4/△28.2
수출	1,490	1,230	1,890	3,060	3,110	+53.7/△26.8/+1.6
수입	1,050	750	1,060	2,110	1,800	+41.5/+0.2/△14.6

[주] 수출 및 수입은 환율 1000원 적용하여 환산함  
 ※ 출처 : 2015년 중소기업 기술로드맵. 2015

## 5. 기술동향 및 이슈

### ㉔ 국내 정밀/마이크로기계시스템 분야의 대기업 집중화

- 정밀가공기계시스템 분야는 대기업 중심의 장비/시스템 업체가 높은 점유율을 보이고 있음. 해당 기업들은 글로벌 트렌드에 대응 가능한 고기능 장비 개발 및 패키지 시스템의 개발이 필요하며, 이를 위한 원천기술 확보가 시급한 상황임
  - 국내의 ICT 인프라를 스마트가공시스템에 활용하는 융합이 필요하며, 국내 제조기술 관련 소프트웨어 역량의 향상이 필요
- 국내 정밀가공기계시스템 분야는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사에 집중되어 있음. 이들 3개 대기업은 전체 시장의 90% 이상을 점유하며 국내 공작기계 산업을 주도함
  - 국내 공작기계 시장은 수많은 중소기업이 생산주체로 난립해 있는 상황이지만 생산액 규모로 보면 대기업 중심의 과점 체계가 형성되어 있음. 중소기업은 확실한 기술력 우위에 있지 않을 경우, 수요처 변동에 따라 실적이 급격히 흔들리는 구조를 가지고 있음
- 마이크로기계시스템 분야는 국내 대기업 배타적 공급 요구로 인하여, 중소기업이 대부분을 차지하는 국내 환경에서 마이크로기계시스템 개업들의 시장 성장성과 독자적 기술개발이 제한되고 있음
  - 최근 급속도로 확대중인 중국 시장에서 국내 중소기업의 경쟁력이 저하되는 문제점이 있음

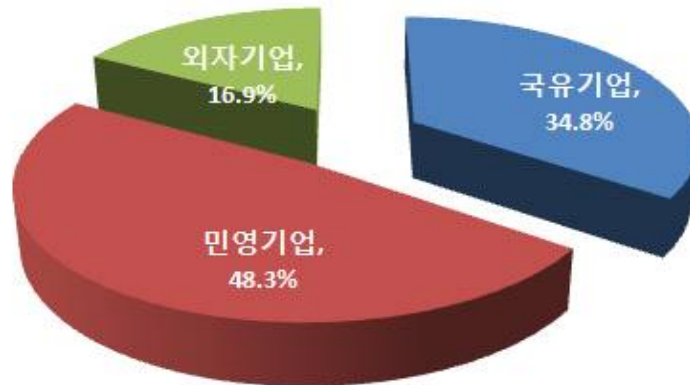
### ㉔ 국내 공작기계 분야의 M&A 가속화

- (두산인프라코어)세계 5위의 공작기계 제조 업체였으나, 2016년 MBK파트너스와 1조1,300억원~1조1,800억원 수준으로 매매에 합의하며 공작기계 산업부문을 매각함
  - 두산인프라코어는 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스턴, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
- 중소형 공작업체들이 경기침체와 대규모 자본과의 경쟁에서 밀리면서, M&A를 통한 새로운 활로 개척을 모색 중임
  - 중소형 정밀공작기계 기업들은 자본을 압세운 대기업과 엔저에 따른 가격 경쟁으로 무장한 일본업체에 밀려 실적 하락세를 보이고 있음. 공작기계 시장이 다품종 소량 체계로 전환하면서 공통 시장성이 떨어지고 정밀도가 높고 기능성이 좋은 품종을 개발·생산할 여건이 안되는 업체들은 더욱 생존이 어려운 상황임

### ㉔ 중국 기계 산업의 높은 성장

- 중국 정부는 공작기기 산업을 국방군수업, 제조업 경쟁력을 결정짓는 주요 요인으로 중시하여 대형, 정밀기기, 고속 CNC설비와 기능성부품 관련 산업을 중국의 중점진흥개발산업으로 지정

- 관련 품목계열 및 업종 지원책에 따라 중국 공작기기 산업은 빠른 속도로 지속 발전하는 동시에 신기술에 대한 연구도 꾸준히 진행하여 머지않아 세계적 수준의 고급 공작기기 제조업체도 생겨날 것으로 전망됨
- 장비제조업진흥의 주요내용으로CNC공작기계를 꼽았으며, 향후 중국 시장에서의 공작기기에 대한 수요는 매년 10%이상의 성장률을 나타낼 것으로 예상함



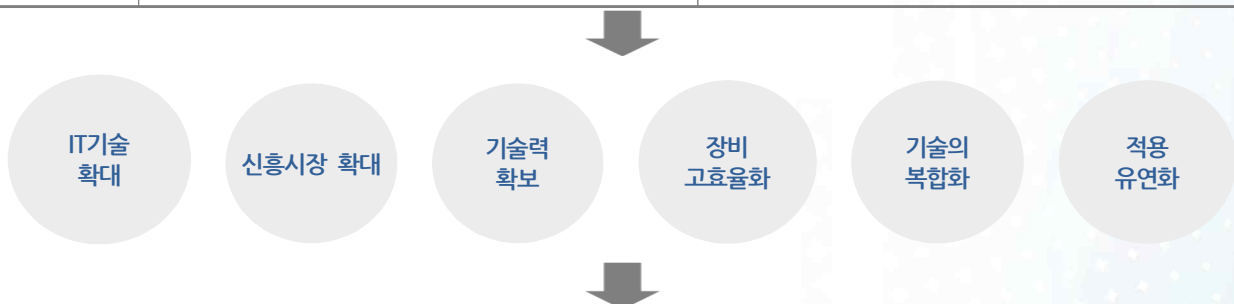
※ 출처 : 중국공작기기공구공업년감. 2014.

**[ 중국 공작기기 공구 기업 현황 ]**

- 중국 공작기기 업체의 경쟁이 치열해짐에 따라 대련공작기기(大連機床), 심양공작기기(沈陽機床)를 비롯한 많은 공작기기 제조업체는 세계시장을 개척하여 독일, 미국, 일본의 유명 공작기기 업체와 M&A 하였고 향후 중국 내 타 업체들도 이 같은 방법을 통한 진출을 모색할 것으로 보임
- 중국 공작기기 공구 기업은 국유기업과 집체기업이 전체기업의 34.8%를 차지하며, 민영기업과 외자기업은 각각 48.3%와 16.9%의 비중을 차지하고 있음
- 현재 공작기기 기업 운영방식은 다국적 운영, M &A 방식이 중국 공작기기 기업의 새로운 운영방식으로 입지를 굳히고 있음. 특히 심양, 대련, 상해의 주요 기업들은 미국, 독일 등 실력을 갖춘 해외 공작기기업체와 M&A를 실행함. M&A는 중국기업의 브랜드 지명도를 향상시킬 뿐만 아니라 경쟁력 강화, 시장점유율 확대 및 기능 부품의 생산 능력 문제도 해결

## 6. 중소기업 시장대응전략

Factor	기회요인	위협요인
정책	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외 의존도가 매우 높은 기술 분야이므로 국산화 필요 기술뿐만 아니라, 미래 핵심동력 및 신산업을 발굴하여 연구개발에 집중 투자 및 지원</li> <li>• 중소·중견기업을 위한 R&amp;D 기회를 확대하여 중소·중견기업의 기술력 확보 및 국내외 시장 진출 확대 견인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부 R&amp;D 사업으로는 양산라인에 적용 및 상품화가 쉽지 않음과 동시에 기초원천기술 연구도 외면되고 있어 R&amp;D 하부구조 취약</li> <li>• 응용 분야 확대에 따른 공정기술부터 시스템 패키지까지 일련의 연구활동 지원이 필요한 상황임</li> </ul>
산업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중국 등 신흥 시장의 급격한 확대로 국내 업체의 주력 기종인 머시닝 센터 등 Mid-end급 기종의 수요가 증가</li> <li>• 고정밀화 및 생산성 향상을 위하여 이송속도 향상과 밀링/선삭의 복합화 등에 꾸준한 민간 투자가 이루어짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시장 지배력 확대를 위해 글로벌 TOP 메이커들의 Mid-end 시장 진입과 중국 등 개도국의 경쟁력 강화에 따른 경쟁 심화</li> <li>• 초대형 공작기계의 경우 국내 수요가 거의 없는 상태에서 해외 고객을 대상으로 개발해야 되는 어려움이 있음</li> </ul>
시장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다품종 소량 생산에 따른 유연 생산시스템의 요구 등 High-end급 패키지 장비에 대한 수요가 확대</li> <li>• 글로벌 환경 규제 및 에너지 저감 요구에 따라 고효율 장비, Eco 가공장비 및 에너지 모니터링 기반의 가공 장비의 수요증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중국 시장의 급격한 성장으로 국내 기업의 시장 점유율 및 매출 하락 위기가 가속화되고 있음</li> <li>• 국내 공작기계 산업을 중심으로 한 산업 생태계 구축 미흡으로 산업 탄력성이 미흡한 상태</li> <li>• 감성 및 다차원 설계 니즈에도 불구하고 관련 디자인 및 설계 기술은 미흡한 상황</li> </ul>
기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IT 기술의 발달로 가공 장비의 고효율과 및 가공 생산성 증가 및 IT융합 기반 신장비 개발로 신산업 대응 가능</li> <li>• 자동차산업, 전자산업에서 마이크로 크기 형상을 가공하는 기술이 활발하게 기술 개발 중임</li> <li>• 핵심 부품 및 모듈의 정밀도 향상으로 인한 가공장비의 신뢰성 확보</li> <li>• High-tech 장비 및 공정기술 개발로 신소재 및 신 공정에 적용하여 시장의 양적 팽창 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기업은 ICT를 적용한 품질경영관리 체제로 전환을 위해 공격적으로 투자하고 있으나, 중소기업은 정보화 추진환경이 열악하여 투자에 많은 어려움이 있음</li> <li>• 신공정 및 하이브리드 가공시스템 분야의 국내 업체는 기반 기술 조성이 필요하며, 고효율화를 위한 다른 공정과의 융복합 기술 또한 기초 연구 단계임</li> </ul>



### 중소기업의 시장대응전략

- 중국 등의 신흥 시장 진출을 위한 High-tech급 장비 및 공정기술 개발
- 다품종 소량제품 환경에 대응하기 위한 유연생산시스템 기술 확보
- ICT 및 자동화 솔루션을 더하여 효율적인 운영환경까지 제공할 수 있는 기술개발 필요

## 7. 중소기업 전략제품

### 가. 중소기업 기술수요

- 정밀/마이크로기계시스템 분야 중소기업이 관심 있는 기술개발과제에 대한 수요 분석 결과, 다음과 같은 제품 및 기술의 개발에 대한 수요 요구
- 중소기업이 기술개발에 관심이 높은 품목은 ‘연삭/연마기’, ‘선반’, ‘부품 제조 관련’, ‘특수가공기(레이저/초음파 가공기)’ 등의 품목과 관련된 기술개발과제를 다수 신청

[ 중소기업청 R&D지원사업 신청과제 현황 ]

주요품목	과제건수				점유율 (%)	평균증가율 (%)	
	'13	'14	'15	합계			
정밀/마이크로기계시스템	선반	9	14	12	35	10.61%	31%
	밀링	11	7	15	33	10.00%	29%
	머시닝센터	5	8	10	23	6.97%	-2%
	연삭/연마기	45	31	39	115	34.85%	-10%
	기어가공기	3	11	10	24	7.27%	10%
	특수가공기(레이저/초음파가공기)	13	10	12	35	10.61%	-12%
	부품 제조 관련	24	21	20	65	19.70%	-7%
합계	110	102	118	330	-	-	

## 나. 중소기업 전략제품

[ 정밀/마이크로기계시스템 분야 전략제품 ]

전략제품		개요
정밀 마이 크로 기계 시스 템	금속 3D 적층/절삭 장치	금속 소재의 3차원 적층을 부품의 생산에 직접 적용하기 위한 기술과 다양한 절삭공정 간의 복합 기술
	고속·정밀 가공시스템	고정밀화 및 생산성 향상을 위한 이송속도 향상 및 밀링/선삭 복합화 기술
	하이브리드 가공시스템	기존 절삭 공정의 고효율화를 위하여 레이저 빔 활용, 공정 융합 등 기타 공정과의 융복합 관련 기술
	ICT 융합 지능형 CNC공작기계	기존 생산장비 및 공정에 ICT 기술을 융합하여 장비들을 네트워크화하고, 이를 통해 실시간 공정·품질 관리 및 생산공정의 효율화 및 유연화를 위한 스마트 가공시스템. CNC 공작기계에 ICT기술의 융합을 통한 공정 정밀도 향상 등을 목표로 함
	초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술	나노/마이크로 표면, 미세 복합형상/구조체 제조 기술
	극청정/초정밀 가공기계	극저온 가공(cryogenic machining), MQL(Minimum Quantity Lubrication) 가공, LAM(Laser-Assisted Machining) 가공, PAM(Plasma-Assisted Machining) 가공, 하드터닝(Hard Turning) 등 친환경 가공을 위한 공구 및 가공기계









# IT융합 지능형 CNC 공작기계

## 정의 및 범위

- 정의: ICT 융합 기술을 접목한 정밀기계, 마이크로 전자 기계 시스템, CNC 공작기계를 포함한 스마트 팩토리 설계 기술을 의미
- 범위: 기존의 정밀기계, 마이크로 전자 기계 시스템, CNC 공작기계를 효율적으로 운영 관리하기 위해 ICT 융합 기술을 접목하여 시스템 효율 향상에 관련된 기술 등의 내용을 포함

## 정부지원 정책

- 창조비타민 프로젝트 발전전략을 수립하여 ICT 융합 기술을 기계 산업에 접목하여 부가가치를 창출하고 국민 편익 증진도모
- 스마트 팩토리의 초연결을 통한 창조 경제 엔진 구현 및 신산업 창출
- 제조업의 창조경제 구현을 위한 제조업 혁신 3.0 전략 추진

## 중소기업 시장대응전략

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICT 융합 기술 접목을 통한 성능과 품질 향상, 기술 인지도 및 관심도 향상</li> <li>• HW, SW 및 관리비용 하락</li> <li>• 다양한 전후방 연계 산업의 발전</li> <li>• ICT 융합 기술을 갖춘 인력 수요 확대</li> <li>• 정부와 협력하여 중소기업의 관리·생산·재고를 통한손실을 줄일 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직원에게 SW교육 비용 필요</li> <li>• 기존의 생산라인을 교체해야하는 비용 필요</li> <li>• 생산장비를 멈춰야 교체가 가능하기에 멈추는 것에 따른 손실이 발생</li> <li>• ICT와 생산장비를 결합한 기계를 다룰 인력이 부족</li> </ul>
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우리나라의 정부 정책 가운데 한 개로 지정됨</li> <li>• 새로운 일자리 창출</li> <li>• 새로운 국가경쟁력 창출</li> <li>• 개발도상국이나 후진국에 수출할 수 있는 플랫폼이 될 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 기업의 국내 진출로 인한 국내 기업의 경제적 손실</li> <li>• 다른 나라들의 연구 및 정책으로 기술의존도가 높아지는 것을 우려</li> <li>• 중소기업의 스마트 공장화 재정 우려</li> <li>• 각 생산장비의 특성에 맞는 기술 개발시간 소요</li> </ul>

## 중소기업의 시장대응전략

- ➔ 중소기업이 제조하는 융합 지능형 CNC 공작 기계 성능과 품질 향상에 따라 가격경쟁력을 통한 글로벌 진출 가능
- ➔ 중소기업들이 개발한 공급기술을 검증할 수 있는 스마트 팩토리 테스트 베드를 구축하여 관련 기술의 검증 확산을 통한 시장 창출

핵심기술 로드맵

IT융합 지능형 CNC 공작기계 중소기업형 기술로드맵				
Time Span	2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표	KT융합/다공정제어/원격제어	공정데이터기반 품질고도화	데이터마이닝을 활용한 실시간모니터링기술개발	KT융합CNC공작기계를 활용한 지능형생산시스템구축
IT 융합 지능형 CNC 공작기계 핵심기술	공정모니터링기술 공정자동화제어및 설비기술 데이터마이닝을 활용한 실시간공정모니터링 시스템기술			3D적층및 절삭장치 기초기술개발
	다공정동시제어기술 원격실시간제어기술 자동통합문서기반 주물생산/공정품질관리 통합제어기술			의료기기및건축분야 응용기술개발
기술/시장 니즈	KT융합/원격제어	공정데이터기반품질고도화	실시간모니터링	

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

- 첨단 고부가가치 부품 및 제품을 생산하고, 스마트 공장의 주역이 되는 스마트 공작기계시스템의 개발 방향과 함께 생산제조 산업의 코어 기술 개발을 추진하고 있는 제조업 혁신 3.0 전략이 추진되고 있는데, 기계장비 부문에서도 이러한 추세에 편승하여 ICT/IoT를 응용한 스마트화 기술이 접목되고 있음
- 제조업 혁신 3.0 전략 : 제조업의 지속적인 진화와 발전을 통해 경제의 혁신과 도약을 이루고자 하는 산업경제 전략으로 산업인터넷이 중요한 역할을 함



출처: [세종창조경제혁신센터] 2017년 ICT 융합 스마트공장 보급확산 지원사업  
**[ ICT 융합지능형 CNC공작기계 ]**

- 금형, 자동차, 항공 및 스포츠/레저 등의 첨단산업에서 고정밀·고경량·고효율화 요구에 대응하면서 고부가가치 제품을 정교하게 생산해 낼 수 있는 스마트 공장용 ICT 기반의 센서융합 차세대 스마트 공작기계시스템의 필요성이 대두되고 있으며, DMG Mori, Mazak 등의 선진국 제조업체의 개발경쟁이 치열하게 전개되고 있음
- ICT 기반 융합기술을 적용함으로써 설비 개발자/제조자 및 사용자 등에 가공시스템을 지능적으로 향상시킨 센서융합 차세대 스마트 공작기계시스템 기술로서, 첨단의 고부가가치 부품 및 제품 생산과 스마트 공장 구축에 대응하여 스마트 공작기계 플랫폼의 실시간 모니터링, 센서융합/네트워킹, 설비상태 감시/진단, 운용 등을 위한 ICT 기반 융합 기술의 적용이 필요함
- 기존의 개방형 CNC 제어기 기반의 공작기계 스마트화 기술은 고가의 시스템 구축비용, 낮은 확장성, 개별 CNC 컨트롤러(화낙, 지멘스 등)에 종속적으로, 기업이 기보유한 공작기계시스템에 대한 적용이 어렵고, 재활용성이 낮아 일반적인 스마트 공작기계시스템 구성에는 어려운 상황임

- 최근에는 급속도로 발전되고 있는 ICT 기반의 IT 융합기술, 센서융합기술, IoT 기술 등과 지능형 HMI(Human Machine Interface) 플랫폼 및 PMC(Programmable Machine Controller)를 이용한 스마트 기술 등이 제안되어, 개방형 CNC 제어기를 이용한 스마트화 기술과 비교 시 비용감소, 유연성 및 확장성 증가, 인터페이스 용이성 향상 등의 효과를 기대할 수 있음
- CNC 공작기계의 발전단계는 공작기계 한 대에 NC(Numerical Control) 장치 한 대로 단순히 제어하는 제 1단계로부터 출발하여 한 대의 공작기계가 ATC에 의하여 몇 가공을 행하는 기계, 즉 머시닝센터라 칭하는 공작기계로 복합기능을 수행하는 CNC(Computerized Numerical Control) 제 2단계, 한 대의 컴퓨터로 몇 대의 공작기계를 자동적으로 제어하는 DNC(Direct Numerical Control) 제 3단계, 여러 종류의 다른 NC공작기계를 제어함과 동시에 생산관리도 같은 컴퓨터로 실시하여 기계 공장 전체를 자동화하는 FMC(Flexible Manufacturing System) 제 4단계로 이루어져 있고, 공장 내 분산되어 있는 여러 단위 공장의 FMS와 기술 및 경영 관리 시스템까지 모두 종합하여 종합적으로 관리하는 생산 시스템임. 설계, 제조, 생산 관리의 모든 부분을 컴퓨터로 통합하여 생산능력과 관리 효율을 극대화하는 CIM(Computer Integrated Manufacturing)은 제 5단계로 구분함

## 나. 범위

### (1) 제품분류 관점

- IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술은 고속회전체, 고속/정밀 이송, 측정 및 제어, 자동공구 교환 장치, 냉각, 안전장치 등 기타 주변장치로 구분되며 각 기술은 아래의 내용을 포함함

[ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
IT융합 지능형 CNC 공작기계	고속회전체	주축계의 구동요소, 공작물의 유지/지지 또는 위치결정장치, 주축계의 구동장치
	고속/정밀 이송	이송계의 구동장치,
	측정 및 제어	공작물 및 공구의 이송운동, 절삭속도 또는 위치의 자동제어, 공작물 및 공구의 검출 또는 측정, 공작물 및 공구의 치수 보정
	자동공구 교환장치	공구의 자동 장/탈착, 회전공구의 장/탈착
	냉각, 안전장치 등 기타 주변장치	공작물의 취급장치, 공구/기계부품의 냉각 및 안전장치

#### 고속회전체

##### ■ 주축계의 구동요소

- 공작기계의 클램프장치
- 공구를 열팽창에 의하여 공구 캐리어 내에 조립하고 상기 장착된 어셈블리를 사전 조정 및 측정하는 장치
- 공작물을 고정하는 척(chuck)을 스피들에 고정하기 위한 공작기계용 척의 고정장치
- 선반의 공작물 복제(모방)장치
- 공작기계의 워크반출장치

##### ■ 주축계의 구동장치

- 공작기계의 주축 장치나 다축 스피들헤드
- 발열이나 제조비용을 억제하고 주축으로 구동되는 공구의 회전속도를 주축의 회전속도에 대해서 변속할 수 있는 장치

- 공작물의 유지, 지지 또는 위치결정장치
  - 자동조립장치 작동프로그램의 변경이 필요 없는 워크보유장치
  - 초정밀 포지셔닝 어셈블리
  - 수평형 머시닝 센터에서 적은 공간으로 대용량의 공구를 작은 공간에 효율적으로 수납할 수 있는 공구 매거진
  - 절삭가공기에서 워크의 높이위치를 미세조정하기 위해 사용하는 장치
  - 공구날 앞에 절삭액노즐의 방향을 수동으로 충당할 필요가 없는 장치
  - 정전기 척으로부터 워크피스를 척킹을 해제하기 위한 방법 및 장치
  - 공작기계의 심압대 자동세팅 장치
  - 워크 팔레트 위치고정장치
  - CNC선반의 왕복대 지지구조
  - 공구 홀더 장착 구조

□ 고속, 고정밀 이송

- 이송계의 구동장치
  - 가공 시에 발생하는 저항력을 감각적으로 파악하는 것이 가능한 역각제시식 공작기계
  - 공작기계의 축선택 기능을 갖는 축 이송장치
  - 결합 백래시 없는 회전운동 트랜스미션 시스템 및 상기 트랜스미션 시스템을 사용하는 머신툴 헤드
  - 스피들 수단과 지지부 사이에서 두개의 병진 자유도를 갖는 상대적 운동을 발생하기 위한 디바이스
  - 외부의 전원 등과 선을 연결하지 않고 구동가능하고 가공구의 회전상태를 파악 가능한 공구

□ 측정 및 제어

- 공작물, 공구의 이송운동, 절삭속도 또는 위치의 자동제어
  - 공작기계의 절삭작업 중에 베드에 미치는 절삭력을 보상하여 베드의 위치를 제어하는 방법
  - 워크가공으로 발생된 오차데이터가 허용치 내인지 아닌지 판정, 표시되기 때문에 가공정밀도의 저하를 확실하게 인식할 수 있고 가공불량을 미연에 방지할 수 있는 장치
- 공작물, 공구의 검출 또는 측정
  - 툴-홀더(tool-holder)를 예비 조정하고 균형을 맞추기 위한 기계
  - 기계 가공 공정에서 채터링과 같은 바람직하지 않은 진동을 감소시키거나 안정화하도록 동력학적으로 바람직한 권장속도를 제시하는 휴대용 장치
  - 머신툴의 동작을 검출하기 위한 장치

- 공구, 가공조건, 워크재질 등이 변화하는 가공환경 하에서 가공 중에 공구의 절손을 실시간으로 검출할 수 있도록 하는 장치
- X방향 및 Y방향의 어느 방향으로 피가공물(워크)이 벗어나더라도 피가공물의 클램프차이를 검출
- 높은 내마모성을 갖는 실리콘 질화막 기반의 소성된 본체로 이루어진 절단툴 및 내마모성 재료
- 파손된 공구의 교환작업도 쉽고 또한 피가공물인 판의 누르는 압력도 확실하게 할 수 있도록 하는 워크압 장치
- 공작물, 공구의 치수 보정
  - 공간 내에서 특히 측정공구 및 가공공구를 안내하는 방법과 장치
  - 수치로 제어되는 Z축이 있는 가공기에서 Z축에 부착된 공구의 기계영점 설정과 Z축의 가공원점(또는 기준점) 설정을 비접촉 자동으로 수행하는 방법

□ 자동공구 교환장치

- 공구의 자동 장, 탈착
  - 카트리지를 변경하는데 필요한 시간을 줄일 수 있는 자동 툴 변경 기능 및 툴 카트리지 변경 디바이스
  - 공구의 지탱강성이 뛰어나고 공구와 워크의 간섭이 없어 교환가능한 공구 수에 제한이 없는 자동 공구 교환 장치부 선반
- 회전공구의 장·탈착
  - 구조 및 동작을 변경하지 않고 표준형의 튜브형 밴드 머신에 적합한 밴딩 툴을 변경하기 위한 디바이스
  - 공작기계의 공구스핀들의 공구못부의 에어블로구조
  - 툴-홀더 저장 디바이스 및 상기 저장 디바이스를 포함하는 머신툴

□ 냉각, 안전장치 등 기타 주변장치

- 공작물의 취급장치
  - 지속적이고도 완전한 자동 동작을 위하여 컴퓨터로 제어되는 디스크 블랭크 워크피스에 대한 자동 로더-언로더
  - 워크피스를 고정하기 위한 다수의 클램프를 갖는 작업 센터
  - 키(spline)구조를 사용하지 않는 값싼 워크운송장치
  - 선회 가능하게 유지된 팔의 선단에 워크를 가공하는 가공부를 갖춘 로봇과 워크이송수단으로 구성되어 휴대용으로 장소를 불문하는 가공기
  - 머신 툴의 캠 샤프트 및 인덱싱 메카니즘을 위한 서보 구동 메카니즘을 갖는 머신 툴
  - 교환장치의 장착공간을 최소화 할 수 있는 공작물 자동 교환장치



- 공구, 기계부품의 냉각, 안전장치
  - 온도에 의존하여 길이가 변화하는 적어도 하나의 머신 부분을 갖는 머신 툴
  - 가공 시스템의 칩처리 장치 및 방법
  - 머신틸 및 머신틸을 위한 커버 디바이스
  - 절단에 대하여 머신 툴의 이동 부품을 구동하고 가이드하는 수단을 위한 보호 디바이스
  - 중형공작기계의 공구주축이 정밀도에 맞게 위치결정을 할 수 있고 또 공구교환시간을 단축하고 기구를 간소화할 수 있는 가동커버가 있는 공구매거진장치
  - 자동공구교환기의 윤활유 재활용 공급장치
  - 환경에 알맞게 높은 가공정밀도를 얻을 수 있는 절삭가공방법
  - 절삭가공에서 발생하는 절층을 흩어지지 않도록 하고 또한 쉽게 공구칩을 교환할 수 있는 절층비산 방지 장치
  - 툴 멤버를 차폐하기 위하여 워크피스와 함께 툴 멤버를 향하여 또는 대하여 움직이기 위한 테이블 상에 미끄러지게 고정된 가동 실드를 갖는 테이블

## (2) 공급망 관점

- 공급망 관점에서의 IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술은 공장운영 시스템, 제조 자동화, 공정 시뮬레이션, 초정밀 금형으로 구분되며 각 기술은 아래의 세부기술을 포함함
  - CNC 공작기계 발전단계
    - 제1단계 NC(Numerical Control) : 공작기계 한 대에 NC장치 한 대로 단순히 제어하는 것
    - 제2단계 CNC(Computerized Numerical Control) : 한 대의 공작기계가 ATC에 의하여 몇 가공을 행하는 기계, 즉 머시닝센터라 칭하는 공작기계로 복합기능을 수행하는 것
    - 제3단계 DNC(Direct Numerical Control) : 한 대의 컴퓨터로 몇 대의 공작기계를 자동적으로 제어하는 것
    - 제4단계 FMS(Flexible Manufacturing System) : 여러 종류의 다른 NC공작기계를 제어함과 동시에 생산관리도 같은 컴퓨터로 실시하여 기계 공장 전체를 자동화하는 것
    - 제5단계 CIM(Computer Integrated Manufacturing) : 공장 내 분산되어 있는 여러 단위 공장의 FMS와 기술 및 경영 관리 시스템까지 모두 종합하여 종합적으로 관리하는 생산 시스템. 설계, 제조, 생산 관리의 모든 부분을 컴퓨터로 통합하여 생산능력과 관리 효율을 극대화하는 것

### [ 공급망 관점 기술범위 ]

전략제품	공급망 관점	세부기술
IT융합 지능형 CNC 공작기계	공장운영 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>•바코드 활용 실적 집계, 데이터 모니터링 등 제조현장 정보화 기반 마련</li> <li>•생산운영관리(MES), 에너지관리(FEMS), 제품개발지원(PLM), 공급망관리(SCM), 기업자원관리(ERP) 등</li> </ul>
	제조 자동화	<ul style="list-style-type: none"> <li>•저비용·고효율 제조 로봇(무인운반차 등) 개발·보급</li> <li>•IoT센서, 로봇 등을 접목하여 생산성과 품질 경쟁력 향상</li> </ul>
	공정 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> <li>•공장제품설계 등을 사전 검증을 통한 시행착오 예방</li> <li>•공작기계 및 공정 레이아웃 시뮬레이션 분석, 데이터 해석을 통한 품질 확보</li> </ul>
	초정밀 금형	<ul style="list-style-type: none"> <li>•금속 소재의 정밀설계, 가공, 조립을 위한 솔루션</li> <li>•도장, 코팅, 연마 등 공정 개선을 통한 외관 품질 및 생산성 향상 지원</li> </ul>

## 2. 산업환경분석

### 가. 산업특징 및 구조

#### (1) 산업의 특징

- CNC 공작기계(Computer Numerically Controlled Machine Tools)는 약 60여 년 전 미국 John T. Parsons박사가 발명한 이래 컴퓨터의 발전과 더불어 급속한 발전을 거듭한 결과 CNC 선반, 머시닝센터, CNC 연삭기, 동시 5축제어 머시닝센터, 복합 가공기 등에 이르기까지 다양한 기능 및 성능을 낼 수 있는 공작기계로 발전하였으며 수요산업의 국제 경쟁력을 높이는 데 일조를 하고 있음
- NC공작기계의 초기 목적은 복잡한 형상의 물품을 고정밀도로 가공하기 위하여 개발된 것으로서 밀링 머신이나 보링머신에 많이 적용되었음. 그러나 최근에는 생산성 향상을 목적으로 NC 공작기계를 사용하는 편이 많으며 적용기종도 공작기계의 주류를 이루는 선반이나 머시닝 센터, 드릴/탭핑 머신으로 확산되었으며, 와이어커파트 방전 가공기나 레이저 가공기 등에도 응용되고 있음
- 최근에는 기계 본체의 NC화를 넘어서 공장 전체의 생산과 연관된 공장 자동화가 진전되고 있음. 즉, 단위 공작기계로 이루어진 가공 셀(cell)을 형성하고 이는 자동화 기능을 가진 로봇, 무인 운반차, 자동창고 등과 연결되고, 나아가서는 상위의 컴퓨터와 연결되어 공장 전체를 자동화하는 단계인 FA (Factory Automation) 또는 FMS (Flexible Manufacturing System)의 형태로 발전되어 가고 있음
- NC시스템은 절삭가공용 공작기계이외에도 로봇, 절단기, 제도기, 목공기계, 3차원 측정기, 재단기, 자수기 등에도 사용되어 동작제어를 필요로 하는 산업기계의 거의 모든 분야에 활용되고 있는 자동화 핵심 기술 분야임
- 서보 기구는 CNC제어시스템에서 만들어서 각 이송축으로 보내는 속도 지령에 따라 각 축의 서보 구동장치에서 공작기계 테이블 이송을 위한 속도 및 토크를 제어함. 공작 기계의 서보 모터로서 현재 Brushless DC motor와 PMSM(Permanent Magnet Synchronous motor) 등이 쓰이고 있으며 PMSM이 주로 사용되고 있는 추세임
- CNC시스템에서 모터 구동 시스템의 연결 방식에 있어서 초기에는 속도 명령인 아날로그 신호를 전달하기 위한 간단한 형태였으나, 최근에는 아날로그 신호 전송시 발생하는 잡음문제 등을 개선하기 위해 속도 명령을 디지털 신호를 변환하고 전송하고, CNC시스템과 모터 구동 시스템 간에 정보교환을 위해 디지털 신호의 통신이 이루어짐. 이러한 통신방식으로 가장 널리 사용되고 있는 것이 SERCOS방식인데 사실상의 표준으로 자리 잡아 가고 있음
  - 디지털 통신을 사용함으로써 멀리 떨어진 두 장치들 간에 두 가닥의 광케이블로 연결할 수 있으며, 다양한 정보의 교환 및 잡음의 제거가 가능해짐

- CNC공작기계에 있어서, 고속회전체기술에서는 설치 공간상의 자유도를 향상시킴과 동시에 워크의 반입 작업을 용이하게 할 수 있는 공작기계의 워크반출장치에 대한 출원과 가공하고자 하는 공작물과 같은 실물이나 모형(가공지시면)을 따라 바이트고정축이 자동적으로 이송운동을 하는 것으로 모형(가공지시면)과 같은 윤곽을 깎아내는 장치 등에 대한 출원이 주류를 이루고 있음
- 고속, 고정밀 기술에서는 가공 시에 발생하는 저항력을 감각적으로 파악하는 것이 가능한 역각 제시식 공작기계와 스피들 수단과 지지부 사이에서 두개의 병진자유도를 갖는 상대적 운동을 발생하기 위한 디바이스 등에 대한 기술개발이 활발하게 이루어지고 있음
- 측정 및 제어기술에서는 단속절삭부위인지 연속절삭부위인지에 관계없이, 공구절단칼날의 부착물 생성에 의한 공구수명연장효과를 안정되게 얻을 수 있도록 하는 가공방법과 머신들의 동작을 검출하기 위한 장치 등에 대한 출원이 주류를 이루고 있음
- 자동공구 교환장치 기술에서는 공구의 지탱강성이 뛰어나고 공구와 워크의 간섭이 없어 교환 가능한 공구 수에 제한이 없는 자동공구교환장치부선반과 공구의 언클램프 여부를 확인하여 이에 대해 적절한 조치를 취함으로써, 자동공구교환장치의 부품들의 파손을 막고, 작업자의 안전을 보호 하기 위한 기술 등에 대한 연구개발이 이루어지고 있음
- 냉각, 안전장치 등 기타 주변장치기술에서는 환경에 알맞게 높은 가공정밀도를 얻을 수 있는 절삭가공방법과 온도에 의존하여 길이가 변화하는 적어도 하나의 머신 부분을 갖는 머신 툴 등과 같은 기술개발이 주류를 이루고 있음
- 향후 CNC시스템은 이런 OAC의 단점을 개선하고 네트워크 기술에 근간하여 모듈화된 각종 기능 요소들이 유기적으로 공통의 네트워크에 연결됨으로써, 소프트웨어 관점에서도 개방성을 확립한 완전 개방형 구조를 가진 소프트웨어 기술적 특징이 강한 제어장치인 소프트 NC (Soft-NC)로 발전하는 것이 예상됨
- 향후 CNC장치는 마이크로 프로세서 및 통신 시스템의 성능 향상에 따라 좀더 지능적이고 복잡 다양한 작업을 자율 분산화된 환경으로 처리할 것임. 즉 센서로부터 얻은 가공 프로세서 상태를 인식하여 최적 및 고정도의 가공이 이루어지도록 실시간으로 보정하는 기능을 가지며, 각 제어장치 또는 셀 제어기, 그리고 생산 계획 시스템등과 통신을 구축하고 주요 생산 데이터를 공유하여, CNC스스로의 의사 결정에 따라 작업을 진행해 가는 자율 분산형 시스템으로 발전할 것임

## (2) 산업의 구조

- 공작기계란 기계를 만드는 기계로 “Mother Machine”이라고 불리며 일반 기계산업뿐만 아니라 자동차, 조선, 우주항공, IT, 반도체 디스플레이 등 수요산업의 제품 품질을 좌우하며, 공작기계 산업은 모든 산업분야의 발전을 주도하는 핵심 자본재산업임
- 전방산업은 자동차, 조선, 우주항공, 소재, 방위, 가전제품, 의료장비, 건축, 완구, 보석, 기계, 디스플레이 분야 등으로 거의 모든 분야로 구성됨
- 후방 산업은 융합 지능형 공작기계제작을 위한 IT, 제철, 금속 등의 분야와 제철, 공구, 기계부품을 만드는 금속, 주조, 단조 등의 분야로 구성됨

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 산업구조 ]

후방산업	IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야	전방산업
전자, IT, 공구, 제철, 금속, 주조, 단조	ICT, 장비, 서비스	자동차, 조선, 기계, 우주항공, 소재, 방위, 가전제품, 의료장비, 건축, 완구, 보석, 기계, 디스플레이, 철강, 비금속

## 나. 경쟁환경

- 최근 공작기계 시장은 고가장비 시장의 장기적인 수요 감소로 Standard형 장비와 저가형 장비의 가격경쟁력 확보 업체가 주도하고 있지만 향후에는 비절삭 시간단축을 통하여 생산성 향상을 추구하는 복합장비와 고속, 고정밀 장비개발 능력이 시장을 주도할 것으로 전망되며, 여기에 제품 신뢰성 확보와 원가 경쟁력도 시장을 주도하는 핵심 요소가 될 것임
- 국내 공작기계 시장은 수많은 중소기업이 생산주체로 난립해 있는 상황이지만 규모 면에서 보면 국내의 3대 제조회사(화천기공, 현대위아, 두산인프라코어)가 시장을 주도하고 있음
- 일부 정밀가공기, 연삭기 등의 고가의 시장은 일본, 독일, 스위스 등의 수입제품과 경쟁을 하고 있으며 국내 공작기계 수요의 31%정도를 차지하고 있음
- 업체간에는 특화된 기술력을 바탕으로 한 품질, 판매망 및 A/S등이 주요 경쟁 요인 중 중요 요인
- 기술 집약적 산업의 특성상 규격, 품질, 성능이 다양하지만 기술 축적에 장기간이 소요되고 모방 기술의 한계로 인해 단기간에 경쟁력 확보가 어려움

- 향후 엔지니어링을 기반으로 기술 집약도를 높혀 고부가가치를 창출하는 것이 강력한 경쟁력으로 작용할 것임
- 사물인터넷 기반 스마트공장의 세계시장 규모는 매년 6.8% 성장하여 2020년 324조 9348억 원의 경제 가치를 창출할 전망
- 스마트공장의 핵심 요소기술인 생산설비(PLC), 센서, 기반SW (ERP, MES, CAD) 등의 솔루션은 대부분 글로벌 기업의 기술에 종속
- 컨트롤러, 서보모터/드라이브 등 핵심부품, High-End의 장비, 유연생산 운용솔루션 등 스마트공장의 핵심 요소 대부분은 독일, 일본, 미국으로부터 수입. PLC 제품은 LS산전과 같은 전문기업의 활동으로 약 33%의 국내 시장 점유율을 확보하고 있으나, High-end의 시장 점유율은 외산의 공격적 시장 전략으로 인해 쉽게 높아지지 않고 있는 수준임
- MES, ERP 등의 솔루션은 삼성 SDS, LG CNS, SK C&C와 같은 국내 SI업체들의 활동으로 글로벌 기업과의 경쟁에서 다른 요소기술에 비해 많이 뒤처지지 않는 수준임. 다만 GE, 로크웰, 지멘스, Applied Materials등의 해외 기업들이 다양한 산업 분야에 강세를 보이고 있음. CAD, SCADA, 이미지센싱 등의 솔루션 또한 전략 지멘스와 로크웰과 같은 해외 제품·솔루션에 의존
- 현대 위아에서는 최신 IT 기술을 접목시킨 자체 NC컨트롤러인 HYUNDAI i-TROL을 통해 소비자와 원활한 소통 가능케 함
- 현대위아는 6,000 set 이상의 로봇 시스템을 Turn-Key 방식으로 공급하여 생산성을 향상시킴

## HYUNDAI-iTROL



•프리미엄 뉴 디자인 H/W  
- 조작편의 / 디자인 일체감  
- 다양한 사용자 인터페이스

•쉽고 빠른 가공지원 S/W  
- 에너지 저감 기능  
- 공구 스피들 모니터링 장비운용 데이터 표시



고객 PC  
전용 프로그램 제공/설치



알람 메일링 서비스



가공 상태 & 알람  
간편 모니터링 기능

- 장비 가동 & 알람 간편 모니터링  
- 사무실에서 현장 장비 가동상태 및 알람 상태, 가동률 등의 정보 제공
- 알람 메일링 서비스  
- 스마트폰을 통해 **장비 가동/알람 상태**를 실시간으로 확인

출처 : 현대위아 홈페이지

[ 현대 위아의 i-TROL ]

- 두산인프라코어는 ICT를 이용하여 어디에서든 공작기계에 접근할 수 있는 Smart-i System을 개발

### Smart-i System



최신 모바일 기술을 적용한 Mobile Interface 기능을 통해 스마트 폰으로 언제 어디서든 가동 중인 공작기계에 접근할 수 있는 시스템입니다.

### 주요 기능

  
Main View

  
Monitoring View

  
Edit View

  
Program Up/Down View

### 주요 특징

- 언제 어디서든 접근 가능한 모바일 인터페이스 시스템
- 인터넷망을 이용하여 시스템 구축 용이
- 사용가능 스마트폰 : Galaxy series, iPhone series
- 지원 언어 : 한글, 영어, 중국어

출처 : 두산인프라코어 홈페이지

[ 두산인프라코어의 Smart-i System ]

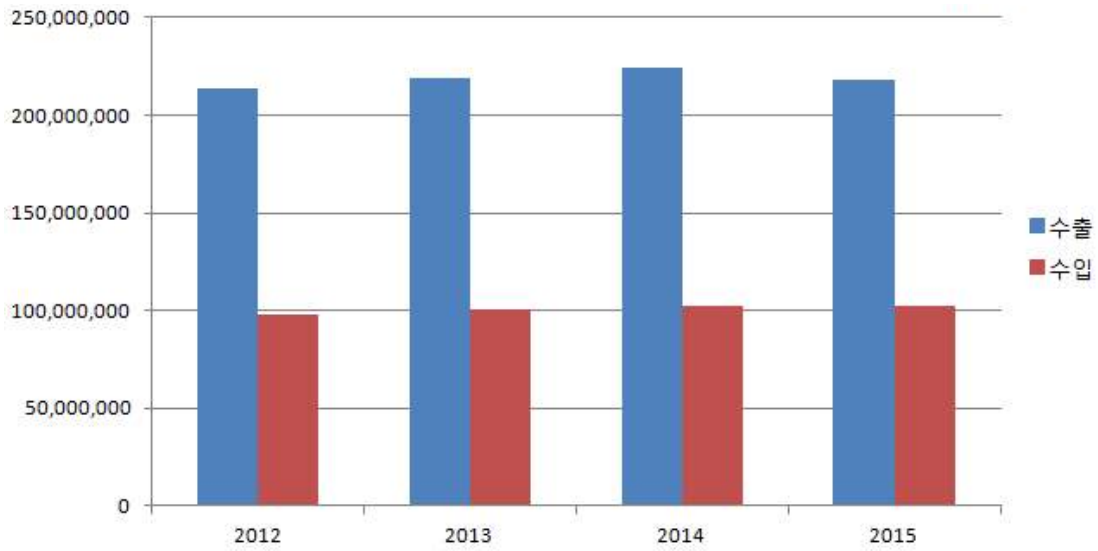
[ 제품분류별 경쟁자 ]

구분	경쟁환경	
기술분류	디바이스	서비스
주요 품목 및 기술	설비센서 액추에이터, 통신모듈 송수신 센서 단말기	소프트웨어 플랫폼 솔루션, 통신사업, 서비스사업
해외기업	Rockwell, GE, PTC, CDS, Siemens PLM, ABB Siemens, Schneider, Invensys, SAP, DessaultSystems, Mitsubishi 퀄컴, TI, 인피니온, GE, IBM, Apple, Google, 브로드컴, 미디어텍, ARM, Cinterion, Telit, Sierra, SIMcom, E-divie, Teluar	Jasper, Axeda, Aeris, Pachube, 퀄컴, Inilex, Datasmart, Omnilink, Data Technology Service, Cisco, Siemens, Bosch, Verizon, Sprint, AT&T, Vodafone, T-mobile, NTT 토코모, CrossBridge, Numerex, KORE
국내기업	두산, 현대, 삼성	두산, SKT, LG, KT

## 다. 전후방산업 환경

- 2016년 상반기 기계 산업은 일본 및 EU 수출 회복에도 불구하고 중국, 미국 등 주요 수출국의 경기 부진이 이어진 가운데 저유가 지속에 따른 산유국의 투자 위축으로 생산, 수출 수입 모두 감소세 지속
- 기계산업은 대외적 불안 요인이 확대되어 부진한 흐름을 이어갈 것으로 우려 됨

[ 기계산업 무역통계 ] (단위:원)



연도	수출	수입
2012	214,057,738	97,847,952
2013	219,163,869	100,759,853
2014	223,903,340	102,624,971
2015	218,261,850	102,393,699

출처 : 기계산업진흥회

- 2015년 소재부품 업종별 수출을 보면 비금속 광물 제품 전자 부품 등의 수출은 증가하였으나 화합물 및 화학제품 수송기계 부품 등은 감소 소재부품 업종별 수입을 보면 전자 부품의 수입은 증가했으나 화합물 및 화학제품, 금속 일반 기계 부품, 전기 기계 부품 등 나머지 업종의 수입이 감소하여 전체적으로도 감소함
- 2015년 부품 업종의 무역수지는 전기기계부품, 일반기계부품, 조립금속제품 등의 흑자가 확대됨



### 3. 시장환경분석

#### 가. 세계시장

- 가공시스템 분야별 세계시장은 연평균 11.5%의 성장률을 보이고 있으며, 이중에 ICT 기반의 S/W 시장도 연평균 13% 정도의 높은 성장세를 보이고 있음

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야의 세계 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만달러, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
가공장비	29,990	36,200	42,040	47,880	51,470	55,060	12.80%
시스템 패키지, ICT 요소 및 S/W	9,825	11,190	12,995	14,800	15,910	17,020	13.00%
CNC	7,280	7,620	7,995	8,370	8,785	9,200	4.90%
계	47,095	55,010	63,030	71,050	76,165	81,280	11.50%

\* 자료: 한국공작기계협회 시장분석, 2014

- 지능형 가공시스템 시장은 2009년에 245억 달러에서 연평균 약 13%의 성장률을 기록하며 2014년에는 507억 달러 수준에 이를 전망이다. 또한 고능률 복합가공시스템 및 친환경 가공시스템 세계시장은 2009년 144억불에서 연평균 15%의 성장률을 보이면서 2014년에는 333억불 규모로 성장한 바 있음
- 스마트화, ICT 융합 기술이 적용된 FMC/FMS 시스템을 포함한 자율적응 가공시스템의 시장규모는 '11년 58억불 수준으로, 이중 선진 공작기계 또는 시스템 전문 업체(Fastems 등)에서 시스템 패키지화되어 공급되는 FMC의 비중은 전체 시스템 공급의 50%를 차지할 것으로 예상된 바 있음
- 공작기계(지능형 가공시스템)의 국내외 최대 수요 견인 산업은 자동차, 기계, IT/전자 등으로 최근 항공·조선 및 풍력 등의 산업의 비중이 커지고 있으며, 향후 7%에서 최대 10%수준의 지속적인 성장 될 전망이며, 이는 'Total Solution Provider' 또는 'System Integrator'로서의 역할 요구가 심화되어 공작기계업체간 M&A를 통한 대형화 및 차별화가 지속될 것으로 전망되고 있음
- 제조환경 디지털화·글로벌화에 따라 네트워크 기술을 이용한 분산형 생산시스템으로 다양한 제품요구 대응 및 고능률화 요구에 대응하고, 수요기업의 고유연 맞춤형 장비 요구에 따라, 공작기계 메이커는 부품형상에 대한 하드웨어적 유연성 향상 또는 유연 생산 시스템 체제에 대응할 수 있는 ICT 융합 기술의 적용에 초점을 두고 있음

[ 사물인터넷 기반 스마트 팩토리 기술보유 주요 기업 ]

구분	유형	주요업체
디바이스	설비센서 액추에이터	Rockwell, GE, PTC, CDS, Siemens PLM(미국), ABB(스위스) Siemens(독일), Schneider(프랑스), Invensys(영국), SAP(독일), DessaultSystems(프랑스),Mitsubishi(일본)
	통신모듈 송수신 센서 단말기	퀄컴, TI, 인피니온, GE, IBM, Apple, Google, 브로드컴, 미디어텍, ARM, 삼성, Cinterion, Telit, Sierra, SIMcom, E-divie, Teluar
서비스	소프트웨어 플랫폼 솔루션	Jasper, Axeda, Aeris, Pachube, 퀄컴, Inilex, Datasmart, Omnalink, Data Technology Service, Cisco, Siemens, Bosch
	통신사업	Verizon, Sprint, AT&T, Vodafone, T-mobile, NTT 토코모, SKT
	서비스사업	CrossBridge, Numrex, KORE 등

출처 : “초연결시대 사물인터넷의 창조적 융합 활성화 방안”수경, 산업연구원(2013)

## 나. 국내시장

- 최근 들어 정부에서는 ‘제조업 혁신전략’을 내걸고 제조업의 지속적인 진화와 발전을 통해 경제의 혁신과 도약을 이루자는 운동을 전개하고 있으며, 이에는 ICT기술과 더불어 제조업의 핵심인 공작기계기술의 역할이 매우 중요함
- 국내의 가공시스템 분야별 시장은 2015년 약 3조 5,000억 원에서 2020년 약 6조 4,000억 원으로 연평균 10.9%의 성장률을 보이는 것으로 전망 됨. 특히 사물인터넷 기반 지능형 가공시스템 국내시장은 2015년에 6,251억원에서 연평균 13.0%의 성장률을 기록하며 2020년에는 12,451억원에 이를 전망임

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야의 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억원, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
가공장비	20,218.5	23,026	26,738.5	30,451	35,361.5	40,272	12.80%
ICT시스템 및 요소(S/W)	6,251	7,119	8,267	9,415	10,933	12,451	13.00%
CNC	9,005.5	9,445	9,984	10,523	11,062.5	11,602	5.10%
계	35,475	39,590	44,989.5	50,389	57,357	64,325	10.90%

\* 자료: 한국공작기계협회 시장분석, 2014

- 스마트 공작기계의 관점에서 ICT 기반 융합기술, 지능형 HMI 및 M2M 기술 등을 활용한 운영 기술 등의 개발이 필요하나, 이에 대한 연구가 지체되고 있는 실정이며, 국내의 IT & CT 기술을 활용하면 스마트 공작기계의 ICT 융합분야로 세계 시장선점이 가능함
- 자율적응 가공시스템의 시장규모는 정확한 데이터는 없으나, 세계시장의 5% 정도의 시장 규모로 예측됨(산업융합원천기술개발사업 자율적응 생산시스템 기획보고서). 국내 공작기계산업은 초기 선진국으로부터 기술도입 및 역설계 등을 통한 생산에서 국산화 독자개발 단계를 거쳐 현재 선진국과의 기술경쟁 단계에 진입함. 지속적인 자체기술 확보 노력에도 불구하고, 고부가가치 제품 분야에서 선진국과 기술격차를 좁히지 못하고 있음
- 국내 공작기계 메이커는 자사 제품의 품질경쟁력 확보를 위하여 국내 중소기업체들과의 기술협력 보다는 일본, 독일 등 선진 부품업체로부터 핵심부품을 공급받아 제품을 개발하는 것을 선호하며, 핵심부품인 CNC 장치, 서보모터, 주축/베어링, 이송계 등의 기술경쟁력이 미흡함. 특히 자동차 등 수요산업에서 요구되는 고능률/고유연 장비, 반도체·전자분야의 초정밀/미세 장비 등 고부가가치 제품은 대부분 수입에 의존하고 있는 실정임

## 다. 무역현황

□ IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술의 무역현황을 살펴보았음

- IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술의 수출현황은 '11년 57억 2,500만 달러에서 '15년 64억 9,300만 달러 수준으로 증가하였으며, 수입현황은 '11년 50억 2,600만 달러에서 '15년 49억 7,000만 달러 수준으로 감소함
- 최근 5년('11~'15년)간 연평균 성장률을 살펴보면 수출금액은 3.2%로 증가하였으며, 수입금액은 -0.3%로 감소하여 전체 무역수지는 21.5% 증가한 것으로 나타남

□ 무역특화지수는 '11년(0.07)대비 '15년(0.13)까지 증가한 것으로 나타나 점차 수출특화상태로 국내 기업의 수출량이 증가하고 있는 것으로 나타났으며, 향후 국내의 관련기술 시스템의 해외 시장진출이 활발하게 이루어질 것으로 예상됨

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 관련 무역현황 ]

(단위 : 천\$)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
수출금액	5,724,952	5,962,504	6,080,985	6,021,347	6,493,417	3.2%
수입금액	5,025,850	4,515,031	4,786,701	5,205,877	4,969,880	-0.3%
무역수지	699,102	1,447,473	1,294,284	815,470	1,523,537	21.5%
무역특화지수*	0.07	0.14	0.12	0.07	0.13	-

\* 무역특화지수 = (상품의 총수출액-총수입액)/(총수출액+총수입액)으로 산출되며, 지수가 0인 경우 비교우위는 중간정도이며, 1이면 완전 수출특화상태를 말함. 지수가 -1이면 완전 수입특화 상태로 수출물량이 전혀 없을 뿐만 아니라 수입만 한다는 뜻  
 \* 자료 : 관세청 수출입무역통계 HS-Code(6자리 기준) 활용

## 4. 기술환경분석

### 가. 기술개발 트렌드

- ICT 융합 스마트 가공시스템은 기존 가공시스템(공작기계)의 성능향상을 위해 새로운 요소-제어 기술을 접목하거나, 공정의 융복합 또는 공정운영 최적화를 통해 기존의 정밀도 및 생산효율의 한계를 극복할 수 있는 가공공정-장비 및 시스템 기술을 의미함
- 제품변화와 리드타임 단축대응을 위한 고속화, 복합화는 보다 다변화된 고객 요구에 대응하기 위해 플랫폼 자체의 유연성 배가가 기술의 초점으로, 최대 수요처인 자동차 분야에서는 친환경에 대응한 난삭재 고능률 가공시장이 빠르게 확대되고 있고, 항공, 조선산업 등의 대형 고부가가치화와 품력 등 신산업의 급성장으로 인해 대형 복합 가공시스템의 개발 경쟁이 치열함
- 최근 장비, 유연자동화 주변장치/셀, 운영-제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템의 턴키(turnkey) 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화가 진행되고 있으며, 향후 셀기반 유연생산 시스템으로의 전환이 예상되고 있음. ICT 기반의 고능률 복합가공시스템 기술은 일본의 Mazak, Mori-Seiki, 독일의 DMG 등 대형 공작기계 메이커를 중심으로 다양한 형태의 복합가공기가 개발/소개되고 있음
- 센서융합 및 네트워킹 기술, PMC 인터페이스 기술, 실시간 모니터링/진단, 클라우드 기반 데이터 관리기술 등의 ICT 기반 융합기술을 활용하여 스마트 공장 및 첨단가공 분야에 적용가능한 양방향 통신용 스마트 공작기계시스템 개발의 필요성이 제고되고 있음
- 스마트 머신간의 양방향 통신(M2C) 기능은 공작기계의 상태 정보, 가공정보, 운용정보 및 생산 정보 등을 상호 공유할 수 있게 되고, 정보화된 클라우드를 통해 생산설비 및 공장 운영체계를 최적화 하므로 향후 스마트 공장을 구현하는데 한층 효율화를 기할 수 있게 됨
- PMC 인터페이스 기술을 활용한 공작기계 상태정보 추출 기술은 기존의 공작기계를 스마트화 하는 핵심기술로서 다음과 같은 요소기술에 대한 연구가 진행되고 있음
  - 공작기계의 동작상태 및 현상태를 나타내는 PMC(Programmable Machine Controller) 인터페이스를 통해 공작기계의 상태를 CNC 독립적인 공작기계 상태정보 추출 기술
  - PMC의 DI(Digital Input) 접점과 표준 인터페이스 기능을 가지는 지능형 HMI(Human Machine Interface) 탑재용 미들웨어 구현 기술
  - 미들웨어는 스마트 주축, 이송계, 기계구조계, 지그 & 픽스처 등에 삽입된 센서신호를 수집할 수 있는 AI(Analog Input) 단자를 포함하고 있어야 하며, 이들 신호를 디지털화 할 수 있는 디바이스를 구현 기술

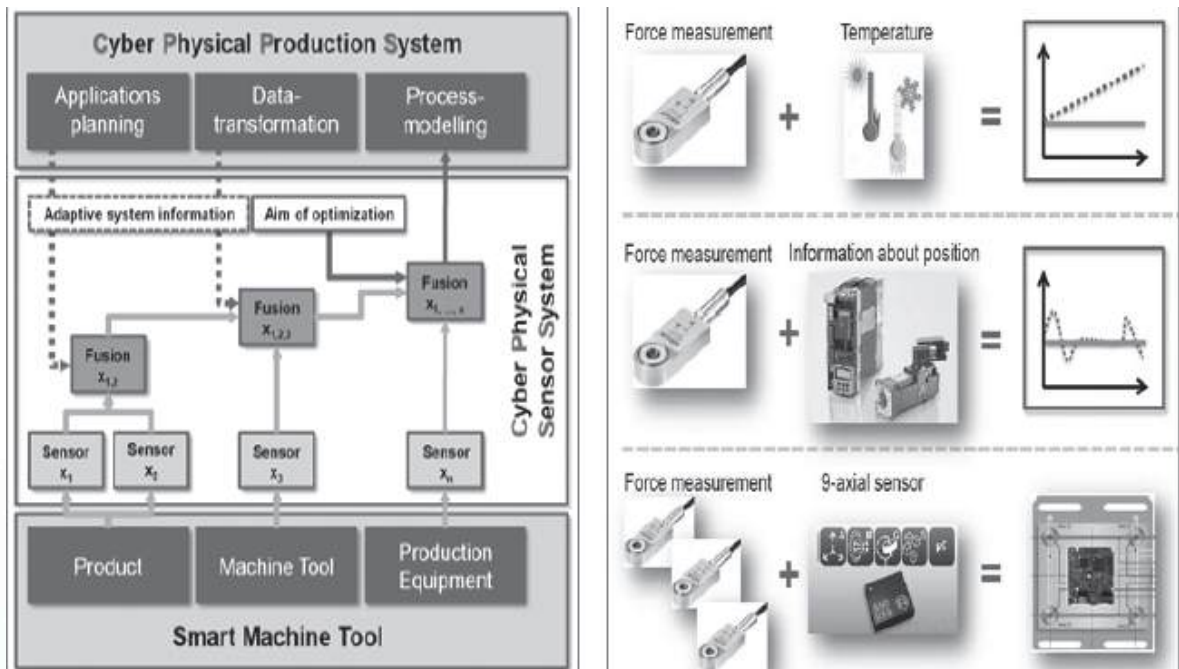


출처 : 한국중소화학기업협회

[ 양방향 통신(M2C)이 가능한 ICT 기반 차세대 스마트 공작기계 시스템 ]

- ICT 기반 스마트 공작기계시스템의 핵심요소 기술 개발은 스마트 구성요소, 기계구성시스템, 시스템 구현기술 등에 관한 연구가 진행되고 있음
  - 연구의 주된 방향으로서는 ICT 기반 융합기술이 내장된 가공시스템과 핵심기술을 개발하여 첨단 고부가 가치 제품을 고정밀/고효율로 가공하는 스마트 공작기계시스템을 개발하는 것으로 진행되고 있음
  - 온도제어(±0.5 이내), 진동감지(불균형 0.5 $\mu$ m 이내), 미세부하감지(무부하 5 %이내), 가변예압(±10% 이내)이 가능한 스마트 주축 시스템, 온도제어(±1 이내), 미세부하(무부하 5%이내) 감지가 가능한 스마트 이송 시스템, 열변위 보상(±5 $\mu$ m이내), 온도제어(±1 이내)가 가능한 스마트 기계구조 시스템 개발하여 스마트 기계 시스템을 구현하는 기술임
  - RFID, 바코드, 비전 등의 인식장치를 활용 한 공구홀더 인식 및 실시간 공구수명관리가 가능한 ATC 및 공구관리 모듈개발과 실시간 하중 모니터링이 가능한 지그&픽스처 등의 스마트 구성요소를 개발/적용하여 공작기계의 스마트화를 제고하는 기술이 연구되고 있음
  - 접촉식/비접촉식 기상측정, 센서융합 기반 자기 모니터링, 경험기반 공정학습제어, 열변위 보상, NC 시뮬레이션 입/출력, 지능형 HMI 및 이를 활용한 M2C 등의 ICT 기반 융합 S/W 이식이 가능한 제어장치(미들웨어)의 설계 및 개발하여 스마트 공작기계시스템을 개발하는 연구를 수행하고 있음

- 센서 융합 및 네트워킹 기술을 활용한 공작기계 상태 및 가공공정 모니터링 시스템을 구축하는 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음
  - 다중센서(온도, 진동, 전압/전류, 하중, 유압, 유량, RFID 및 비전 등) 및 센서융합(센서융합도 2개 이상)기반 공작기계시스템 상태추출에 대한 기술은 공작기계의 스마트화에 대한 핵심요소 기술이며, 센서의 빌트인(built-in) 기술 및 내구성 및 내환경성에 대한 연구가 진행되고 있음(센서의 내구성 및 내환경성 : 공작기계사용환경(IP56) 적합성 충족)
  - 센서 인터페이스 및 공작기계와의 통신을 위해 산업용 표준 및 CAN, OPC, IoT(Internet of Things), Fieldbus 등의 다양한 통신프로토콜을 지원하는 통신 및 네트워크에 대한 연구도 수행 중임

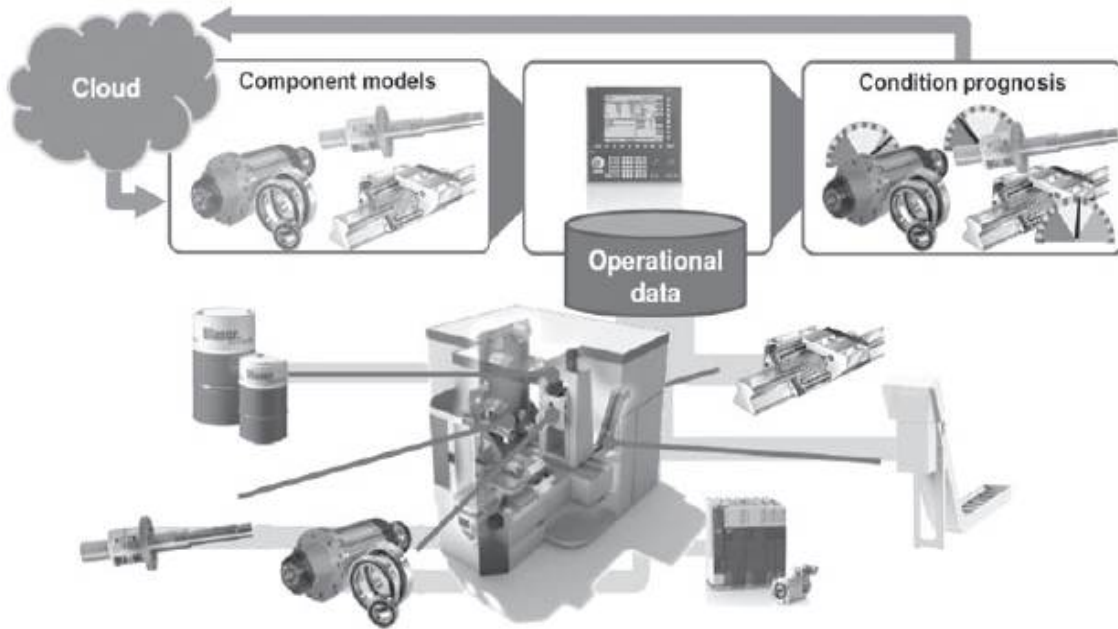


출처 : AWK 2014 (Fraunhofer IPT & WZL RWTHAACHEN)

[ 센서 융합/네트워킹 기술 및 적용 예 ]

- 센서융합 신호를 이용한 ICT 융합기술 개발에 대한 연구가 진행되어 기존의 데이터를 활용하여, 생산운영에 필요한 데이터를 융합하여 공정에 적용하고 있음
  - 센서 신호를 활용한 CBM(condition-based maintenance) 기반 공작기계 및 주변장치에 대한 예지보전(preventive maintenance) 기술의 적용
  - 공작기계 시스템 관리 및 상태 데이터 관리용 구조 및 클라우드 기술과 데이터 수집/처리 모듈이 적용되어 데이터관리 95% 이상을 목표로 하는 생산 공정 정보 관리 기술이 연구되어 적용하고 있음
  - 센서로부터 융합된 모니터링 신호를 이용한 self-learning, self-optimizing 기능을 가지는 공작기계 시스템의 고장진단 기능에 대한 연구 진행
  - 공작기계 진단 및 추론을 위한 공작기계시스템의 고장상태 코드화 기술, 추출된 데이터의 관리 및 활용에 대한 기술이 적용되어 정보의 클라우드화 기술이 진행되고 있음

- 초소형 경량화, 공작기계에 부하를 주지 않고 직관적 사용자 인터페이스 기반의 모니터링 모바일 디바이스 설계 및 기술 등에 대한 연구는 공작기계시스템의 스마트화 및 스마트 공장 구현의 핵심 구성요소로 등장되고 있음 (공작기계 장착 S/W 기반의 모바일 모니터링 디바이스)

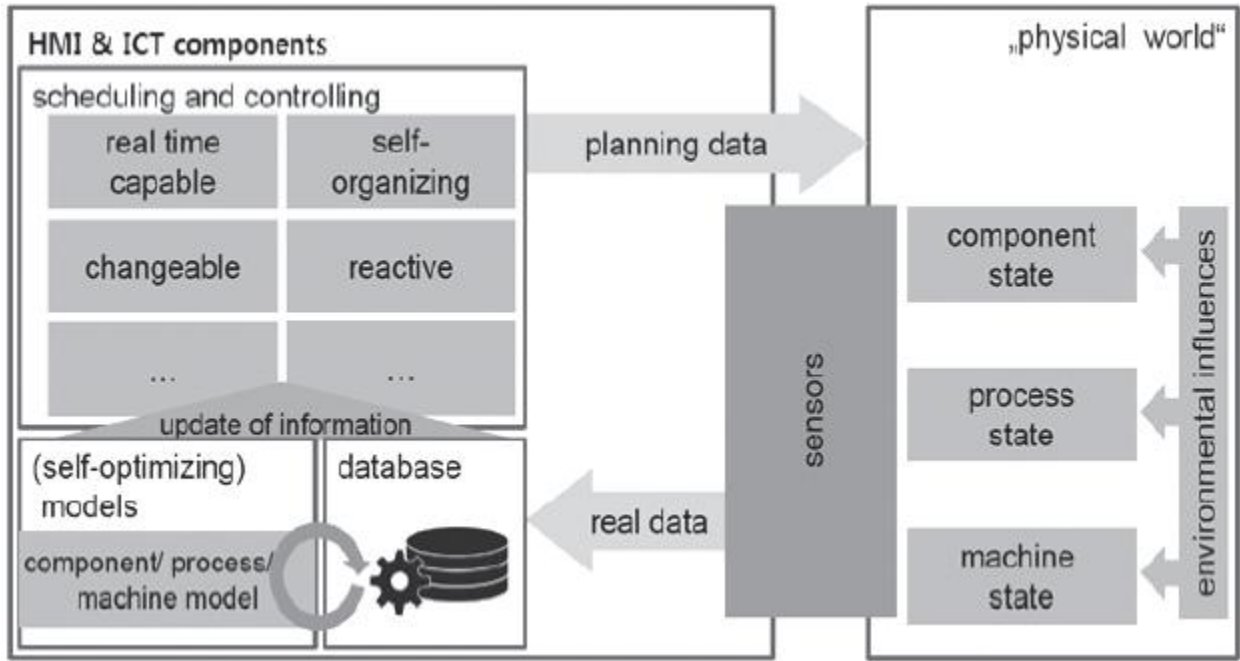


출처 : AWK 2014 (Fraunhofer IPT & WZL RWTHAACHEN)

**[ 공작기계 자가진단 및 고장진단 ]**

- 지능형 HMI 기술과 기계간 통신 및 클라우드 통신(M2C) 기술은 ICT 기술에 의해 빠르게 발전하고 있고, 이들 기술은 실제 공작기계시스템에 장착되어 스마트 공작기계시스템의 구현 및 적용영역이 확대되고 있음
  - 작업자 친화형 지능형 HMI 구현은 센서를 통한 실제 데이터를 수집 및 가공하여 공작기계시스템 운용에 대한 계획 데이터를 생성하는 기술이 개발되고 있음
  - 이는 대화형 CAM을 이용한 가공데이터 자동화 기술 및 추론 기능을 가지는 rule 기반 가공 최적화 기술 등이 실시간으로 가공되어 공작기계를 운용함
  - 또한 지능형 HMI를 이용하여 NC 가공의 실시간 시뮬레이션 및 보정기술 등과 같은 IT 기술 등이 실제 공작기계에 장착되고 있음





출처 : AWK 2014 (Fraunhofer IPT & WZL RWTHAACHEN)

[ HMI & ICT 기반 S/W 실장 기술 ]



출처 : 국가기술표준원 기술보고서 제78호, 「스마트공장 기술 및 표준화 동향」

[ ICT기반 스마트 공장 IT솔루션의 구조 ]

## □ 애플리케이션

### □ 지능형 생산 시스템

- 생산 관리, 정보 시스템 등이 해당되며, 2014년 현재 FA 전체 시장의 79%를 차지
- 생산 관리를 담당하는 FA 시스템인 MES는 공장에서 설비와 원자재 수량과 상태를 실시간으로 파악하고 생산 계획에 기초해 작업 스케줄 작성 및 제출 등을 실시
- 그 동안 수요의 중심이었던 유럽, 미국과 함께 중국에서도 수요가 높아지고 있으며 향후 공장의 정보화가 더욱 진행되면 MES의 역할이 커질 것으로 전망

### □ ERP

- 사람·재화·돈·정보 등의 경영 자원을 일원 관리하는 소프트웨어
- IoT를 ERP와 연계시킴으로써 제조 장치의 가동 상황을 실시간으로 파악하고 경영 판단에 활용
- 패키지 판매로 인해 클라우드, SaaS의 제공이 증가
- 서비스 단가는 감소 추세이나 신흥국 수요가 증가해 완만한 성장이 예상

### □ 기존 제품의 품질 한계를 점핑시킬 수 있으면서 첨단기술 (신소재, 신제조기술 및 IT화 등)과 접목된 열처리 기술의 경우, 향후 전방 수요산업의 산업 경쟁기반 강화, 고부가가치화 부응함으로써 고가 기술로서의 역할을 충분히 할 수 있을 것으로 기대

### □ 현재 제조 애플리케이션 공급 기업들은 자사 솔루션의 영향력을 늘리기 위해서 각자의 독립된 플랫폼만을 제공, 수평·수직적 연계성이 취약

### □ 기존의 엔지니어링 소프트웨어 공급 기업들과 비즈니스 솔루션 공급 기업들도 서비스 하던 솔루션의 영역을 넓혀가고 통합하는 추세

- 독일의 SAP은 기존의 수직적 아키텍처(PLC → MES → ERP)에서 PLC와 실시간 인터페이스가 가능한 MES와 통합된 ERP를 제공, 생산 환경의 동적 변화에 유연하게 대응 가능한 솔루션을 제공

### □ 친환경 공작기계 기반의 전 공장 에너지 효율화 솔루션 공급 생산

- 현장에 운영 중인 기계들의 에너지 소비패턴을 명확히 식별하여 예상치 못한 낭비요인을 규명하고 이를 생산공정 전반의 에너지 관리 활동에 피드백 할 수 있는 에너지 관리 솔루션을 출시
- 공작기계의 운전상태 별로 에너지 소비패턴을 분석하고, 각각의 모드에 따라 다시 기계를 구성하는 주축, 이송계, 냉각펌프 등의 기능 유닛 별로 소비전력을 분석하는 솔루션 공급을 확대

## □ 플랫폼

### □ 스마트 공장 구현을 위한 기술

- FA 기기·시스템 : 제조 장치, 센서, 컨트롤러, 생산 시스템 등
- 네트워크와 M2M/IoT : FA 기기·시스템 연결

- FA 시큐리티 시스템 : 폐쇄된 네트워크 환경 하의 제조장치 등을 연결
- 세이프티 시스템 : 작업자와 로봇의 협업에 필요
- IoT, 빅데이터와 같은 플랫폼 전문기업들의 제조업 지원 솔루션 개발이 이루어짐
  - 지멘스의 TIA(Totally Integrated Automation, 완전 통합자동화) 플랫폼 : 다양한 제조디바이스들과의 표준 IoT 기반 연동, 여러 단일공장의 연결성을 지원하여 광역형 공장으로 확장시킬 수 있는 기술 제공
- 생산 시스템의 부가가치를 극대화하기 위해서 기존 장비(공작기계) 위주의 생산시스템 공급을 탈피하여 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 ICT 융합형 기계, 장비 및 생산시스템 패키지 공급이 확대
- 생산 시스템 공급업체들이 ICT를 접목하여 장비들의 최적운동을 지원하는 소프트웨어를 동반 개발하고 장비와 결합된 형태로 패키지화하여 공급하는 시장이 급증
- 다품종 생산체계 하에서는 이 기종 장비들을 신속적으로 운영하기 위한 통합 운영 솔루션의 중요성이 더욱 부각되고 있어 공작기계도 다양한 ICT의 접목이 필요
- 공작기계 간 네트워크, 주변 장치와의 인터페이스, 상·하위 시스템으로의 확장이 고려된 High-End 장비가 필요
- 실시간 데이터 수집, 모니터링, 제어, 활용을 가능케 하는 ICT를 공작기계 및 공정기술에 융합, 응용하여 생산시스템을 지능화, 고유연화, 친환경화 하는 고부가 가치 기술 확보가 필수
- 다품종 유연생산 대응 공작기계 간의 인터페이스 및 재구성이 가능한 가공시스템 토탈 솔루션 공급이 확대
  - 다양한 수요자 맞춤형 생산 시스템을 구성하거나 생산 제품, 계획의 변화 및 생산 공정의 문제에 실시간으로 대응하기 위해서는 무인화 기반 생산라인의 가동률을 극대화 시킬 수 있는 제반 하드웨어와 이를 제어·운영하는 소프트웨어 확보가 필요
  - 기존의 양산라인에 대한 생산성보다는 생산제품 변화에 따른 신속한 생산 셋업과 시장의 다양한 제품 요구에 대응한 로봇, 자동차 요소, 툴링, 픽스처 등 시스템 요소와 이들에 대한 최적 운영 소프트웨어가 패키지화된 토탈 솔루션을 공급

## ▣ 디바이스

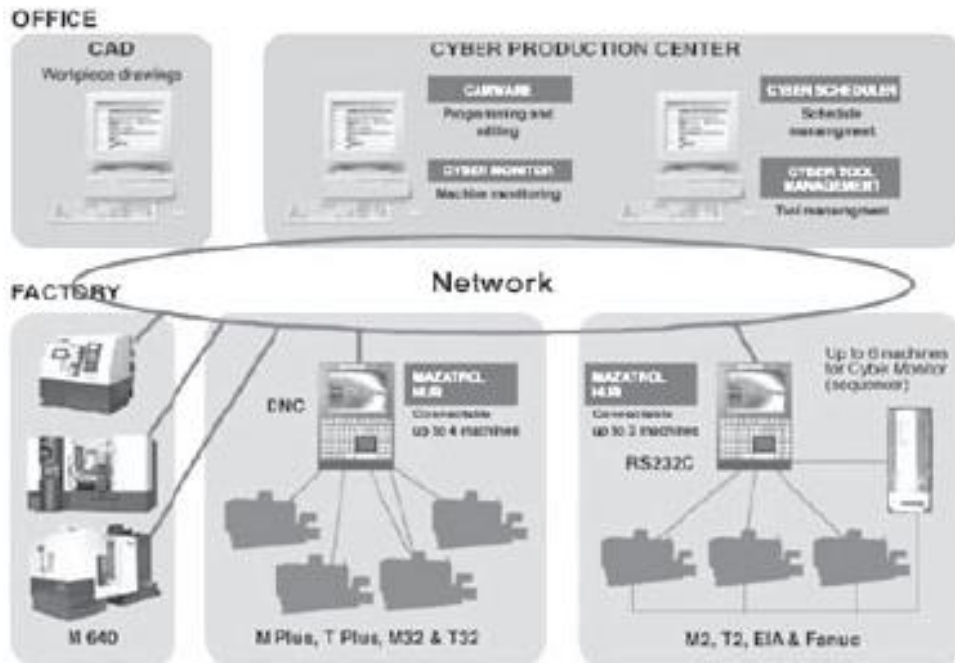
- 지능형 컨트롤러 : FA 기기·시스템의 차세대형 컨트롤러로 처리 능력이 우수하며, PC 기반 컨트롤러 : 유연성과 확장성, 기존의 마이크로 컴퓨터 기반 컨트롤러를 대체 중
- 다양한 스마트디바이스 출시 가속화 : 단순 자동화에서 벗어나 센서를 통해 다양한 기기상태 정보를 전송하고, 실시간 피드백을 제조기기에 반영
  - 독일의 FESTO : 드라이브, 밸브, 센서 등에 컨트롤러, 무선통신기기 등 다양한 기능을 통합 개발, 해당 부품들의 실시간 상태 모니터링 및 데이터 통신 제어를 가능케 하고 장비 부품 간 실시간 커뮤니케이션을 구현

- IoT 플랫폼과 연계된 산업용 스마트 디바이스를 통해 기기 간 제어 및 모니터링을 수행하는데 상호 운용성을 극대화 가능
- 글로벌 장비업체들은 공작 기계 구성 요소인 CNC(Computerized Numerical Control, 컴퓨터 수치 제어)부터 공작기계들로 구성된 생산라인에 이르기까지 지능화, 고유연화, 친환경화 기술 트렌드에 대응할 수 있는 다양한 ICT 활용 기술을 개발
- CNC 제어기의 지능화·개방화에 따른 임베디드 소프트웨어 개발을 가속화
  - 전통적인 제어기는 공작기계의 축을 정밀하게 구동하기 위한 수치제어를 주요 기능으로 평가
  - 최근에는 가공시스템의 브레인 역할을 담당하는 CNC에 각종 운영 진단, 서비스 기능과 가상 머시닝 S/W를 내장, 연동하여 운영
  - 공작기계-자동화장비 통합제어를 위한 개방형 플랫폼, 이기종 시스템 통합운영을 위한 MTConnect™ 인터페이스 등과 같이 보다 향상된 연결성과 사용자 편의성을 지원하는 S/W 개발을 가속화
- CNC 및 센서모듈 피드백 기반의 자가진단 및 능동제어 기능을 탑재한 가공시스템 상품화
  - 최근 자동차·항공 등의 수요산업에서 대규모 리콜 등의 품질 경영 문제가 발생함에 따라, 장비의 신뢰성 강화와 자사의 품질관리 체계에 맞는 장비-시스템 솔루션 개발을 요구하는 추세
  - 일본, 독일의 선진업체들은 다양한 지능화 요소를 상품화하여 High-End 장비에 탑재(주축 상태자가 모니터링 및 충돌방지, 치구 언밸런스 자율 보정, 이송계 능동형 진동 제어, 열변위 보정제어 등)

## 나. 주요업체별 기술개발동향

### (1) 해외업체동향

- Mazak의 Cyber Factory는 Network를 기반으로 Machine Data, 머시닝 프로그램, 장착물 데이터, Cutting tool files, 생산 스케줄에 대한 접근성 향상을 통해 실시간으로 공정을 관리하는 시스템으로 Cyber Scheduler, Cyber Tool Management, Cyber Machine Monitor 모듈 등으로 구성
- Cyber Factory를 통해 Tool의 수명 측정(Warning Sign 표시), 주간 작동상태 Report와 Spindle load records, Trouble-shooting을 위한 Alarm Navigation, 유지보수 모니터링 등을 지원



출처 : AWK 2014 (Fraunhofer IPT & WZL RWTHAACHEN)

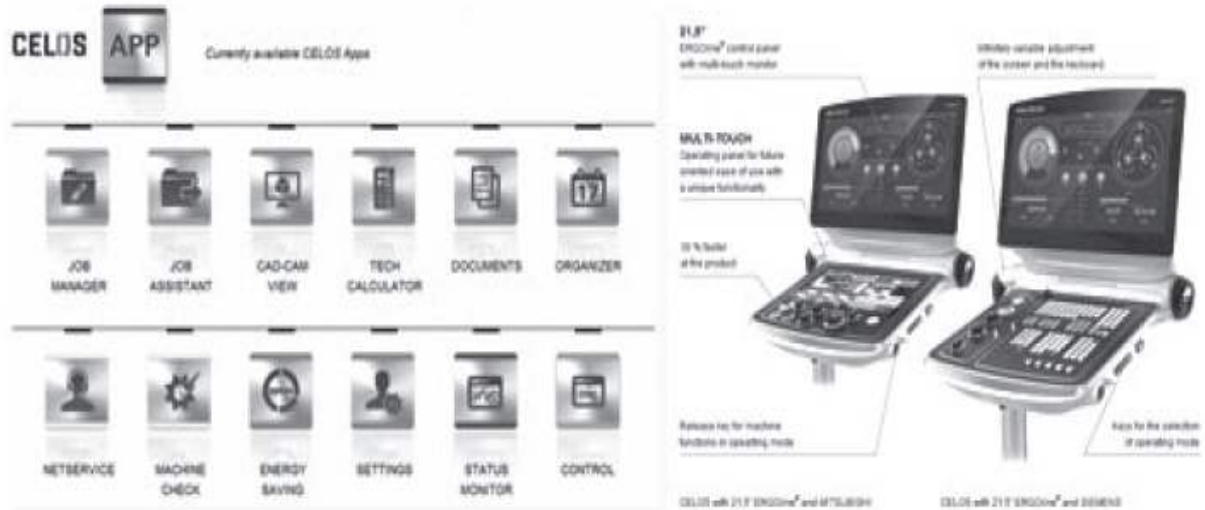
[ Yamazaki Mazak사, CPC : Cyber Production Center 개념도 ]

- 공작기계 분야 세계 제일의 업체인 일본 Mazak의 Integrex-e 시리즈의 e-Tower는 공작기계로부터의 다양한 정보를 수집하고 작업자에게 원격 전달하는 중계기 역할을 하는 생산라인의 공작기계에 대한 모니터링 설비로 무인가공 시간 극대화, 가공공정, 훈련, 유지보수, 스케줄 정보를 제공
- Mazak의 Smooth X는 스마트폰, 태블릿 PC와 유사한 사용성을 지원하는 새로운 HMI로서, Factory Management Support 기능을 제공하여 컨트롤러와 MES, ERP 등 상위 생산 공정시스템과 데이터 정보 공유가 가능하도록 하여 생산성 향상을 지원

[ Yamazaki Mazak가 표방하는 Intelligent Machine ]

구분	내용
Active Vibration Control	축 이동 가속/감속에 따른 기계의 진동감소를 통해 가공정확도와 머시닝 타이밍 개선
Intelligent Thermal Shield	공작기계 작동에 따른 열 발생에 의한 Machine Unit의 변형과 가공기 일부분의 이탈을 제어
Intelligent Safety Shield	작업자 기계구동시 싱크로나이즈된 3D Model을 CNC 디스플레이에 구현하여 작동시 사고 대비
Mazak Voice Adviser	작동을 위해 입력한 스위치에 대한 안내 메시지와 주의 사항을 Voice를 통해 속지
Intelligent Performace Spindle	스핀들 내에 장착되어 있는 센서가 가공시 제어가 필요한 다양한 속성을 모니터링
Intelligent Maintenance Support	필터, Cover Wiper 등 소모성 자재의 상태를 지속 모니터링

- DMG-MORI의 CELOS는 기계와 상위 시스템(ERP, MES 등)과의 연계를 통해 생산 및 품질관리가 가능하도록 하는 새로운 HMI로 아이디어부터 최종 제품의 가공까지 전 공정을 단순화하고 빠르게 진행할 수 있는 디지털 제조 환경을 지향하고 있음



출처 : AWK 2014 (Fraunhofer IPT & WZL RWTHAACHEN)

[ DMG-MORI의 CELOS 기능 및 HMI ]

□ 독일(인더스트리 4.0)



출처 : 자료 출처: 국가기술표준원 기술보고서 제78호, 「스마트공장 기술 및 표준화 동향」

[ '제조업 혁신전략' 인더스트리 4.0 대두 배경 ]

- 세계 2위 제조강국 독일은 '첨단기술전략 2020'에 포함된 인더스트리 4.0으로 민·관·학 프로젝트를 추진
  - 정책 초기에는 독일연방정부 교육연구부에서 수행했으며, 2012년부터 2015년까지 2억 유로의 정부 예산을 투자

- 핵심 동력은 정보통신기술이며, 네트워크에 연결된 기기간 자율적으로 공동작업하는 M2M, 네트워크를 통해 얻을 수 있는 빅데이터 활용, 생산부문과 개발-판매-ERP-SCM-PLM 등의 업무시스템 연계 M2M(Machine to Machine), ERP(Enterprise Resource Planning), SCM(Supply Chain Management), PLM(Product Life-cycle Management)
- 사물, 서비스 간 인터넷의 확산으로 지능형 생산시스템이 구축됨으로써 기존 제조업의 생산 방식을 스마트 생산으로 전환
- 기존 생산체계가 스마트, 그린, 도심형 생산으로 변화
  - 스마트 생산 : 고정밀·고품질·맞춤형·소량생산
  - 그린 생산 : 자원효율성이 높고 지속 가능한 생산
  - 도심형 생산 : 거주지와 인근지역에 생산 공장이 위치
- 원료, 생산, 물류, 서비스, 제품까지도 모두 임베디드 시스템을 통해 네트워크에 연결되고 사이버물리시스템(CPS)을 통해 생산 과정을 통제
- 초기 인더스트리 4.0 전략이 사물인터넷, 사이버물리시스템 등 스마트공장과 관련된 기술표준의 개발 지연과 데이터 보안 문제 미해결로 실용화가 떨어진다는 지적에 따라 그간 성과를 분석하여 개선작업을 진행
- 플랫폼 인더스트리 4.0 선언
  - 인더스트리 4.0의 초기 접근방법을 보완하기 위해 제조공정 디지털화 전략 개선, 표준화, 데이터 보안, 제도 정보 및 인력 육성을 새로운 과제로 재설정하는 '플랫폼 인더스트리 4.0' 전환

[ 기존 인더스트리 4.0과 플랫폼 인더스트리 4.0 비교 ]

구분	인더스트리 4.0	플랫폼 인더스트리 4.0
주체	-산업협회	-경제에너지부, 교육연구부
형태	-연구 어젠다 중심 -국가 차원의 미래첨단기술전략 10개 핵심 주체에 포함	-정부기관 책임 하에 산업, 노조, 연구기관이 함께 참여하는 현 정부 핵심 추진 과제
핵심추진과제	-인더스트리 4.0 개발·발전 및 적용 전략 도출	-기존 인더스트리 4.0의 적용전략 제안을 바탕으로 5개 핵심 분야로 세분화, 각 분야별 실제 적용 가능한 결과물 도출 -참조구조 및 표준 -연구 및 혁신 -연결된 시스템에서의 보안 -법적, 정책적 조건 -인력 육성, 교육
목표결과물	-인더스트리 4.0 실행 기획안 - 2015년 4월 적용전략 제안문서 발표	-각 핵심 분야에서 손에 잡히는 결과물 도출 - 2015년 11월 19일 정부 주최의 IT 최고 정책회의에서 1차 결과물 발표

출처 : BMWi(경제통상부) 자료 종합, 포스코 경영연구원 '다시 시작하는 인더스트리 4.0'(2015.6)에서 인용

#### ▣ 미국(첨단 제조 전략)

- 미국은 대통령 과학기술자문위원회(PCAST)의 권고로 첨단 제조 파트너십(AMP) 프로그램 발족 (2011년 6월)
  - PCAST(President's Council Advisors on Science and Technology), AMP(Advanced Manufacturing Partnership)
- 미국 정부는 향후 5억 달러 이상 투자를 약속하며 미 연방정부에 의해 추진될 핵심 단계 발표
  - 국가 안보 및 산업에 관련된 제조 역량 강화
  - 국가 안보 및 산업에 관련한 제조 역량 강화
  - 첨단 물질의 개발 및 상용화 시간 단축
  - 공장 근로자, 의료인, 군인 등 민간 업무를 지원하기 위한 차세대 로봇 개발
  - 혁신적이고 에너지 효율적인 제조 공정 개발
- PCAST에서 권고한 16대 첨단제조업 육성 정책이 채택, 실행 중

[ PCAST의 16가지 정책 권고 ]

범주	권고 사항
혁신의 실현	1. 범국가적 첨단 제조 전략의 수립 2. 최상위 범분야 기술의 R&D 자금 지원 확대 3. 범국가적 제조 혁신 기관 간 네트워크 수립 4. 첨단 제조 연구의 산학 협업 활동 강화 5. 첨단 제조 기술의 상업화를 위한 주변 여건 조성 6. 범국가적 첨단 제조 포탈 구축
재능의 숙련화	7. 제조에 대한 일반인의 오해 수정 8. 재향군인을 위한 인재 풀 마련 9. 지역 대학 단위의 교육 투자 10. 제조 숙련도 증명 및 승인을 위한 파트너십 개발 11. 첨단 제조 관련 대학 프로그램의 확대 12. 범국가적 제조 펠로우십 및 인턴십 창설
비즈니스 환경 개선	13. 세제 개혁 14. 첨단 제조 관련 법률 규제의 유연성 확보 15. 통상 정책의 향상 16. 에너지 정책 개선



- 스마트 제조 선도 기업 연합(SMLC) : 미국 정부 주도의 첨단 제조능력 확보를 목표로 범국가 차원의 연구개발 컨소시엄 발족
  - SMLC(Smart Manufacturing Leadership Coalition)
    - SMLC의 구성과 특징 : 산-학-연-정 협의체 성격의 비영리 기관, 스마트제조를 위한 개념 수립부터 기술 목표, 로드맵 및 역할분담 등의 구체적 실행 방안을 제안하고 이를 시행 추진 중
    - ‘21세기 스마트제조 모범 사례’를 구현하는 데 주력하면서, 인터넷 프로토콜(IP)이 가능한 네트워크(산업용 이더넷), 정보 인프라(하드웨어 및 소프트웨어), 지능형 연결장비(센서, 액추에이터)를 활용
- SMLC에서는 관련 연구를 통해 2020년 기준으로 달성해야 할 정량적, 정성적 평가 항목과 목표를 제시하고 있음

[ SMLC, 스마트제조의 평가항목 및 목표 ]

평가항목	정량적, 정성적 목표
제품 사이클 단축	-제품의 시장 진입 사이클의 10배 가속화
스마트제조용 모델 및 툴의 비용 전략	-현 벤치마킹 소프트웨어 및 시스템 대비 80~90% 수준의 구현 비용 감소
스마트제조 컨셉의 전사적 구현	- 제조 기업 내 공장 운영 75% 수준에 대한 공장 자산(장비 및 시스템) 90% 수준의 모델링화 및 구현
수요기반의 자원 효율성	- 운영 효율성 20% 증가 및 운영 비용 30% 감소 - 안전 사고 25% 감소 - 에너지 효율성 25% 증가 - 재조 소요 시간 40% 까지 단축 - 공급 사슬망에서의 제품 추적성 확보
제품 지속가능성의 공통 이해 창출	- 제품 지속성을 위한 데이터 및 모델링 프레임워크 개발
현 산업 기반 유지 및 성장	- 신산업 발굴을 통한 25% 수익 증가 - 신제품 및 서비스 개발을 통한 25% 수익 증가 - 중소기업의 역량 두배 강화 - 고숙련을 요구하고 안정적인 일자리 증가

(2) 국내업체동향

- 국내 공작기계 산업의 경우 CNC 선반, 머시닝센터 등을 주력기종으로 세계시장을 확보하고 있고, 하드웨어에 대한 독자 설계기술을 보유하고 있으나, 인터넷 강국임에도 불구하고 ICT를 활용한 공작기계 기술은 여전히 후진성에 머물고 있음
- 고속·고정밀화, 다기능·복합화, 유연화·지능화 및 소형화(콤팩트화) 등 고부가가치 핵심 기반기술 분야에서 선진국과의 기술격차가 확대되고 있음. 복합 터닝센터 등 일부 기종을 상용화하고

있으나, 머시닝센터, CNC 선반/터닝센터, 방전가공기 등 주력기종의 다양화와 비교하여, 선진국과 같은 다양한 상품화가 부족함. 특히 자동차 관련 초고속·초정밀 또는 다계통(multi-Path) 복합가공기의 모델 개발 및 생산이 이루어지고 있으나, 선진국에 비해 정밀도, 강성, 신뢰성에서 열세를 보이고 있음

- 특히 화천기공, 두산 인프라코어 등의 공작기계 제조사를 비롯하여 기계연, 생기연, POSTEC 등의 연구기관들이 첨단 고부가가치 부품 및 제품 생산용 가공시스템과 ICT를 활용한 각종 소프트웨어를 탑재한 가공시스템을 개발, 일부 상용화 하였으나 금형 가공분야의 화천기공을 제외하면 전반적인 공작기계기술은 미미한 상태임
- 스마트 공작기계의 관점에서 ICT 기반 융합기술, 지능형 HMI 및 M2M 기술 등을 활용한 운영기술 등의 개발이 필요하나, 이에 대한 연구가 지체되고 있는 실정이며, 국내의 IT & CT 기술을 활용하면 스마트 공작기계의 ICT 융합분야로 세계 시장선점이 가능함

#### 다. 기술인프라 현황

- 스마트공장이 공장인터넷, 상호 운영적 통합제조, 유비쿼터스 제조, 디지털 공장, 자동화 및 자율기반 유연 제조시스템 등의 진화와 WSN(Wireless Sensor Network), MES(Manufacturing Execution System), M2M(Machine to Machine), WoT (Web of Things), IoT, IoF(Internet of Factory Things), CPS등 기술 패러다임을 상속한 결과로 볼 때, 스마트공장의 최근 기술은 IoT와 CPS 패러다임이라고 할 수 있음.
- IoT가 사물객체들의 인터넷 기반 연결이고 CPS는 가상과 현실세계 객체의 통합 연결 시스템이라면, 스마트공장은 공장 사물인 센서, 액추에이터, 설비 등 모든 현실세계 객체와 이들 간의 네트워크, 인터넷으로 연결 구성된 가상세계를 제어하고 관리하는 종합 시스템이 됨
- 스마트공장 구현의 핵심은 제조 IoT기술을 기반으로 공장 내 외부 관리 자원을 연결하고 제조 및 서비스 최적화를 위한 플랫폼의 구성임. 플랫폼의 기술 구성은 생산 데이터의 실시간 수집, 생산 빅데이터의 분석 및 응용이 기본임. 생산 데이터의 실시간 수집 기술은 수집기와 미들웨어에 의해 수행되며, 빅데이터의 분석 및 응용기술은 공정성능 및 품질변수 검증, 설비신뢰도 분석 및 예측, 시뮬레이션 및 스케줄링 분석을 수반함
- 생산 자원 모니터링 및 분석 등의 통합관리는 플랫폼 OS와 관련모듈 들에 의해 수행되며, 스마트공장의 구현 기술은 공장 자동화, 유연 및 통합 제조시스템, 상호 운영 컴퓨터기반 통합제조시스템(I-CIM), 지능적 제조시스템(IMS), 지능적 다기능 제어 기반의 전자적(e)제조시스템, M2M 자율통신과 지식기반의 유비쿼터스 제조시스템, 스마트공장 등으로 이어지는 구성기술에서 판단 가능함
- 최근 자율적 지식습득과 대화를 통한 지능적 제조설비와 인터넷기반의 통합적 설비관리 기술, 실시간 정보기반 통합생산 운영, 지능형 센서 네트워킹 및 모니터링, 재구성 모듈러 시스템, 실시간 자율보정 및 가공 최적화 무인제어 기술 등의 논의가 있음. 스마트공장은 기술융합 범위에 제한이 없으며 제조 운영관리에서 인터넷, 클라우드, 빅데이터, 모바일기술 등은 선택적임.

한국의 경우 스마트센서, CPS, 3D프린팅, 에너지 절감기술과 IoT, 클라우드, 빅 데이터, 홀로그램 등의 8개 기술을 스마트제조 8대 핵심기술로 구성하고 있음

- 스마트공장의 3대 요소기술 분야는 애플리케이션, 디바이스, 플랫폼 분야이며 통합 환경에서 엔지니어링과 제조, 즉 디지털 및 현실세계의 유기적인 협력과 기술요소의 선별 구성이 중요함
- 스마트공장의 기술요구분야는 주문맞춤형 유연생산을 위한 공정 최적 설계 자동화, 실시간 공정 데이터 기반 품질 고도화, 대용량 제조데이터 연동 스마트공장 애플리케이션 통합운영, 제조환경 적응형 데이터 수집 및 처리 시스템과 스마트공장 실증모델, 제조 산업을 위한 개방형 IoT스마트 공장 플랫폼 및 공장사물 하드웨어의 연결, 스마트공장 보급 및 확산적용을 위한 공통 산업표준 분야 등이 있음
- 최신 제조키워드 IoT에 비해 CPS의 언급이 아직 적은 반면 뿌리기업의 자동화와 첨단화, ICT융합 스마트공장 보급과 확산 지원 관련 사업은 MES, PLM, SCM 연계 솔루션을 주 대상으로 하고 있어 스마트공장의 맞춤형 기술구성이 요구됨

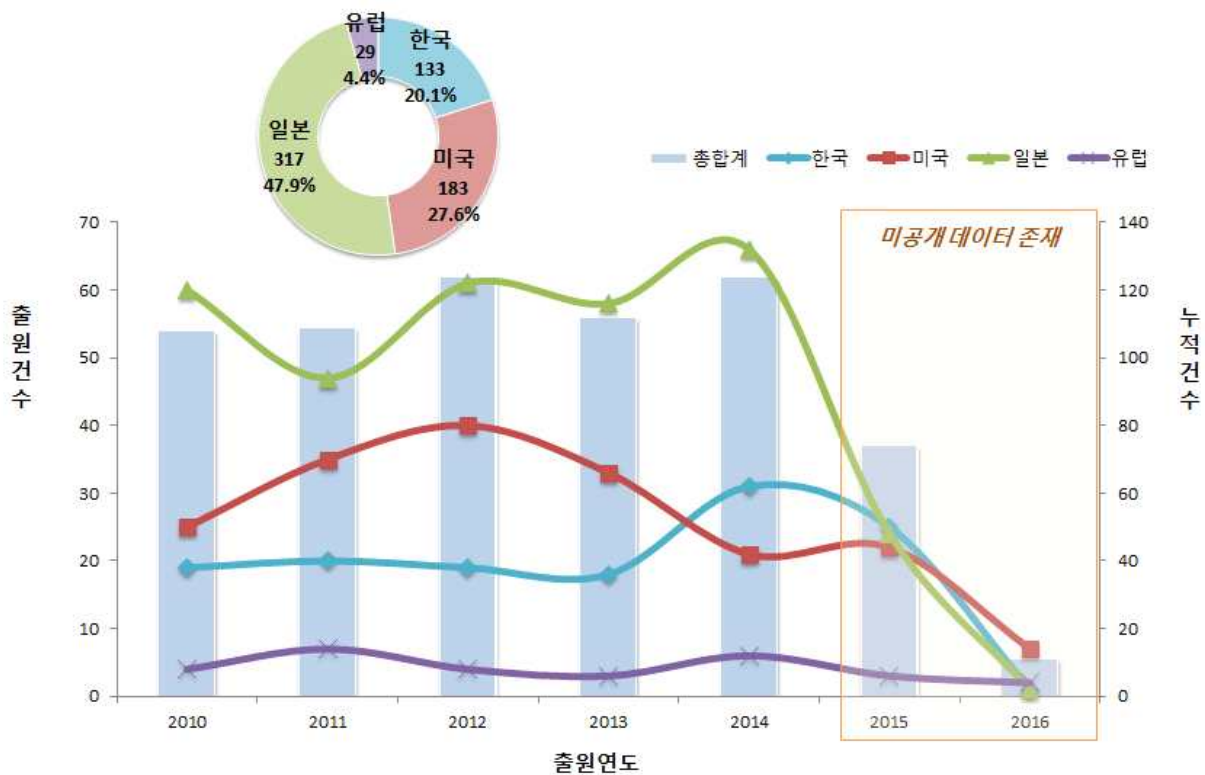
[ 8대 대표산업에 대하여 전·후방 산업 연계로 Supply Chain 구축 ]

전방산업		후방산업	세부 도출과제	기술창출분야	실행전략	시너지효과
지능형생산기계	+	기계소재부품	생산기계 성능향상, 핵심 소재부품 국산화	고성능 스마트액추에이터, 유압, 모터 및 동력전달장치 등	산업연계	생산성향상 일자리창출
		나노융합소재				
항공	+	지능형생산기계	항공기용 기체, 엔진, 날개 및 그 부품에 대한 소재부품 및 가공기술	기체, 엔진 등 소재부품, 3D프린터, 친환경 내외장재 등	산업연계	국산화 시장확대
		기계소재부품				
		나노융합소재				
차량부품	+	지능형생산기계	차량 부품 성능 및 신뢰성 향상을 위한 소재부품 및 가공기술	고효율 부품, 경량화 부품, 샤시 부품 등	산업연계 기술연계	성능향상 일자리창출
		기계소재부품				
조선해양플랜트	+	지능형생산기계	시추, 생산, 운송, 저장 관련 융복합 기자재 국산화	Subsea 부품/기자재, 화재폭발 방지 및 부식 기자재, 생산자동화 설비 등	산업연계	성능향상 추출경쟁력
		기계소재부품				
		나노융합소재				
풍력부품	+	지능형생산기계	풍력발전 기계부품, 기계전장 요소부품 및 소재 개발	베어링, 변속기 등 동력전달장치 및 부품 및 가공장비 등	산업연계 기술연계	일자리창출 수출경쟁력
		기계소재부품				
항노화바이오	+	지능형생산기계	제제 및 제형 대량생산, 대단위 발효공학 기술	대량생산기계, 에너지 저장변화-전달 소재 등	산업연계	일자리창출 시장확대
		나노융합소재				

## 라. 특허동향 분석

### (1) 연도별 출원동향

- IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술의 지난 7년(‘10~’16) 간 출원동향<sup>1)</sup>을 살펴보면 연도별로 출원경향이 증가, 감소를 반복하고 있어 지속적으로 IT융합 지능형 CNC 공작기계 관련 기술개발 활발
  - 각 국가별로 살펴보면 일본 출원경향은 급격히 감소-증가-감소 추세, 미국은 증가-감소 추세, 유럽은 유지하는 경향을 보이고 있으며, 한국은 최근 소폭 증가하는 양상
- 국가별 출원비중을 살펴보면 일본이 47.9%로 최대 출원국으로 IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 미국이 27.6%, 한국이 20.1%로 비슷한 수준의 출원비중을 보이고 있으며 최근 한국의 출원 증가추세가 두드러짐



[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 연도별 출원동향 ]

1) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2015, 2016년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 '13년까지 꾸준히 출원건수를 유지하다가 최근 구간인 '14년 이후 증가하는 경향을 보이고 있으며, 외국인의 출원비중은 크지 않음
  - 외국인의 출원 비중이 크지 않은 이유를 살펴보면 IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술의 국내 시장에 대한 외국인의 선호도가 감소하고 있는 것으로 추정
- 일본의 출원현황은 전 구간에서 가장 많은 출원건수를 보이고 있는 것으로 나타났으며, 출원인 대부분이 자국 출원으로 일본 내의 기술력이 우수한 것으로 추정
- 미국의 출원현황은 '12년까지 증가하다가 최근 소폭 감소세인 것으로 나타났으며, 유럽의 출원은 건수가 많지 않은 것으로 조사됨. 미국과 유럽은 출원인 대부분이 외국인으로 자국민의 출원이 미미



[ 국가별 출원현황 ]

### (3) 투입기술 및 융합성 분석

- IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code<sup>2)</sup>를 통하여 살펴본 결과 IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야의 가장 높은 IPC는 G05B 기술분야가 505건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 B23Q가 229건, G06F가 77건으로 다수를 차지
  - 이외에 B23B 37건, B24B 23건, G01B 13건, B23H 12건, B23P 12건, B23F 11건, B29C 8건 순으로 기술이 투입되어 있어 IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 B23B 기술분야의 수명이 13.18년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, G06F 기술 분야는 7.31년으로 가장 짧은 것으로 분석

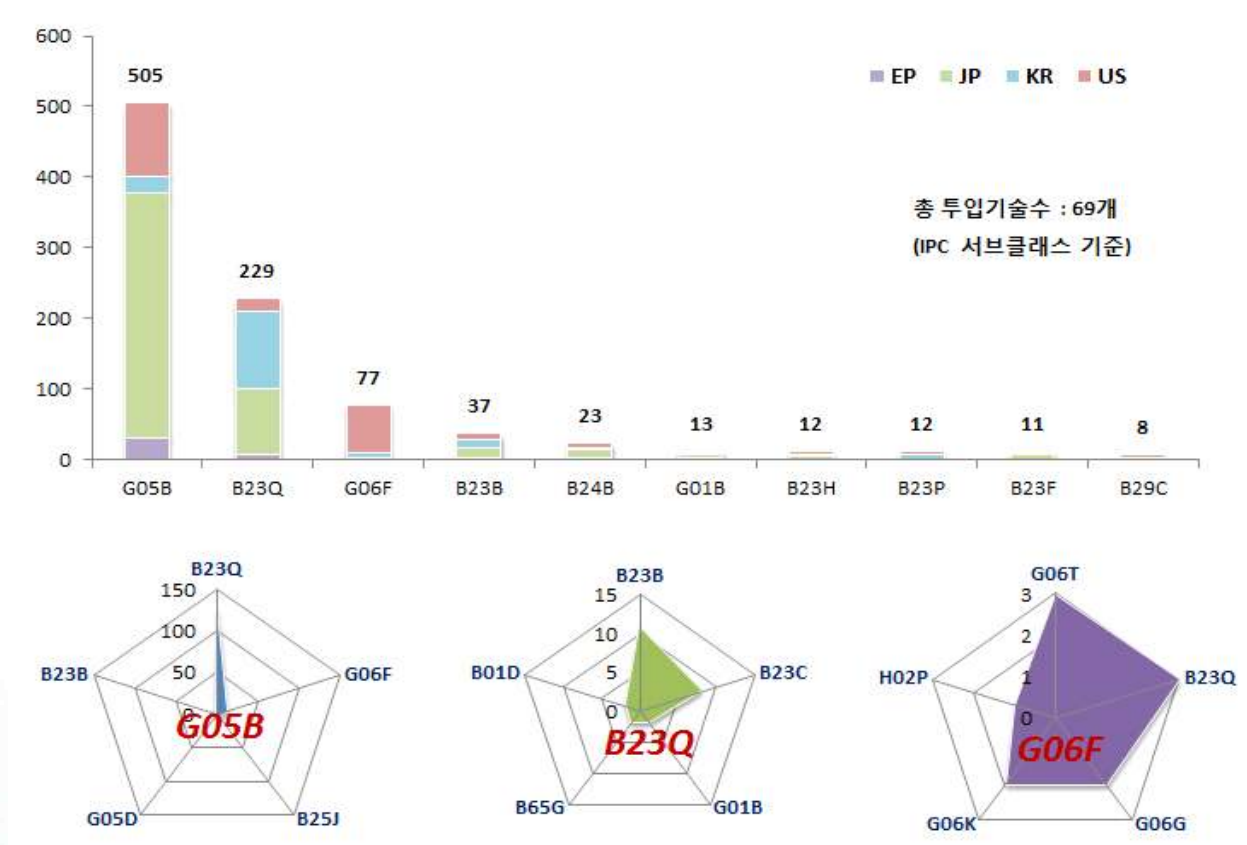
[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 상위 투입기술 ]

IPC	기술내용	특허인용수명(TCT) <sup>3)</sup>
G05B	제어계 또는 조정계 일반; 이와 같은 계의 기능요소; 이와 같은 계 또는 요소의 감시 또는 시험장치	7.90년
B23Q	공작 기계의 세부, 구성부분, 또는 부속 장치	10.59년
G06F	전기에 의한 디지털 데이터처리	7.31년
B23B	선삭; 보오링	13.18년
B24B	연삭 또는 연마하기 위한 기계, 장치 또는 공정; 마모면의 드레싱 또는 정상화; 연삭제, 연마제 또는 랩핑제의 공급	9.37년
G01B	길이, 두께 또는 유사한 직선치의 측정; 각도의 측정; 면적의 측정; 표면 또는 윤곽의 불규칙성 측정	9.68년
B23H	공구의 전극을 사용, 공작물에 고밀도의 전류를 사용하는 것에 의해서 행해지는 금속 가공; 이와 같은 가공과 다른 형식의 금속 가공을 복합한 것	9.18년
B23P	금속의 다른 가공; 복합 작업; 만능 공작 기계	10.58년
B23F	치차 또는 랙의 제조	12.40년
B29C	플라스틱의 성형 또는 접합; 가스 상태에 있는 물질의 성형 일반; 성형품의 후처리	11.47년

2) 전세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)를 통해 특허정보 기술분야에서 공지 기술을 조사할 수 있으며, 기술 및 권리정보에 용이하게 접근 가능

3) 특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

- 투입기술이 가능 많은 G05B 분야와 융합이 높게 이루어진 기술은 B23Q 분야로 나타났으며, G06F, B25J 분야와도 나타 융합된 기술의 건수가 높은 것으로 분석
- 이외에 B23Q 분야와 융합된 기술은 B23B, B23C, G01B 분야와 융합된 기술이 많은 것으로 나타났으며, G06F 분야와 융합된 기술은 G06T, B23Q, G06G 기술로 분석



[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 IPC 기술 및 융합성 ]

#### (4) 주요출원인 분석

- 세계 주요출원인을 살펴보면 주로 일본의 출원인이 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남
  - 주요 일본 출원인을 살펴보면 FANUC CORPORATION, MITSUBISHI ELECTRIC CORP, BROTHER IND LTD, OKUMA CORP, OKAMOTO MACHINE TOOL WORKS LTD, TOSHIBA MACH CO LTD 등의 출원인이 다수 출원을 하고 있는 것으로 나타났으며, 이들 일본 출원인은 주로 일본 본국에 출원건수가 높은 것으로 나타남
  - 한국 출원인으로는 두산인프라코어가 상위출원인으로 나타나 IT융합 지능형 CNC 공작기계 관련 기술을 다수 보유
- 가장 많은 특허를 보유하고 있는 FANUC CORPORATION의 3극 패밀리수가 140건으로 다국적으로 시장을 확보하며 출원을 하고 있는 것으로 보이며, MITSUBISHI ELECTRIC CORP도 64건으로 다국적 시장을 확보

- 일본 기업인 MITSUBISHI ELECTRIC CORP이 확보한 특허의 피인용지수가 0.94로 가장 높게 나타나 기술의 파급성이 높은 원천기술을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨. 타 특허대비 피인용지수가 다소 낮은 것은 ICT융합 지능형 CNC공작기계 기술이 신기술이기 때문인 것으로 파악됨

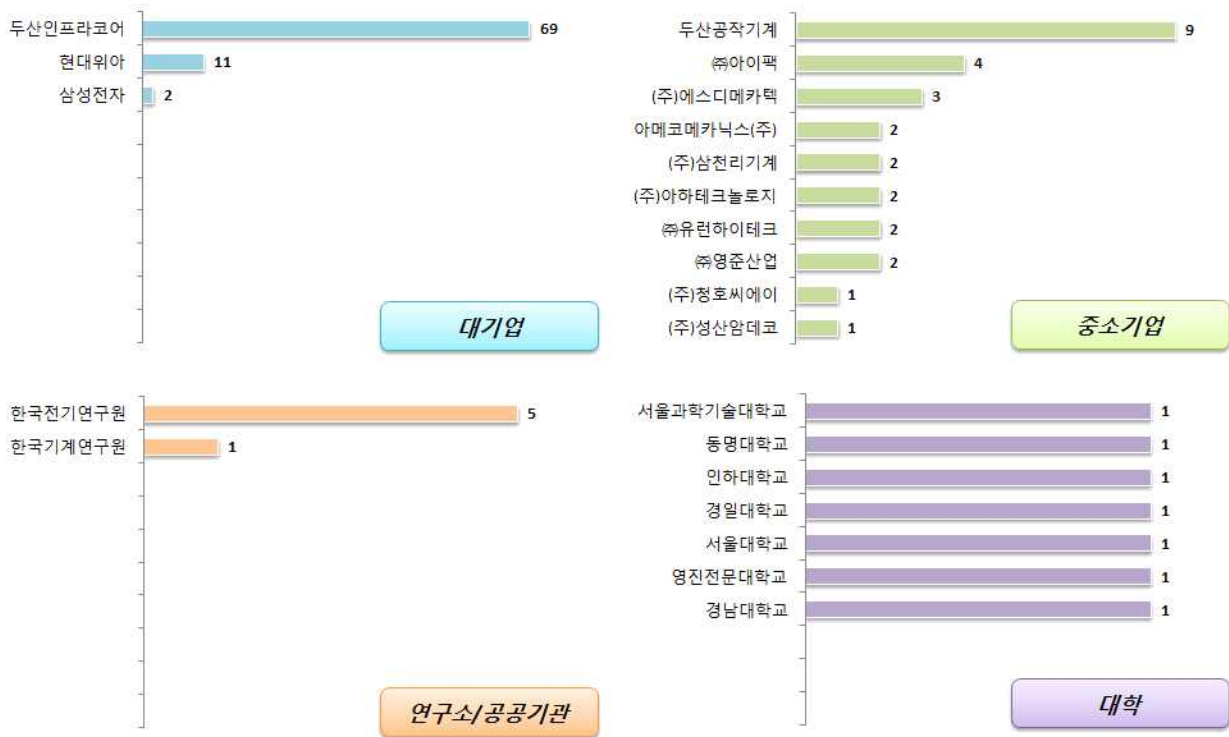
[ 주요 출원인의 출원현황 ]

주요출원인	국가	주요 IP시장국 (건수 %)					3극 패밀리 리수 (건)	피인용 지수	주력기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시 장국 종합			
FANUC CORPORATION	일본	0	39	135	1	일본	140	0.42	모니터링
		0%	22%	77%	1%				
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	일본	0	33	61	1	일본	64	0.94	제어 자동화
		0%	35%	64%	1%				
두산인프라코어	한국	60	7	0	2	한국	0	3	모니터링, 제어자동화
		87%	10%	0%	3%				
BROTHER IND LTD	일본	0	0	69	0	일본	0	0	모니터링
		0%	0%	100%	0%				
OKUMA CORP	일본	0	0	31	0	일본	13	0	제어 자동화
		0%	0%	100%	0%				
OKAMOTO MACHINE TOOL WORKS LTD	일본	0	0	21	0	일본	0	0	제어 자동화
		0%	0%	100%	0%				
TOSHIBA MACH CO LTD	일본	0	0	20	0	일본	0	0	모니터링
		0%	0%	100%	0%				
DMG MORI SEIKI CO LTD	일본	0	0	17	0	일본	9	0	모니터링
		0%	0%	100%	0%				
MAKINO MILLING MACH CO LTD	일본	0	0	17	0	일본	7	0	모니터링
		0%	0%	100%	0%				
SHIN NIPPON KOKI CO LTD	일본	0	0	12	0	일본	6	0	모니터링
		0%	0%	100%	0%				



### (5) 국내 출원인 동향

- 국내 출원인 동향을 살펴보면 대기업은 두산인프라코어의 출원건수가 가장 높게 나타났으며, 중소기업에서는 (주)아이팩의 출원건수가 높게 나타남
  - 대기업의 주요 출원인은 두산인프라코어, 현대위아, 삼성전자가 있으며, 중소기업의 주요 출원인은 (주)아이팩, (주)에스디메카텍, 아이코메카닉스(주), (주)삼천리기계 등이 주요 출원인인 것으로 나타남
- 기업 이외의 주요출원인을 살펴보면 한국전기연구원, 한국기계연구원 등 연구소/공공기관의 출원이 나타났으며, 대학은 서울과학기술대학교, 동명대학교, 인하대학교, 경일대학교 등의 출원이 일부 조사되었음



[ 국내 주요출원인의 출원 현황 ]

## 5. 중소기업 환경

### 가. 중소기업 경쟁력

- 국내 공작기계 산업의 경우 CNC 선반, 머시닝센터 등을 주력기종으로 세계시장을 확보하고 있고, 하드웨어에 대한 독자 설계기술을 보유하고 있으나, 인터넷 강국임에도 불구하고 ICT를 활용한 공작기계 기술은 여전히 후진성에 머물고 있음
- 다만, ICT와 융합한 CNC기술에 있어서, IT강국인 한국의 장점을 살리고, 신뢰성 있는 공정/모니터링 및 제어 자동화기술을 개발한다면, 국내시장 뿐 아니라 해외시장의 개척도 가능함

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 중소기업 현황 ]

기술 분류	주요 기술	대기업	중소기업	중소기업 참여영역	중소기업 참여정도
공정모니터링/ 진단	실시간 공정·품질 관리 및 생산공정 가능 프로세서 개발 CNC 공작기계 및 생산장비와 ICT 융합 기술 빅데이터기반 공정 모니터링 기술 기술정보 생성 및 연결 자동화 설비데이터 자동집계	두산 현대위아	아이팩 에스디메카텍 아이코메카닉스	CNC 공작기계 및 생산장비와 ICT 융합 기술 설비데이터 자동집계	●
제어자동화	정밀 가공시스템의 지능화·자율제어·무인화를 위한 프로세서 개발 스마트 팩토리 플랫폼 개발 설비제어 자동화 기술 원격 실시간 공장제어 기술 공장운영 통합기술 실시간 의사결정 자동화기술 스마트 자산관리 시스템	두산 삼성전자	아이팩 화천기공	실시간 의사결정 자동화기술	●

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계(◐, ◑, ◒) 높은 단계: ●)

## 나. 중소기업 기술수요

- IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야의 중소기업의 기술수요를 파악하기 위하여 중소기업 기술수요 조사 및 중소기업청 R&D신청과제(2013~2015년)를 분석한 결과 아래 표의 내용과 같은 수요들이 다수 있는 것으로 분석
  - IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야의 중소기업은 관련 응용기술개발에 다수 수요가 있는 것으로 나타났으며, 이는 최근 기술트렌드인 ICT기술과의 융복합 기술에 관심이 높아지고 있는 추세를 반영한 것으로 분석됨

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 과제신청현황 및 수요조사결과 ]

전략제품	기술 분류	관심기술
IT융합 지능형 CNC 공작기계	공정모니터링/진단	데이터마이닝 기반의 품질 분석·예측 기술 개발 제조업 산업현장에 대한 스마트공장 애플리케이션 통합운영 기술 검증 통합 프레임워크 기반 대용량 제조데이터 수집·분석·활용에 대한 테스트 환경 구축 (테스트 컴포넌트 개발, 데이터 수집 인프라 구축, 기존 시스템 인터페이스 등) 제조환경 적응형 데이터 수집/처리 시스템 개발 및 스마트공장 실증모델 구축 자가 조직화 기반 고연결성 보장 멀티 프로토콜 유무선 네트워킹 기술
	제어자동화	주문 맞춤형 유연생산을 위한 공정 최적설계 자동화 기술 개발 실시간 공정데이터 기반 품질고도화 핵심기술 개발 대용량 제조데이터 연동 스마트공장 애플리케이션 통합운영 기술 개발 클라우드 서비스 기반의 스마트공장 애플리케이션 통합운영 기술 개발 제조 데이터·업무에 특화된 대용량 데이터 처리 및 분석 기술 개발 제조산업을 위한 개방형 IIoT 스마트공장 플랫폼 및 Factory-Thing 하드웨어 기술개발

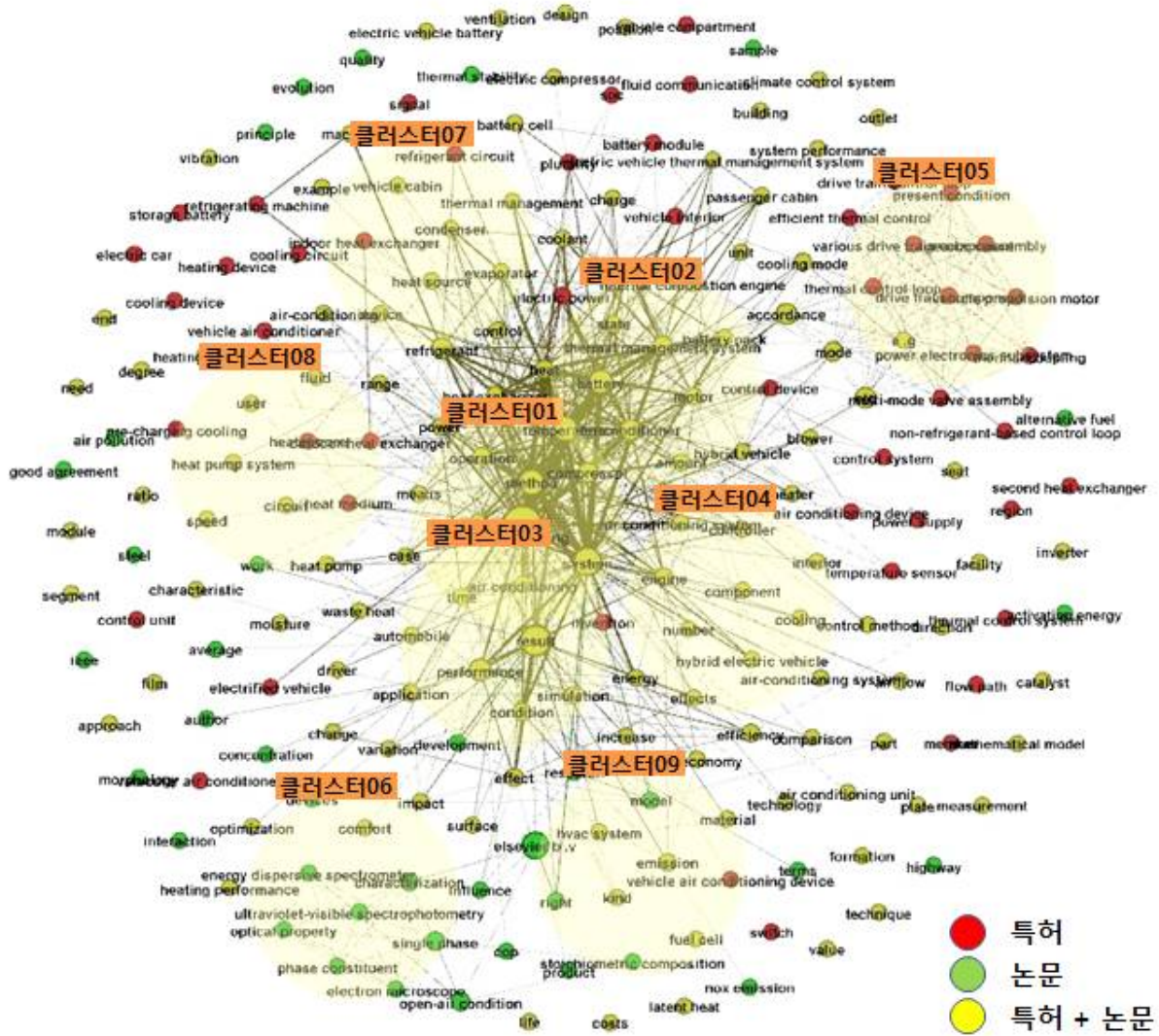
## 다. 중소기업 핵심기술

### (1) 데이터 기반 요소기술 발굴

- IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술의 특허 및 논문데이터 검색을 통해 도출된 유효데이터를 대상으로 데이터마이닝 기법(Scientometrics 기법)을 통해 클러스터링된 키워드의 연관성을 바탕으로 요소기술 후보군을 도출
  - IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술의 특허 및 논문 유효데이터를 기반으로 키워드 클러스터링을 통하여 요소기술 후보군을 도출
  - 제품별 dataset 구축 : IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술 관련 특허/논문 데이터를 추출하여 노이즈 제거 후 제품별 dataset 구축
  - 1차 클러스터링 : 키워드 맵을 통한 고빈도 키워드 확인-빈도수(tf-idf)<sup>4)</sup>가 상위 30%에 해당하는 키워드를 대상으로 1차 추출
  - 2차 클러스터링 : 1차 클러스터링에서 추출된 고빈도 키워드 사이에서 고연관도 키워드를 2차 추출 (고연관도 기준은 연관도수치<sup>5)</sup>가 일정수준 이상인 클러스터로 제한)
- 다음 그림은 키워드 간 연관네트워크를 시각화한 것으로, 각 키워드를 나타내는 원과 키워드 간의 연관도를 나타내는 직선으로 구성
  - 각 키워드가 특허와 논문 중 어느 데이터에서 도출되었는지 원의 색으로 구분하였으며, 키워드로 도출된 클러스터는 황색음영으로 표시
  - 키워드를 나타내는 원은 고빈도의 키워드일수록 원의 크기가 크게 표현되며, 연관도를 나타내는 선은 키워드 사이의 연관도수치가 높을수록 굵게 표현
- IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술 전략제품의 특허·논문 유효데이터에 대하여 키워드 클러스터링 결과를 기반으로 요소기술 도출
- 데이터 기반의 요소기술 도출은 키워드 클러스터링을 통해 도출된 요소기술에 대하여 전문가의 검증 및 조정을 통하여 요소기술을 도출

4) 빈도수(tf-idf) : 각 키워드가 출현되는 특허 또는 논문수를 의미

5) 연관도수치: 두 개 이상의 키워드 사이의 특허 또는 논문수를 의미



[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 키워드 클러스터링 ]

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 주요 키워드 및 관련문헌 ]

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 01	section	1~4	1. Machining vibration suppressing method and machining vibration suppressing apparatus for machine tool 2. Programming apparatus 3. Controlling feed operations of a machine tool and work-piece relative to a programmed fixed cycle
클러스터 02	object	1~3	1. Numerical control device for machine tool 2. MACHINE TOOL 3. Programming device and programming method
클러스터 03	work piece	3~5	1. Methods for fiber reinforced additive manufacturing 2. Numerical controller with tool trajectory display function 3. Moving workpiece parts on machine tools

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 04	image, display unit	2~4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tool path display apparatus having display unit for acceleration or jerk of tool tip point</li> <li>2. Numerical control unit having screen display switching function following NC program</li> <li>3. Tool path display apparatus having display unit for acceleration or jerk of tool tip point</li> </ol>
클러스터 05	command, control	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Numerical control device, method of controlling the same, and system program therefor</li> <li>2. Numerical controller with machining time prediction unit and machining error prediction unit</li> </ol>
클러스터 06	axis, path	2~4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Universal conversational programming for machine tool systems</li> <li>2. Numerical control device configured to reduce a machining cycle time of a machine tool that does not move along Y-axis</li> </ol>
클러스터 07	section	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Methods for fiber reinforced additive manufacturing</li> <li>2. Machine tool equipped with floating mechanism</li> </ol>
클러스터 08	spindle	3~4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Machining status monitoring method and machining status monitoring apparatus</li> <li>2. Universal machine for the soft machining of bevel gears and corresponding method</li> </ol>
클러스터 09	movement, motion	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Numerical controller with tool trajectory display function</li> <li>2. Universal tool mounting system for a machining centre</li> <li>3. Numerical control machine tool</li> </ol>

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 데이터 기반 요소기술 ]

No	요소기술명	키워드
요소기술01	공정 모니터링 기술	process monitor
요소기술02	공정 자동화 제어 및 설비기술	automation, manufacturing system
요소기술03	데이터마이닝을 활용한 실시간 공정 모니터링 시스템기술	mining, monitoring
요소기술04	자동통합문서기반 생산/공정/품질관리 통합 제어 기술	total document, control, system
요소기술05	원격 실시간 제어기술	remote control, mobile, smart device
요소기술06	다공정 동시 제어기술	multi process, control
요소기술07	확장형 공정 품질자원계획 시스템 기술	extend process, quality
요소기술08	스패터 프리 및 고속 용접 제어기술	spatter loss, welding control

## (2) 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 요소기술 도출 ]

분류	요소기술	출처
공정모니터링/진단	공정 모니터링 기술	특허/논문 클러스터링
	공정 자동화 제어 및 설비기술	기술/시장 분석, 기술수요, 특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	데이터마이닝을 활용한 실시간 공정 모니터링 시스템기술	기술/시장 분석, 전문가 추천, 특허/논문 클러스터링
	품질활동기반 Zero불량률 달성 시스템	기술/시장 분석, 기술수요, 전문가추천
	지능형 불량원인 추적 시스템기술	특허분석, 전문가 추천
	열표면처리 공정중 최종 표면품질 예측 기술	특허분석, 기술수요, 전문가 추천
	기존 CNC 공작기계와 ICT기술의 융합 기술	기술수요, 전문가 추천
제어자동화	다공정 동시 제어기술	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	원격 실시간 제어기술	기술/시장 분석, 전문가 추천, 특허/논문 클러스터링
	자동통합문서기반 생산/공정/품질관리 통합 제어 기술	전문가추천, 특허/논문 클러스터링
	확장형 공정 품질자원계획 시스템 기술	특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	스패터 프리 및 고속 용접 제어기술	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	실시간 공정·품질 관리 및 생산공정 제어 시스템	기술/시장 분석, 기술수요, 타부처로드맵
	정밀 가공시스템의 지능화·자율제어·무인화 제어 시스템	특허분석, 전문가 추천



### (3) 핵심기술 선정

- 확정된 요소기술을 대상으로 산·학·연 전문가로 구성된 핵심기술 선정위원회를 통하여 중소기업에 적합한 핵심기술 선정
- 핵심기술 선정은 기술개발시급성(10), 기술개발파급성(10), 단기개발가능성(10), 중소기업 적합성 (10)을 고려하여 평가

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
공정모니터링/진단	공정 모니터링 기술	설비 유지보수 및 품질관리를 위한 실시간 공정별 모니터링 기술
	공정 자동화 제어 및 설비기술	자동화 와 공정 제어 기술 및 시스템 설비
	데이터마이닝을 활용한 실시간 공정 모니터링 시스템기술	데이터 마이닝을 활용한 실시간 공정 모니터링 기술 및 이를 시스템화 할수 있는 기술
제어자동화	다공정 동시 제어기술	다양한 공정을 동시 일괄적으로 통합제어가 가능한 제어기술
	원격 실시간 제어기술	off-line, on-line 모니터링을 포함하는 공정 품질향상을 위한 시스템 제어기술
	자동통합문서기반 생산/공정/품질관리 통합 제어 기술	생산 및 품질관리를 위한 자동 문서 통합 기반의 전공정 통합제어기술

## 6. 기술로드맵 기획

### 가. IT융합 지능형 CNC 공작기계 기술로드맵

- 최종 중소·중견기업 기술로드맵 은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

IT융합 지능형 CNC 공작기계 중소기업형 기술로드맵				
Time Span	2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표	KT융합/다공정제어/원격제어	공정데이터기반 품질고도화	데이터마이닝을 활용한 실시간모니터링기술개발	KT융합CNC공작기계를 활용한 지능형생산시스템구축
IT 융합 지능형 CNC 공작기계 핵심기술	공정모니터링/진단 공정모니터링 기술 공정자동화제어및 실패기술 데이터마이닝을 활용한 실시간 공정모니터링 시스템기술			3D적층및 절삭장치 기초기술개발
	제어 자동화 다공정동시제어기술 원격실시간제어기술 자동통합문서기반 주물생산공정품질관리 통합 제어기술			의료기기및 건축분야 응용기술개발
기술/시장 니즈	KT융합/ 원격제어	공정데이터기반품질고도화	실시간모니터링	

## 나. 연구개발 목표 설정

- 로드맵 기획 절차는 산·학·연 전문가로 구성된 로드맵 기획위원회를 통해 선정된 핵심기술을 대상으로 기술요구사항, 연차별 개발목표, 최종 목표를 도출

[ IT융합 지능형 CNC 공작기계 분야 핵심기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
공정모니터링/진단	공정 모니터링 기술	오진단률 (%)	15%	10%	5%	오진단률 5% 이하
	공정 자동화 제어 및 설비기술	공정정확도 향상 (%)	70%	75%	80%	공정 정확도 80% 이상 향상
	데이터마이닝을 활용한 실시간 공정 모니터링 시스템기술	데이터마이닝 모듈수 (개)	4	6	8	데이터마이닝 모듈수 8개 이상
제어자동화	다공정 동시 제어기술	동시제어 cell (ea)	6	9	12	동시제어 cell 12개 이상
	원격 실시간 제어기술	완성도 (%)	70%	80%	90%	이용효율 50% 이상
	자동통합문서기반 주물생산/공정/품질관리 통합 제어 기술	시스템 완성도(%)	60%	70%	80%	통합제어 시스템 완성도 80% 이상

## 다. 핵심기술 심층분석

공정 모니터링 기술																				
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT융합 CNC공작기계 기반 설비상태 고장진단 기술 등이 내재되고 개별적 요소 기술들을 모듈화하여 패키지화함으로써 유사 산업계 공통으로 활용 가능한 파급력 높은 기술</li> </ul>																			
기술개발전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>전단계 공정에서 나온 데이터가 유효한지, 문제가 있다면 해결할 수 있는지, 후 공정에서 나온 데이터가 규칙에 맞는지 등의 각 공정간 분석 및 판단 알고리즘이 정확하게 구현되어야 함</li> <li>판단 알고리즘의 정확한 구현을 위해서는 가공 공정에 대한 충실한 이해와 통합 공정의 설계를 바탕으로 하여야 함</li> </ul>																			
관련특허현황	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>명칭</th> <th>출원인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>이기종 수치제어장치를 위한 공작기계 정보 관리 장치 및 그 방법 (SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING MACHINE TOOL INFORMATION FOR HETEROGENOUS COMPUTER NUMERICAL CONTROL)</td> <td>두산인프라코어 주식회사</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>하이브리드 방식의 절삭력 평준화를 통한 공구마모모니터링 시스템 (Tool Wear Monitoring System with Hybrid Approach to Cutting Force Regulation)</td> <td>한국과학기술원</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>수치제어 공작기계의 공구이상 검출장치 및 방법 (Apparatus and method for detecting of abnormality of tool in numerically controlled machine)</td> <td>현대자동차주식회사</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>공작기계의 공구이상 검출장치 (Apparatus for detecting malfunction of tool for machine tool)</td> <td>동명대학교산학협력단</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>공작기계 취급시의 불량 검출방법 (The method of in process chucking miss, tool wear and breakage machine tools)</td> <td>(주)한국툴모니터링</td> </tr> </tbody> </table>	No	명칭	출원인	1	이기종 수치제어장치를 위한 공작기계 정보 관리 장치 및 그 방법 (SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING MACHINE TOOL INFORMATION FOR HETEROGENOUS COMPUTER NUMERICAL CONTROL)	두산인프라코어 주식회사	2	하이브리드 방식의 절삭력 평준화를 통한 공구마모모니터링 시스템 (Tool Wear Monitoring System with Hybrid Approach to Cutting Force Regulation)	한국과학기술원	3	수치제어 공작기계의 공구이상 검출장치 및 방법 (Apparatus and method for detecting of abnormality of tool in numerically controlled machine)	현대자동차주식회사	4	공작기계의 공구이상 검출장치 (Apparatus for detecting malfunction of tool for machine tool)	동명대학교산학협력단	5	공작기계 취급시의 불량 검출방법 (The method of in process chucking miss, tool wear and breakage machine tools)	(주)한국툴모니터링	
	No	명칭	출원인																	
	1	이기종 수치제어장치를 위한 공작기계 정보 관리 장치 및 그 방법 (SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING MACHINE TOOL INFORMATION FOR HETEROGENOUS COMPUTER NUMERICAL CONTROL)	두산인프라코어 주식회사																	
	2	하이브리드 방식의 절삭력 평준화를 통한 공구마모모니터링 시스템 (Tool Wear Monitoring System with Hybrid Approach to Cutting Force Regulation)	한국과학기술원																	
	3	수치제어 공작기계의 공구이상 검출장치 및 방법 (Apparatus and method for detecting of abnormality of tool in numerically controlled machine)	현대자동차주식회사																	
	4	공작기계의 공구이상 검출장치 (Apparatus for detecting malfunction of tool for machine tool)	동명대학교산학협력단																	
5	공작기계 취급시의 불량 검출방법 (The method of in process chucking miss, tool wear and breakage machine tools)	(주)한국툴모니터링																		
적용가능분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부환경에 적용하는 특성을 갖는 지능재료/부품 및 이를 활용한 시스템에 의해 기계 성능이 자율적으로 향상되는 기술</li> <li>센서융합기술, 유무선 통신, 지능형 HMI 및 M2C 기술 등이 내재된 차세대 스마트 공작기계시스템</li> </ul>																			
관련기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>두산, 한국과학기술원, 현대, 동명대학교, HIWIN, TONGTAI, YCM</li> </ul>																			

공정 자동화 제어 및 설비기술																						
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT 융복합 기술을 적용하여 일반 금형 가공기에서 작업자의 수작업에 의해 이루어지던 CAM 작업, 소재 및 공구의 셋팅, 가공 모니터링 공정을 자동화하고 연계된 프로세스로 통합된 '공장 자동화 제어 및 설비기술' 필요</li> <li>제조업 혁신 3.0 전략을 성공적으로 이끌기 위해서는 스마트 공장의 주역이 되는 ICT 기반 스마트 공작기계시스템의 개발은 필수적이며, 이를 통해 산업전반에 제조혁신 역량에 따른 국가 창조경제의 실현이 가능</li> </ul>																					
기술개발전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>제조기술의 고도화 및 ICT와의 융합을 통해 공정시스템의 운용성능을 극대화하고 생산성 향상을 추구하는 플랫폼</li> <li>센서융합기술, 유무선 통신, 지능형 HMI 및 M2C 기술 등이 내재된 차세대 스마트 공작기계시스템</li> </ul>																					
관련특허현황	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">No</th> <th style="text-align: center;">명칭</th> <th style="text-align: center;">출원인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>CNC 레이저 커팅기의 얼라이먼트 조정장치 (CNC laser cutting machine)</td> <td>엘케이제작소 주식회사</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>수치제어 공작기계의 열변위 보정 방법 및 장치</td> <td>KITAMURA MACH CO LTD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>레이저 가공기의 절단폭 측정 및 절단폭의 자동조절장치 (The kerf width measurement of the laser machining and automatic control apparatus of the kerf width)</td> <td>송병준</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>자동 공구 교환 장치 및 방법 (Apparatus and method for changing tool automatically)</td> <td>두산공작기계 주식회사</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>수치제어 공작기계의 가공오차 보정장치 (Device for correcting the machining error of the NC machine tool)</td> <td>두산공작기계 주식회사</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>CNC 공작기계의 제어 시스템 및 그 제어 방법 (SYSTEM FOR CONTROLLING COMPUTERIZED NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOL AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME)</td> <td>현대위아 주식회사</td> </tr> </tbody> </table>	No	명칭	출원인	1	CNC 레이저 커팅기의 얼라이먼트 조정장치 (CNC laser cutting machine)	엘케이제작소 주식회사	2	수치제어 공작기계의 열변위 보정 방법 및 장치	KITAMURA MACH CO LTD	3	레이저 가공기의 절단폭 측정 및 절단폭의 자동조절장치 (The kerf width measurement of the laser machining and automatic control apparatus of the kerf width)	송병준	4	자동 공구 교환 장치 및 방법 (Apparatus and method for changing tool automatically)	두산공작기계 주식회사	5	수치제어 공작기계의 가공오차 보정장치 (Device for correcting the machining error of the NC machine tool)	두산공작기계 주식회사	6	CNC 공작기계의 제어 시스템 및 그 제어 방법 (SYSTEM FOR CONTROLLING COMPUTERIZED NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOL AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME)	현대위아 주식회사
No	명칭	출원인																				
1	CNC 레이저 커팅기의 얼라이먼트 조정장치 (CNC laser cutting machine)	엘케이제작소 주식회사																				
2	수치제어 공작기계의 열변위 보정 방법 및 장치	KITAMURA MACH CO LTD																				
3	레이저 가공기의 절단폭 측정 및 절단폭의 자동조절장치 (The kerf width measurement of the laser machining and automatic control apparatus of the kerf width)	송병준																				
4	자동 공구 교환 장치 및 방법 (Apparatus and method for changing tool automatically)	두산공작기계 주식회사																				
5	수치제어 공작기계의 가공오차 보정장치 (Device for correcting the machining error of the NC machine tool)	두산공작기계 주식회사																				
6	CNC 공작기계의 제어 시스템 및 그 제어 방법 (SYSTEM FOR CONTROLLING COMPUTERIZED NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOL AND METHOD FOR CONTROLLING THE SAME)	현대위아 주식회사																				
적용가능분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>네트워크화한 각종 기계·장비가 시스템 내부와 외부의 환경상태에 따라 변화하는 유연성, 안정성, 보수성에 우수한 자율적용 시스템</li> </ul>																					
관련기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>화천, 엘케이제작소, 두산, 현대위아, KITAMURA MACH CO LTD</li> </ul>																					

데이터마이닝을 활용한 실시간 공정 모니터링 시스템기술

<p>기술개발 필요성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 상태진단 및 예방보전 등을 위한 공정데이터 추출 및 데이터의 효율적 관리를 위한 클라우드화 기술 연계 가능</li> <li>■ ICT 기반 기술을 활용한 스마트 공작기계를 중심으로 하는 정보체계를 구축하고 기존의 가공 공정의 단위 공정별 연계와 통합함으로써 각 공정별로 산출되는 정보를 통합하여 전체 공정의 생산성과 품질 향상을 이룰 수 있음</li> </ul>															
<p>기술개발전략</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 데이터의 창조적 활용을 통해 경제활동의 촉매역할을 하는 다양한 신서비스 산업 창출</li> <li>■ 오랜 기간 누적된 데이터나 서로 다른 분야의 데이터를 통합하여 분석하기 위한 시스템 인프라, 수집 플랫폼, 저장 관리, 분석 플랫폼 기술</li> <li>■ 클라우드, 빅데이터 기반 보안서비스의 공통 필요 기능과 다중 사용자에게 대한 인증·권한 관리 및 통제를 위한 클라우드 보안 플랫폼 기술</li> </ul>															
<p>관련특허현황</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>명칭</th> <th>출원인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>가공정보를 이용한 수치제어장치 (NUMERICAL CONTROLLING UNIT USING MACHINING INFORMATION)</td> <td>TOSHIBA MACHINE CO LTD</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>수치제어 복합가공기의 운용 프로그램 및 공구선정 방법 (Operational programs and tools selection method of Numerical control composite Machine)</td> <td>두산인프라코어 주식회사</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>컴퓨터 수치제어 공작기계에서 가공 프로그램 자동 생성 장치 및 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR AUTOMETICALLY GENERATING PROCESSING PROGRAM IN COMPUTER NUMARICAL CONTROL MACHINE TOOLS)</td> <td>두산인프라코어 주식회사</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>수치제어명령작성장치 및 방법 (The numerical control command device and method)</td> <td>OKUMA MACHINERY WORKS LTD</td> </tr> </tbody> </table>	No	명칭	출원인	1	가공정보를 이용한 수치제어장치 (NUMERICAL CONTROLLING UNIT USING MACHINING INFORMATION)	TOSHIBA MACHINE CO LTD	2	수치제어 복합가공기의 운용 프로그램 및 공구선정 방법 (Operational programs and tools selection method of Numerical control composite Machine)	두산인프라코어 주식회사	3	컴퓨터 수치제어 공작기계에서 가공 프로그램 자동 생성 장치 및 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR AUTOMETICALLY GENERATING PROCESSING PROGRAM IN COMPUTER NUMARICAL CONTROL MACHINE TOOLS)	두산인프라코어 주식회사	4	수치제어명령작성장치 및 방법 (The numerical control command device and method)	OKUMA MACHINERY WORKS LTD
No	명칭	출원인														
1	가공정보를 이용한 수치제어장치 (NUMERICAL CONTROLLING UNIT USING MACHINING INFORMATION)	TOSHIBA MACHINE CO LTD														
2	수치제어 복합가공기의 운용 프로그램 및 공구선정 방법 (Operational programs and tools selection method of Numerical control composite Machine)	두산인프라코어 주식회사														
3	컴퓨터 수치제어 공작기계에서 가공 프로그램 자동 생성 장치 및 방법 (APPARATUS AND METHOD FOR AUTOMETICALLY GENERATING PROCESSING PROGRAM IN COMPUTER NUMARICAL CONTROL MACHINE TOOLS)	두산인프라코어 주식회사														
4	수치제어명령작성장치 및 방법 (The numerical control command device and method)	OKUMA MACHINERY WORKS LTD														
<p>적용가능분야</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 숙련자의 판단과정과 기능·노하우를 명시하여 타인에 의한 재이용과 학습을 가능하게 지원시스템</li> <li>■ ICT융합 기술로 수집된 정보를 DB화여, 다각적 빅데이터 분석을 통해 실시간 공정 모니터링의 근거 데이터로 사용하는 기술</li> </ul>															
<p>관련기업</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 두산, 현대, TOSHIBA, OKUMA MACHINERY WORKS</li> </ul>															

다공정 동시 제어기술																				
기술개발 필요성	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 가공시스템의 성능향상을 위해 공정의 융복합을 통해 기존의 정밀도 및 생산 효율의 한계를 극복할 수 있는 가공공정-장비 및 시스템 기술 개발 필요</li> </ul>																			
기술개발전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 CNC 컨트롤러가 아닌 여러 공정에서 사용되는 정보와 소프트웨어를 통합 제어하고 관장하는 전용 HMI(Human Machine Interface)에 대한 연구</li> </ul>																			
관련특허현황	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>명칭</th> <th>출원인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5축 CNC 가공기계를 이용한 롤러기어캠의 가공방법 (Machining method of Roller Gear Cam using 5-Axis CNC Machine)</td> <td>대영코어텍(주)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>이기종 수치제어장치를 위한 공작기계 정보 관리 장치 및 그 방법 (SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING MACHINE TOOL INFORMATION FOR HETEROGENOUS COMPUTER NUMERICAL CONTROL)</td> <td>두산인프라코어 주식회사</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>레이저 스캐너 기반 5축 표면 연속 가공 장치 및 그 제어 방법 (5-AXIS DEVICE FABRICATING SURFACE CONTINUOUSLY BASED ON LASER SCANNER AND CONTROL METHOD FOR THE DEVICE)</td> <td>씨에스캠 주식회사</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>CNC 공작기계의 다축 가공을 위한 고정용 지그의 공작물 회전 장치 (The structure rotational device of fixing jig for multi-axis processing of CNC machine tool)</td> <td>조왕연</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>컴퓨터 수치 제어 공작기계 및 이를 활용한 방법 (IN COMPUTER NUMARICAL CONTROL MACHINE AND METHOD USING THEREOF)</td> <td>두산인프라코어 주식회사</td> </tr> </tbody> </table>	No	명칭	출원인	1	5축 CNC 가공기계를 이용한 롤러기어캠의 가공방법 (Machining method of Roller Gear Cam using 5-Axis CNC Machine)	대영코어텍(주)	2	이기종 수치제어장치를 위한 공작기계 정보 관리 장치 및 그 방법 (SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING MACHINE TOOL INFORMATION FOR HETEROGENOUS COMPUTER NUMERICAL CONTROL)	두산인프라코어 주식회사	3	레이저 스캐너 기반 5축 표면 연속 가공 장치 및 그 제어 방법 (5-AXIS DEVICE FABRICATING SURFACE CONTINUOUSLY BASED ON LASER SCANNER AND CONTROL METHOD FOR THE DEVICE)	씨에스캠 주식회사	4	CNC 공작기계의 다축 가공을 위한 고정용 지그의 공작물 회전 장치 (The structure rotational device of fixing jig for multi-axis processing of CNC machine tool)	조왕연	5	컴퓨터 수치 제어 공작기계 및 이를 활용한 방법 (IN COMPUTER NUMARICAL CONTROL MACHINE AND METHOD USING THEREOF)	두산인프라코어 주식회사	
	No	명칭	출원인																	
	1	5축 CNC 가공기계를 이용한 롤러기어캠의 가공방법 (Machining method of Roller Gear Cam using 5-Axis CNC Machine)	대영코어텍(주)																	
	2	이기종 수치제어장치를 위한 공작기계 정보 관리 장치 및 그 방법 (SYSTEM AND METHOD FOR MANAGING MACHINE TOOL INFORMATION FOR HETEROGENOUS COMPUTER NUMERICAL CONTROL)	두산인프라코어 주식회사																	
	3	레이저 스캐너 기반 5축 표면 연속 가공 장치 및 그 제어 방법 (5-AXIS DEVICE FABRICATING SURFACE CONTINUOUSLY BASED ON LASER SCANNER AND CONTROL METHOD FOR THE DEVICE)	씨에스캠 주식회사																	
	4	CNC 공작기계의 다축 가공을 위한 고정용 지그의 공작물 회전 장치 (The structure rotational device of fixing jig for multi-axis processing of CNC machine tool)	조왕연																	
5	컴퓨터 수치 제어 공작기계 및 이를 활용한 방법 (IN COMPUTER NUMARICAL CONTROL MACHINE AND METHOD USING THEREOF)	두산인프라코어 주식회사																		
적용가능분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 가공 공정을 하나의 통합 프로세스로 융합하는 스마트공장 구현</li> </ul>																			
관련기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>두산, 대영코어텍, 씨에스캠, 삼성, 현대, YCM</li> </ul>																			

## 원격 실시간 제어기술

<b>기술개발 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 공작기계 ICT 모니터링 설비로부터 다양한 정보를 수집하고 작업자가 전달하는 원격 정보를 생산라인의 공작기계에서 수행함으로써 시간/공간적 제약을 줄이고, 보다 신속정확한 통합 제어 시스템 구축 가능</li> </ul>																					
<b>기술개발전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 작동을 위해 입력한 스위치에 대한 안내 메시지와 주의 사항을 Voice 및 영상 등을 통해 숙지하도록 하는 멀티모달 인터페이스 기술 개발</li> <li>■ 테블릿, 스마트폰 등 스마트 디바이스와 연동되는 기술 및 전용 UI개발</li> <li>■ 컨트롤러와 MES, ERP 등 상위 생산 공정시스템과 데이터 정보 공유가 가능하도록 하여 생산성 향상을 지원하는 기술 개발</li> </ul>																					
<b>관련특허현황</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No</th> <th style="width: 70%;">명칭</th> <th style="width: 25%;">출원인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>원격 지원 시스템 및 그 방법 (REMOTE ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD THEREFOR)</td> <td>SINTOKOGIO LTD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>원격 절단 공정을 위한 절단 형상 생성 시스템 및 방법 (SYSTEM AND METHOD OF GENERATING CUTTING SHAPE FOR RMOTE CUTTING PROCESS)</td> <td>한국원자력연구소</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>원격조정 무인자동화된 레이저 가공시스템 (unmanned automatic laser processing system by remote control)</td> <td>싸이언텍(주)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>NC 공작 기계의 관리 시스템, 관리 프로그램 및 NC 공작 기계</td> <td>STAR MICRONICS CO LTD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>원격제어패널을 갖는 CNC 밀링머신 (CNC MILLING MACHINE HAVING A DISTANT CONTROL PANEL)</td> <td>정응규</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>원격제어 기능을 갖는 CNC 공작기계의 절삭유 자동 공급장치 (CUTTING OIL AUTOMATIC FEEDING EQUIPMENT OF CNC MACHINE TOOL WITH THE REMOTE CONTROL FUNCTION)</td> <td>최창근</td> </tr> </tbody> </table>	No	명칭	출원인	1	원격 지원 시스템 및 그 방법 (REMOTE ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD THEREFOR)	SINTOKOGIO LTD	2	원격 절단 공정을 위한 절단 형상 생성 시스템 및 방법 (SYSTEM AND METHOD OF GENERATING CUTTING SHAPE FOR RMOTE CUTTING PROCESS)	한국원자력연구소	3	원격조정 무인자동화된 레이저 가공시스템 (unmanned automatic laser processing system by remote control)	싸이언텍(주)	4	NC 공작 기계의 관리 시스템, 관리 프로그램 및 NC 공작 기계	STAR MICRONICS CO LTD	5	원격제어패널을 갖는 CNC 밀링머신 (CNC MILLING MACHINE HAVING A DISTANT CONTROL PANEL)	정응규	6	원격제어 기능을 갖는 CNC 공작기계의 절삭유 자동 공급장치 (CUTTING OIL AUTOMATIC FEEDING EQUIPMENT OF CNC MACHINE TOOL WITH THE REMOTE CONTROL FUNCTION)	최창근
No	명칭	출원인																				
1	원격 지원 시스템 및 그 방법 (REMOTE ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD THEREFOR)	SINTOKOGIO LTD																				
2	원격 절단 공정을 위한 절단 형상 생성 시스템 및 방법 (SYSTEM AND METHOD OF GENERATING CUTTING SHAPE FOR RMOTE CUTTING PROCESS)	한국원자력연구소																				
3	원격조정 무인자동화된 레이저 가공시스템 (unmanned automatic laser processing system by remote control)	싸이언텍(주)																				
4	NC 공작 기계의 관리 시스템, 관리 프로그램 및 NC 공작 기계	STAR MICRONICS CO LTD																				
5	원격제어패널을 갖는 CNC 밀링머신 (CNC MILLING MACHINE HAVING A DISTANT CONTROL PANEL)	정응규																				
6	원격제어 기능을 갖는 CNC 공작기계의 절삭유 자동 공급장치 (CUTTING OIL AUTOMATIC FEEDING EQUIPMENT OF CNC MACHINE TOOL WITH THE REMOTE CONTROL FUNCTION)	최창근																				
<b>적용가능분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고도로 복잡한 기능을 가진 기기·설비를 원격지로부터 보수·점검하는 기술</li> <li>■ 센서융합기술, 유무선통신, 지능형 HMI 및 M2C 기술 등이 내재된 차세대 스마트 공작기계시스템</li> </ul>																					
<b>관련기업</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 한국원자력연구소, 싸이언텍(주), SINTOKOGIO LTD, STAR MICRONICS CO LTD</li> </ul>																					



**자동통합문서기반 주물생산/공정/품질관리 통합 제어 기술**

<b>기술개발 필요성</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공작기계 ICT 모니터링 설비로부터 수집된 기존의 데이터를 활용하여, 생산운영에 필요한 데이터를 융합 관리함으로써, 주물생산/공정/품질관리 등 전 공정의 통합 제어를 지원하는 기술 필요</li> </ul>																		
<b>기술개발전략</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>공작기계 시스템 관리 및 상태 데이터 관리용 구조 및 클라우드 기술과 데이터 수집/처리 모듈에 관한 연구</li> <li>데이터관리 95% 이상을 목표로 하는 생산 공정 정보 관리 기술</li> </ul>																		
<b>관련특허현황</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">No</th> <th style="width: 70%;">명칭</th> <th style="width: 25%;">출원인</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>호스트 컴퓨터 상의 제어용 소프트웨어를 사용한 수치 제어 장치</td> <td>FANUC LTD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>원격 지원 시스템 및 그 방법(REMOTE ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD THEREFOR)</td> <td>SINTOKOGIO LTD</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>프로그램 작성장치, 수치제어장치 및 프로그램 작성방법 (PROGRAM CREATION DEVICE, NUMERIC CONTROL DEVICE, AND PROGRAM CREATION METHOD)</td> <td>MITSUBISHI ELECTRIC CORP</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>수치 제어 기계 공구(NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOL)</td> <td>DMG MORI SEIKI AKTIENGESELLSCHAFT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>씨엔씨 공작기계의 제어방법(Control method for CNC machine tool)</td> <td>현대위아 주식회사</td> </tr> </tbody> </table>	No	명칭	출원인	1	호스트 컴퓨터 상의 제어용 소프트웨어를 사용한 수치 제어 장치	FANUC LTD	2	원격 지원 시스템 및 그 방법(REMOTE ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD THEREFOR)	SINTOKOGIO LTD	3	프로그램 작성장치, 수치제어장치 및 프로그램 작성방법 (PROGRAM CREATION DEVICE, NUMERIC CONTROL DEVICE, AND PROGRAM CREATION METHOD)	MITSUBISHI ELECTRIC CORP	4	수치 제어 기계 공구(NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOL)	DMG MORI SEIKI AKTIENGESELLSCHAFT	5	씨엔씨 공작기계의 제어방법(Control method for CNC machine tool)	현대위아 주식회사
No	명칭	출원인																	
1	호스트 컴퓨터 상의 제어용 소프트웨어를 사용한 수치 제어 장치	FANUC LTD																	
2	원격 지원 시스템 및 그 방법(REMOTE ASSISTANCE SYSTEM AND METHOD THEREFOR)	SINTOKOGIO LTD																	
3	프로그램 작성장치, 수치제어장치 및 프로그램 작성방법 (PROGRAM CREATION DEVICE, NUMERIC CONTROL DEVICE, AND PROGRAM CREATION METHOD)	MITSUBISHI ELECTRIC CORP																	
4	수치 제어 기계 공구(NUMERICALLY CONTROLLED MACHINE TOOL)	DMG MORI SEIKI AKTIENGESELLSCHAFT																	
5	씨엔씨 공작기계의 제어방법(Control method for CNC machine tool)	현대위아 주식회사																	
<b>적용가능분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICT기반 기술을 활용한 스마트 공작기계를 중심으로 하는 정보체계를 구축하고 기존의 가공 공정의 단위 공정별 연계와 통합</li> </ul>																		
<b>관련기업</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FANUC LTD, SINTOKOGIO LTD, MITSUBISHI ELECTRIC CORP, DMG MORI SEIKI AKTIENGESELLSCHAFT, 현대위아</li> </ul>																		





# 금속 3D적층/절삭 장치

## 정의 및 범위

- 디지털 디자인 데이터를 이용, 소재를 적층(積層)하여 3차원 물체를 제조하는 프로세스  
 절삭가공 - 공작물보다 경도가 높은 공구를 사용하여 공작물과의 상대적인 운동으로 불필요한 부분을 절삭하여 원하는 모양의 치수로 부품을 만드는 프로세스
- 금속 3D적층/절삭장치(적층제조 : 프린팅 방식에 따른 기술 분류, 소재에 따른 기술 분류, 공급망에 따른 기술 분류/절삭가공 : 공구에 의한 기술 분류) 로 나누어지는 모든 기술

## 정부지원 정책

- 3D 프린팅 산업 발전 전략을 수립하여 국가적인 차원의 기술 개발을 선도
- 3D 프린팅 포럼 구성, 제조혁신지원센터 구축 및 운영
- 범정부적으로 3D 프린팅 융합 생태계 구축 3개년 추진(2014 ~ 2016년)

## 중소기업 시장대응전략

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>3D 프린팅 성능과 품질 향상, 기술 인지도 및 관심도 향상</li> <li>HW, SW 및 공급비용 하락, 최종 제품의 가격하락 촉진</li> <li>다양한 소재 개발 기술의 발전</li> <li>기본적인 CAD 기술을 갖춘 인력 확대</li> <li>3D 모델링 SW의 확산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존의 프린터 대비 사용의 어려움과 CAD 활용 역량 부족</li> <li>완제품 출력 시까지 장시간 소요</li> <li>특정제품 인쇄에 필요한 소재의 부족</li> <li>높은 소재 가격(high-end 제품의 경우 kg당 100~300달러)</li> <li>제품의 불법복제 및 무단 제작 등의 법적 문제점 발생 우려</li> </ul>
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>최근 수년간 3D 적층제조 기술진보 및 가격 하락</li> <li>네트워크+3D프린팅+신소재의 결합, 새로운 생산/유통/ 소비 방식 탄생</li> <li>제조업을 디지털화하여 신개념의 산업적 변화 잠재력 보유</li> <li>미국/유럽/일본/중국 등 글로벌 기업의 국내 진출로 인한 국내 3D 프린팅 관련 산업의 활성화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>글로벌 기업의 국내 진출로 인한 국내 기업의 경제적 손실</li> <li>제품의 불법복제 및 무단 제작 등의 법적 문제점 발생 우려</li> <li>총기류와 같은 불법 무기 제조 확산에 대한 우려</li> <li>다수 생산자로 인한 불명확한 책임 소재에 대한 우려</li> </ul>

## 중소기업의 시장대응전략

- 중소기업이 제조하는 적층제조 기술 성능과 품질 향상에 따라 가격경쟁력을 통한 글로벌 진출가능
- 높은 소재 가격을 극복하기 위한 네트워크+적층제조 등의 유통구조 개선을 통한 원가절감을 통해 신소비 방식으로 시장 접근

핵심기술 로드맵

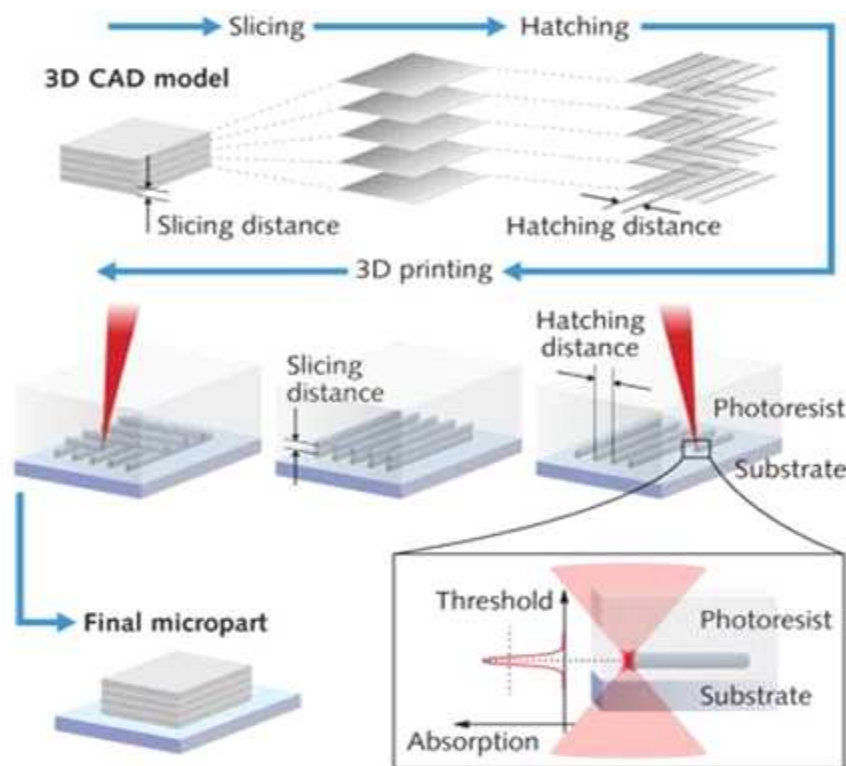
금속 3D적층 및 절삭장치 중소기업형 기술로드맵

Time Span		2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표		3D적층및절삭기술 고속/정밀/가격저감	타산업분야관련 응용기술개발	3D적층및절삭 품질검사기술개발	3D적층및절삭기술 대중화/양산화
금속 3D적층 및 절삭장치 핵심기술	공정 및 제어	3D적층 및 절삭 고속화 공정 제어 알고리즘 개발 3D적층제조 분말재료 공급 기술 개발 3D적층 및 절삭 공구위치 정밀 제어 기술			3D적층 및 절삭장치 기초 기술 개발
	응용 분야	바이오 소재를 사용한 의료 기기 생산 기술 건물의 외형을 포함한 내부 인터리어 건축 기술			의료 기기 및 건축 분야 응용 기술 개발
	품질 검사	3D적층 및 절삭 제조품 정밀 검사 기술			조형 제품의 물성/성능 및 신뢰성 평가 기술 개발
기술/시장 니즈		고속화/정밀화/가격저감	품질 검사 기술 개발 필요		의료 기기 및 건축 분야 수요 증가

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

- 금속 3D적층/절삭장치란, 디지털 디자인 데이터를 이용, 소재를 적층(積層)하여 3차원 물체를 제조하는 프로세스
  - 재료를 자르거나 깎아 생산하는 절삭가공과 대비되는 개념으로 공식용어는 적층제조(AM: Additive Manufacturing), 쾌속조형(RP: Rapid Prototyping)
  - 구현하고자 하는 물체를 3차원 디지털 도면을 통해 가상의 물체로 디지털화한 후, 매우 얇은 단면(약 0.015~0.10mm)을 한 층씩 형상을 쌓아 결과물을 제조
  - 적층제조(Additive Manufacturing, AM)는 입체물을 기계 가공 등을 통하여 자르거나 깎는 절삭가공(Subtractive Manufacturing) 제조방식과 반대되는 개념

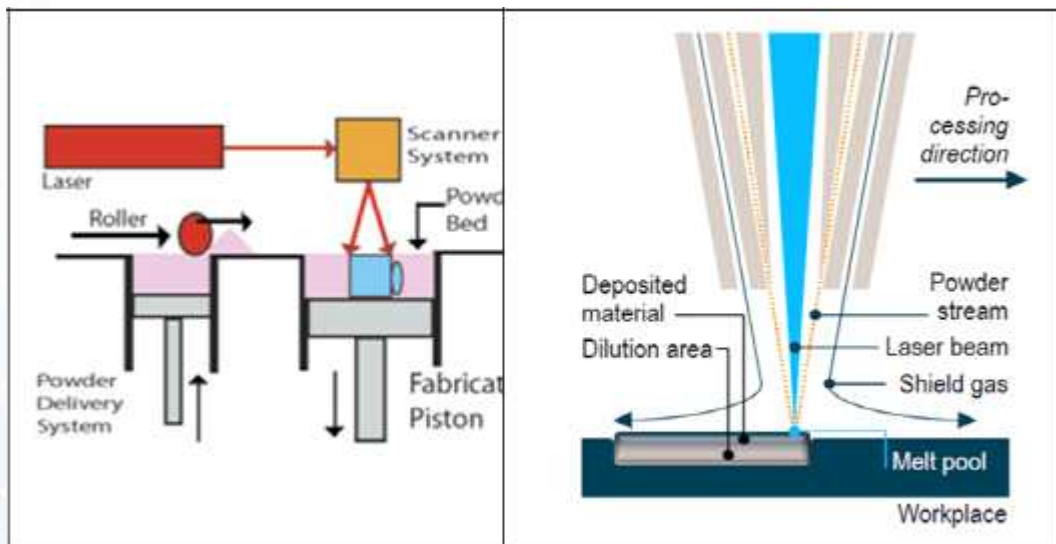


\* 출처 : Laserfocusworld.com

[ 3D 적층제조 방식 개념도 ]

- 적층가공(Additive Manufacturing) 또는 쾌속조형(Rapid Prototyping)이라고도 하며, 3차원 CAD프로그램 등을 이용한 설계 데이터에 따라 액체·파우더 형태의 폴리머(수지), 금속 등의 재료를 적층 방식(Layer-by-layer)으로 쌓아올려 입체물을 제조하는 방법을 의미하고, 폴리머 기반의 단순 시제품 제작형태가 아닌, 티타늄 등의 금속 기반의 초정밀 및 초대형 부품을 양산할 수 있는 기술도 포함

- 적층방식과 사용하는 재료에 따라 다양한 기술로 구분할 수 있음. 적층 방식으로는 압출, 잉크젯 방식의 분사, 광중합, 분말 소결, 인발, 시트 접합 등이 있으며, 활용 가능 재료에는 폴리머, 금속, 종이, 목재, 식재료 등
  - 광중합 방식(Light Polymerization)은 빛의 조사로 플라스틱 소재의 중합반응을 일으켜 선택 적으로 고형화시킴. Stereolithography(SLA)과 Continuous Liquid Interface Production (CLIP)등이 대표적인 방식
  - 재료압출 방식(Material Extrusion)은 고온 가열한 재료를 노즐을 통해 압력으로 연속적으로 밀어내며 위치를 이동시켜 물체를 형성시킴. 대표적인 방식으로 Fused Filament Fabrication(FDM) 등
  - 재료분사방식(Material Jetting)은 용액 형태의 소재를 Jetting으로 토출시키고 자외선 등으로 경화시키는 방식을 의미하고, Polyjet등이 대표적인 방식
  - 접착제분사 방식(Binder Jetting)은 가루 형태의 모재 위에 액체 형태의 접착제를 토출시켜 모재를 결합시키는 것으로, 대표적인 방식으로 3DP 등
  - 분말소결 방식(Powder Bed Fusion)은 가루 형태의 모재 위에 고에너지빔(레이저나 전자빔 등)을 주사하며 조사해 선택적으로 결합시키는 방식임. 대표적인 방식으로 Selective Laser Sintering(SLS) 등
  - 고에너지직접조사 방식(Direct Energy Deposition)은 고에너지원(레이저나 전자빔 등)으로 원소재를 녹여 부착시키는 방법. 대표적인 방식으로 Direct Metal Tooling(DMT), Electron beam melting(EBM)등이 있음



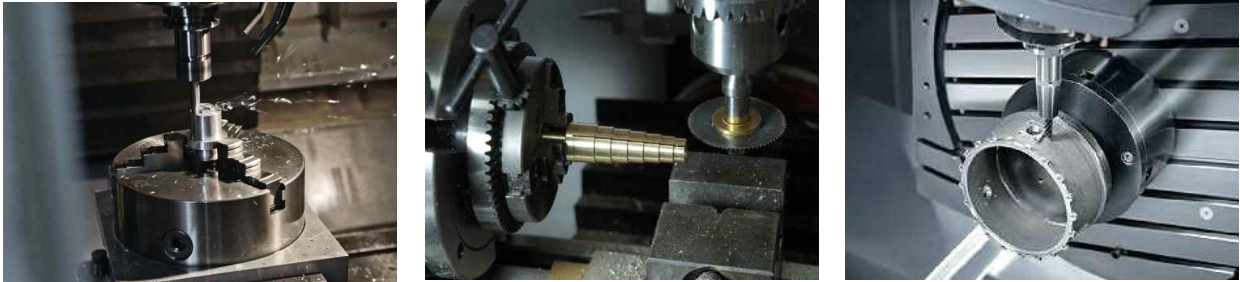
\* 출처 : 신소재 경제신문 2015, 강민철 3D프린팅 연구조합 상임이사

[ 3D 적층제조, PBF와 DED 기술 ]

- 3D 절삭가공이란, 공작물보다 경도가 높은 공구를 사용하여 공작물과의 상대적인 운동으로 불필요한 부분을 절삭하여 원하는 모양의 치수로 부품을 만드는 가공임
  - 제품의 치수가 정밀하고 표면이 매끄럽게 가공되지만 에너지, 자본 및 노동력이 더 많이 사용되고

시간이 많이 필요하다는 단점이 있음

- 가공법의 종류로는 공구에 의한 가공(선삭, 밀링, 구멍 가공, 평삭, 기어 가공, 브로우치 가공, 기타 톱가공 등), 고정 입자에 의한 가공(연삭, 호오닝과 수퍼 피니싱, 기타 벨트 연마, 디스크 샌딩 등), 유리 입자에 의한 가공(랩핑, 액체 호오닝, 샌드 블라스트, 초음파 가공, 기타 가렐 연마, 버핑 등), 기타 특수 가공(열 에너지를 이용한 가공, 전해 응용 가공, 화학적 가공법)이 있음



\* 출처 : www.mmkorea.com (Maschine Market Korea)

[ 3D 절삭제조 공정 ]

## 나. 범위

### (1) 제품분류 관점

- 3D적층/절삭 장치는 모델링, 프린팅, 후처리, 소재 등으로 세부 기술이 구분
  - 모델링 분야에는 3D디자인 변환, 3D 스캐닝, 3D디자인 SW 등 CAD 등 컴퓨터 그래픽 설계 프로그램을 이용해 물체의 모양을 3차원으로 구성하거나, 물체를 스캔 및 디자인하여 데이터로 변환하는 기술 등이 포함
  - 프린팅 분야에는 미세노즐, 미세분사기술 등의 분사·인쇄기술, 에너지원(열, 레이저, 전자빔 등) 출력 및 조절기술, 정밀 위치제어, 고속제어 기술 등의 위치·제어기술 등이 포함되며, 디지털화된 파일로 데이터를 분석하고 조형을 하는 단계로, 해상도 및 제조시간 등을 개선하는 기술이 요구
  - 소재 분야에는 다양한 소재의 적정용점 및 경화 제어기술 등이 요구되고 있으며, 후처리 기술은 착색, 연마, 표면재료증착 기술 등이 요구



[ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
금속 3D 적층/절삭 장치	모델링	3D디자인 변환, 3D 스캐닝, 3D디자인 SW 등
	프린팅	미세노즐, 미세분사기술, 에너지원(열, 레이저, 전자빔 등)출력 및 조절 기술, 정밀 위치제어, 고속제어 기술 등
	소재	적정용점 및 경화 제어기술 등
	후처리	착색, 연마, 표면재료증착 기술 등

(2) 공급망 관점

□ 3D적층/절삭 장치 산업의 공급망 관점의 범위는 장비, 소재, 소프트웨어 산업으로 구분

- 장비 기술은 접착제분사 방식 프린터, 재료분사 방식 프린터, 분말소결 방식 프린터, 고에너지 직접 조사 방식 프린터, 압출방식 프린터, 광조형 방식 프린터, 시트 적층 방식 프린터 등 다양한 적층 방식에 따라 프린터와 적층대상을 데이터로 변환하기 위한 스캐너 등이 요구
- 소재 기술은 금속, 세라믹, 고분자, 창의소재, 생체적합성 소재, 하이브리드 스마트 소재 등 다양한 액체, 분말, 고체 형태의 소재 개발이 요구되고 있으며, 소프트웨어 기술은 위상 최적설계, 가상 프로토타이핑 툴 등의 기반 SW기술, 형상 검색, 디자인/콘텐츠 지적재산권 관리 등의 응용 SW기술, 프린터용 임베디드, 하드웨어 제어 등의 임베디드 SW기술 등이 요구

[ 공급망 관점 기술범위 ]

전략제품	공급망 관점	세부기술
금속 3D 적층/절삭 장치	장비	접착제분사 방식 프린터, 재료분사 방식 프린터, 분말소결 방식 프린터, 고에너지직접조사 방식 프린터, 압출방식 프린터, 광조형 방식 프린터, 시트 적층 방식 프린터, 스캐너 등
	소재	금속, 세라믹, 고분자, 창의소재, 생체적합성 소재, 하이브리드 스마트 소재 등 액체, 분말, 고체 형태의 소재
	소프트웨어	위상 최적설계 SW기술, 가상 프로토타이핑 툴, 형상 검색 SW기술, 디자인/콘텐츠 지적재산권 관리 기술, 프린터용 임베디드 SW, 하드웨어 제어 기술 등

## 2. 산업환경분석

### 가. 산업특징 및 구조

#### (1) 산업의 특징

- 3D 프린팅은 ‘제조업의 혁신’, 또는 ‘산업의 혁명’, ‘제3차 산업혁명’ 등의 수식어를 가지고 있듯이, 절삭공정 위주의 기존의 제조방식 대신 각종 소재를 층층이 쌓아 제조하는 생산 방식을 통해 제조업 공정을 혁신하는 기폭제로 작용할 전망
- 3D 프린팅은 다품종 소량생산과 개인 맞춤형 제작이 용이한 산업으로, 시제품의 제작비용 및 시간 절감, 제조공정 간소화 등 많은 장점을 보유하고 있어 규모의 경제와 저임 노동비 우위를 가진 전통적인 방식과 다른 형태의 생산/유통/소비 방식을 탄생
  - 3D프린팅을 통한 제조방식은 미리 재고를 확보해둘 필요 없이 맞춤형 주문생산이 가능하며, 선주문, 후생산하는 주문생산(Build to Order)방식으로 제조업을 확장시키는 기능
- 3D프린팅은 제조업의 혁신 뿐 아니라 투자, 판매, 재무관리 등의 전 단계에 변화를 가져올 수 있는 기회를 제공
  - 3D프린팅은 금형 투자의 고정비용을 낮춰주고 시장에서의 반응을 살펴보기 위한 소량 생산을 가능케 하며, 재고자산을 줄여주어 경영리스크를 감소시킬 것으로 예상
  - 제품의 주기가 점점 짧아지는 가전 시장의 경우 신제품 출시 속도에 따라 기업의 경쟁력이 좌우되는데, 제품 제조에 3D 프린트를 적용하여 제조함에 따라 기업 경쟁력을 갖춰지는 것이 목적
- 장비 및 소재를 개발·생산하는 제조업과, 생산대행·제작 지원을 제공하는 서비스업 등 다양한 산업이 연관된 산업으로, 전방산업으로의 파급효과가 큰 제조업의 토대이면서 신 성장 동력 산업을 이끌어갈 경쟁력의 원동력
- 장비 및 소재를 개발·생산하는 제조업과, 생산대행·제작 지원을 제공하는 서비스업 등 다양한 산업이 연관된 산업으로, 전방산업으로의 파급효과가 큰 제조업의 토대이면서 신 성장 동력 산업을 이끌어갈 경쟁력의 원동력
  - 3D프린팅은 금형 투자의 고정비용을 낮춰주고 시장에서의 반응을 살펴보기 위한 소량 생산을 가능케 하며, 재고자산을 줄여주어 경영리스크를 감소시킬 것으로 예상
- 적층제조 기술은 기존의 제조공정과 달리 틀(금형 등) 없이 시제품을 만들 수 있고, 디자인 도면의 변경으로만 수정이 가능하기 때문에 제조업 분야의 시제품 개발 단계에서 주로 사용

[ 일반제조공정과 적층제조공정 비교 ]

구분	일반 제조공정	적층제조공정
제조방식	먼저 금형을 만들어 주조 등으로 부품을 생산하고 이를 조립하여 완성품 제작	원료를 한 층씩 적층하여 조립공정 없이 최종 완성품 제작
장점	- 대량생산에 유리 - 단순 형상의 제품제작 용이	- 다품종 소량생산에 유리 - 복잡한 형상의 제품제작 용이 - 1개 장비로 다양한 제품 생산 - 시제품의 제작비용 간 절감
단점	- 제품별로 서로 다른 금형, 생산라인 등이 필요 - 조립 등의 추가공정이 필요	- 일반제품 제조시간은 오래 걸림 - 표면의 정밀도가 다소 떨어짐

- 최근에는 적층제조 관련 기술개발과 장비 재의 가격하락에 힘입어 산업용 정밀기계, 자동차, 의료, 항공 등 다양한 분야에 활용되고 있음
  - 특히 부품 제조분야에 활용도가 높는데 적층제조로 부품을 생산할 경우 미리 생산해 참고에 비축할 필요가 없으며, 단종된 부품도 도면만 있으면 다시 제작할 수 있기 때문
- 적층제조 기술은 금형 등을 이용한 제조방식과 달리, 제품의 순차 생산에 따른 긴 제조시간과 높은 생산비용 등으로 인해 완제품의 대량생산을 대체하기에는 어려운 상황
  - 적층제조 기술은 이론적으로 기존 제조업의 한계를 뛰어넘는 많은 장점과 가능성을 보이고 있지만, 아직까지 기술상의 문제점을 동시에 안고 있다는 점에서 당분간 기존의 대량생산방식과 서로 보완적인 관계를 형성할 것으로 전망
- 현재 적층제조 기술은 제작시간용 절감, 정밀성 향상, 금속소재 개발 등 단점을 극복하기 위해 다양한 기술을 개발하는 단계에 있음
  - 주로 적층제조 기술의 상용화 단계를 가속시키기 위한 기술개발이 진행되고 있으며 이러한 기술들이 개발되어야만 완제품의 대량생산이 가능

## (2) 산업의 구조

- 전방 및 후방 모두에 산업파급효과가 큰 수준이며, 국내 금속 3D적층/절삭장치는 아직 초기 시장진입 단계로, 일부 대기업을 중심으로 부품산업분야에서 점차 상용화 시장이 확대되고 있는 형태

[ 3D적층제조 시스템 분야 산업구조 ]

후방산업	금속 3D 적층/절삭 장치	전방산업
소재, 공구, 프린터, 스캐너	SW, 소재, 장비, 서비스	자동차, 조선, 우주항공, 소재, 신재생에너지, 방위, 가전제품, 의료장비, 치의학, 건축, 교육, 애니메이션, 완구, 패션, 보석

- 전방산업은 소비재·가전, 자동차, 인공 뼈, 치과보형물 등의 의료용 생체조직의 의료·치과, 산업용 기계류, 우주·항공, 공학·교육, 공공·국방, 복잡한 구조의 건물의 건축모형 및 건축자재의 건축 분야 등이 존재
  - 3D적층제조 시스템 산업에 비중이 높은 산업으로는 소비재 산업이 21.8%로 가장 높으며, 자동차 18.0%, 의료·치과 16.4%, 산업용 기계류 13.4% 순으로 비중을 차지하고 있어 세계 3D적층제조 시스템 산업은 자동차 산업의 영향을 많이 받고 있는 추세

[ 3D적층제조 시스템 전방산업 비중 ]

구분	소비재·가전	자동차	의료·치과	산업용 기계류	우주·항공	공학·교육	공공·국방	건축
이용률(%)	21.8	18.6	16.4	13.4	10.2	6.8	5.2	7.6

\* 자료: Wohlers Associates Inc.(2013)의 내용을 재구성

## 나. 경쟁환경

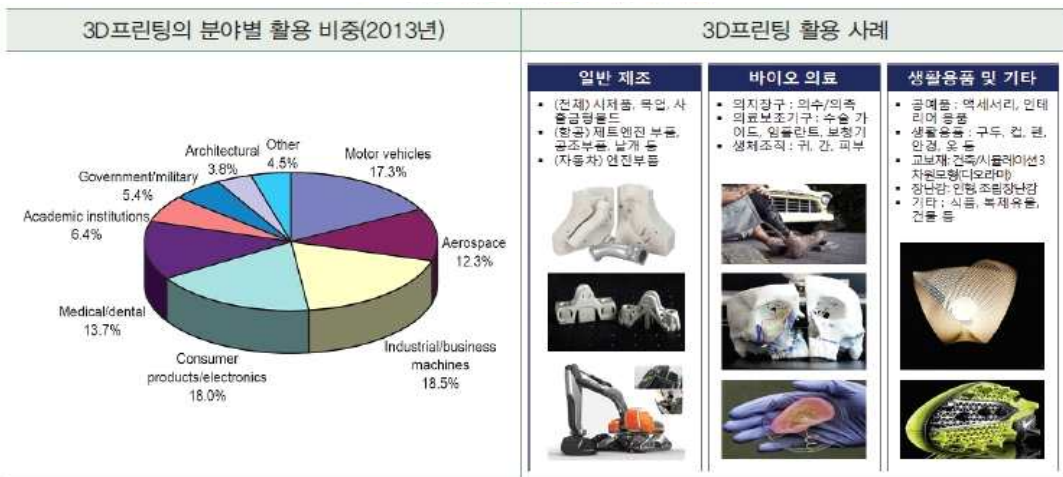
- 국내 3D적층제조를 제조하는 업체로는 (주)캐리마, (주)인스텍, (주)로킷 등 소수의 업체가 시장에 참여하고 있음
  - 이외에도 개인용 3D적층제조를 제작하는 오픈크리에이터, 윌리봇이 있으며, 3D 설계 소프트웨어 기술을 보유한 (주)아이너스기술 등이 있음
  - (주)아이너스기술은 우수한 3D 소프트웨어 기술력을 인정받아 '12년 3D Systems(美)에 약 3,500만 달러에 인수되었음
- (주)캐리마는 기계적인 구조가 복잡하지 않은 DLP방식의 산업용 프린터를 제조하고 있으며, 아크릴, 에폭시 등 5종의 광경화성 소재를 자체적으로 개발하여 생산·판매하고 있음
  - 핵심부인 DLP모듈은 외부(Texas Instrument)에서 구입하여 사용하고 있으며, 수출 실적을 늘리며 성장 중이나 '2년 매출규모는 약 16억원 수준으로 미미한 편임
- (주)인스텍은 대부분 기술을 자체적으로 개발하는데 성공한 것으로 알려져 있는 산업용 3D적층제조 제조업체로, DMT(Directed Metal Tooling) 원천기술을 보유하고 있음
  - 고에너지형(Directed Energy Deposition) 기술을 미국에 이어 세계에서 2번째로 개발한 것으로 알려져 있으며, LG전자(주), 현대자동차(주) 등 전자·자동차·의료 등 다양한 분야에 장비를 납품하고 있음
- 국내 적층제조 시장도 급속히 성장하고 있지만, 장비를 대부분 수입에 의존
- 국내 적층제조 기술 시장은 2012년 기준 300억 원 규모로 전년대비 30% 이상 증가하였으나, 고가 산업용 장비는 90% 이상 수입
  - 소재 또한 장비와 소재를 연계하여 판매하는 산업구조로 인해 대부분 외로부터 수입
- 국내 3D적층제조 장비 공급업체는 주로 저가 산업용 인용 장비를 생산하는 중소·중견기업들임
  - 산업용 3D적층제조를 제조, 판매하는 국내 기업은 2개사에 불과하며, 개인용 3D적층제조의 경우 최근 국내에 진출한 외 기업(Stratasys(美)의 자회사 Makerbot, 3D Systems (美)의 자회사 Cubify 등)이 시장의 대부분을 차지

[ 제품분류별 경쟁자 ]

구분	경쟁환경		
주요내용	산업용 3D 적층제조	개인용 3D 적층제조	3D 프린팅 서비스
주요 제품/기술	시제품, 목업, 콘셉트디자인, 항공기용 제트엔진부품, 공조부품, 날개, 자동차용 엔진부품, 의지장구, 의료보조기구, 생체조직, 공예품, 생활용품, 장난감, 교보재, 기타 등		
해외 기업	Stratasys(미국), Object(이스라엘), 3D Systems(미국), Beijing Tiertime(중국), Z corp(미국), Organovo(미국), EnvisionTec(독일), EOS(독일), solidscape(미국)	Bit From Bytes(영국), MakerBot(미국), PrintrBot(미국), Cubify(미국)	Shapeways(미국), Materialise(벨기에), Quirky(미국)
국내 기업	캐리마, 인스텍, TPC메카트로닉스	로킷, 오픈크리에이터, 윌리봇, 제이씨현시스템	아이너스기술, 트루바인

## 다. 전후방산업 환경

- 적층제조 기술의 그 후방 산업은 적층제조를 위한 소프트웨어 및 소재 산업, 전방 산업은 제조업, 프린팅 서비스업, A/S 서비스 산업 등으로 구분
- 적층제조 기술 산업의 영향력을 예측하는 사람들은 적층제조 산업이 1차적으로는 개도국보다는 선진국에 영향을 줄 것이고, 소비 패턴에 변화를 야기할 것이라고 함. 또한 창업 활성화 및 신제품·서비스 창출로 생산성이 증가될 것으로 예측
- 적층제조 기술 산업은 전자, 항공, 자동차, 의료, 교육 등 전통 산업에 재도약 기회를 제공할 것이고, 기술 집약형 산업구조화에 기여
- 적층제조 기술로 인해 제조업과 정보통신기술(ICT)의 융합 등 새로운 산업 형태가 창출될 것임. 누구나 설계와 디자인, 서비스를 활용해 개인맞춤형 생산 및 거래가 확산되어 혁신에 기여하며, 디지털데이터를 중심으로 한 제품 설계, 시제품 제작, 제조·생산, 유통 등이 통합되는 디지털 시대가 개막될 것임. 이를 제조업의 민주화라 지칭
- 아이디어 제품, 부품, 취미활동용 장식품 등을 적층제조 기술로 직접 제작, 생산, 소비하는 프로슈머(생산적 소비자)를 촉진할 것이고 책상 위 프린터에서 물건을 뽑아내는 데스크톱(Desktop) 공장이 실현



자료 : Wohlers Report 2014

자료 : 산업연구원, '제조업 공정혁신의 기폭제 3D프린팅 산업', 2014

### [ 3D프린팅 분야별 활용 비중 및 사례 ]

- 적층제조 기술 산업의 영향으로 1) 기술 집약형 산업화가 이루어지고, 2) 제조업과 정보통신기술(ICT) 융합 등 새로운 산업 형태가 생기며, 3) 프로슈머 및 컨슈팍처러의 등장과, 4) 집단지성 협업 문화 확산이 이루어질 것으로 예측
- 전통적인 기획, 생산, 유통 단계에서 기획, 유통, 생산 방식으로 변화해 수요처에서 즉시 원격 생산을 하는 소비지 생산 방식이 확산 예상

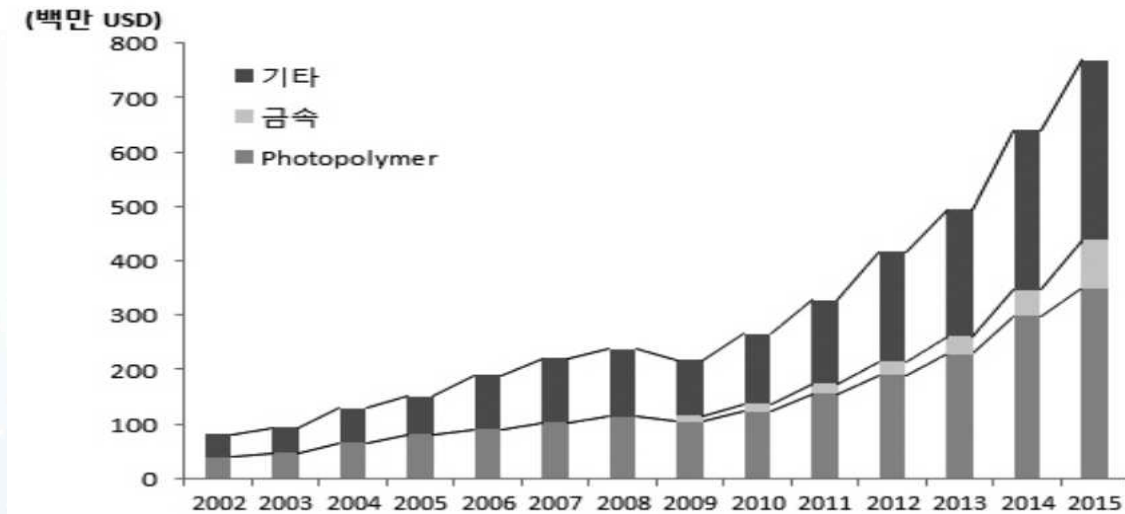
- 흑자는 생산자(Producer)와 이용자(User) 조합을 의미하는 인터넷·소셜 네트워크 서비스(SNS)상 개념인 ‘프로듀저(Producer)’에 대응해 소비자와 제조업자의 결합을 의미하는 ‘컨슈팩처러(Consufacturer)’가 적층제조 기술로 인해 새로이 등장할 수 있다고 예측
- 산업, 문화적으로는 온라인 또는 공용 제작 공간에서 소통해 창의적 결과물을 산출하는 ‘집단지성 협업’ 문화가 확산될 것임. 한편, 적층제조 기술이 가져올 수 있는 어두운 면이 예측
- 에드 포레스트와 용 카오는 적층제조 기술은 지리, 경제적 영향을 미칠 것으로 예상함. 디자인 도면만 존재하면 세계 어디서든 제조할 수 있기에 저임금에 기반한 국가의 경제적 위상이 약화될 수 있다고 예측. 이에 따라 자유무역협정(FTA) 등 무역 관련 정책의 장점이 없어질 수도 있다고 예측. 이런 시각을 대기업과 중소·중견기업의 관계에 적용시켜 보면 대기업의 아웃소싱 감소 시 중소·중견기업 경쟁력이 약화될 수 있다는 우려 확산
- 미국 비즈니스 전문 온라인 잡지 아비트리지 매거진은 “적층제조 공정은 고기능 노동력 시장은 창출하겠지만, 저임금 일자리를 위협한다” 고 진단. 고임금 노동이 담당해왔던 숙련 노동의 영역도 복잡하게 변할 가능성 증대
- 적층제조 산업은 디지털(Digital) 기반이기 때문에, 프린터 및 소재 기술이 발전되는 과정에서 제조기업의 설계 역량은 더욱 강조될 것임. 따라서 지적재산권 보호가 중요한 과제가 될 수 있을 것으로 예측되고 있음. 한편, 지적재산권에 대한 과도한 보호 요구는 지적재산의 권리성에 대한 논의를 촉발할 가능성 예상
- 3D 적층제조로 물체를 출력하기 위해서는 그 물체의 3D 데이터를 얻는 3D 스캐너를 활용하여 물체를 스캔하고 3D 모델링 소프트웨어를 사용해서 다시 수정 작업을 해야 하는 경우가 대부분
  - 가장 널리 활용되는 방법은 3D 모델링 소프트웨어를 사용하여 3D 데이터를 구현하는 방법으로, 이 경우 유. 무료의 다양한 소프트웨어 활용가능
- 실물 제작을 위한 3D 데이터 슬라이싱 소프트웨어의 경우 3D 적층제조 구입 시 제공되는 소프트웨어를 사용하거나, 무료 배포되고 있는 Cura와 같은 소프트웨어를 많이 사용



[ 대표적으로 많이 사용되는 3D 모델링이 가능한 SW ]

제품명	개발사(자)	특징	지원환경
 AUTODESK 123D	Autodesk	사용하기 쉬운 모델링 툴로 다양한 기능의 앱 제공, 아이패드에서 사용가능	Windows, Mac, Online service
	Blender Foundation	강력한 오픈소스로 많은 사용자 보유	Windows, Mac, Online service
	Trimble Navigation	사용이 쉽고 간단하여 다양하게 활용가능	Windows, Mac
	Autodesk	CAD용 SW중 세계최고 점유율	Windows, Mac
	Maxon	다양한 분야에서 사용되며 최근 모션 그래픽분야에서 많이 사용	Windows, Mac
	Autodesk	많이 사용되고 있는 3D 애니메이션 SW	Windows, Mac
	McNeel	산업디자인 및 설계 쪽에서 많이 사용하는 SW	Windows, Mac
	SolidWork	기계나 제품설계에 주로 사용되는 고급 모델링 SW	Windows, Mac

\* 자료: 한국전시문화산업협동조합 3D 프린팅 주요현황 요약



\* 자료: 제조혁신과 소재산업 (2016)

[ 3D 프린팅용 소재 시장규모 ]

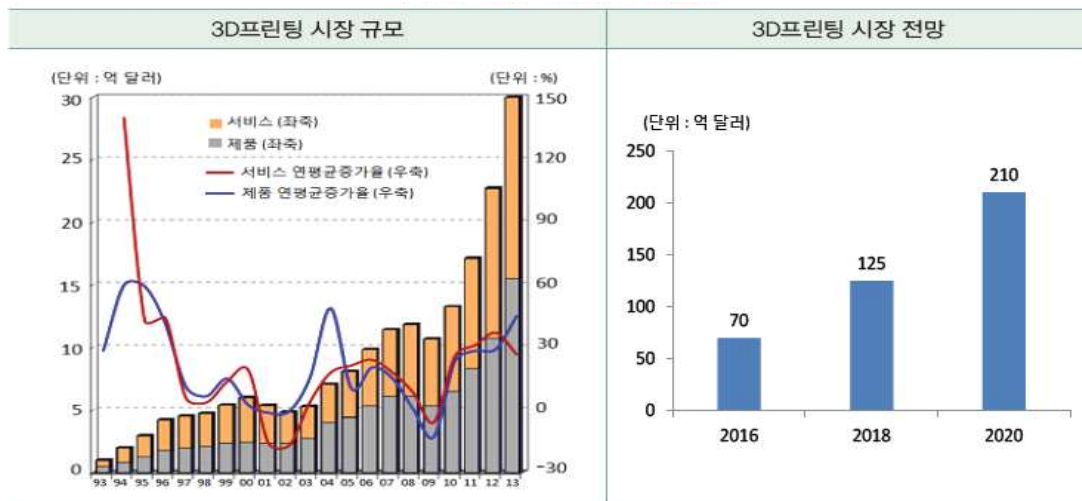
- 적층제조 산업은 소재기술과 밀접한 관계를 가지며, 최근 관련 소재 기술에 대한관심이 급증함에 따라 사업화 속도는 증가 추세
  - 적층제조 산업의 소재별 시장 규모 추이를 살펴보면, 항공 산업 등에서의 수요 증가 등에 기인하여 최근 금속재료 기반 적층제조 시장의 성장이 두드러지고 있음
  - 현재 금속 적층제조 기술은 기존의 금속가공 대비 정밀도, 강도 등이 낮고 대량생산의 어려움 등 경제성 확보에 어려움이 있지만, 적층제조 기술 특유의 장점을 기반으로 활용영역이 최근 수년 전 부터 급속하게 확대되는 상황임

- 2010년대 이후 다양한 금속 적층제조 기기의 출시와 소재생산업체의 경쟁으로 가격 또한 하락하면서 금속 적층제조 기술 시장의 성장세가 가속화되고 있음
- 최근 수년 사이에 항공 산업 및 의료산업 등에서 수요가 급격하게 증가하고 있는 점을 감안 시 적층제조용으로 적용 가능한 금속 분말의 종류는 지속적으로 확장될 것으로 전망

### 3. 시장환경분석

#### 가. 세계시장

- 제품 관련된 직접적인 시장 외에도 서비스 시장을 포함한 지속적인 성장이 전망되며, '18년까지 125억불 규모로 성장이 전망됨
- 최근 기술발전에 힘입어 일반 산업분야, 자동차, 소비재, 의료, 항공 등 다양한 응용 확대가 기대되어 급속한 시장 확대 전망



자료 : Wohlers Report 2014에서 제공한 표를 재가공

[ 3D적층제조 시스템 시장규모 및 전망 ]

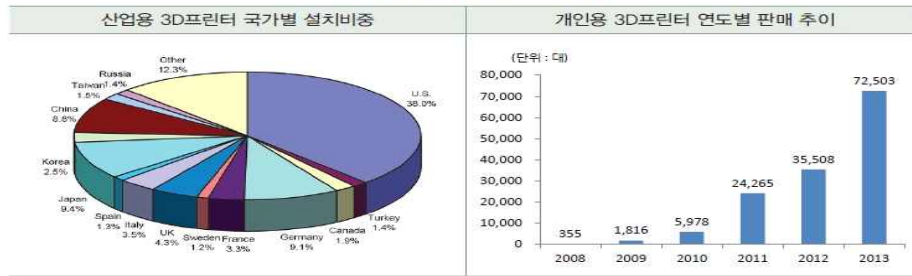
[ 3D적층/절삭 장치 세계 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만달러, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
제품관련 시장	26.8	35.4	47.3	63.2	84.1	111.8	32%
서비스 시장	26.2	34.6	46.2	61.7	82.1	109.1	34%
3D적층제조 시스템 산업관련 세계 시장	53	70	94	125	166.3	221.1	33%

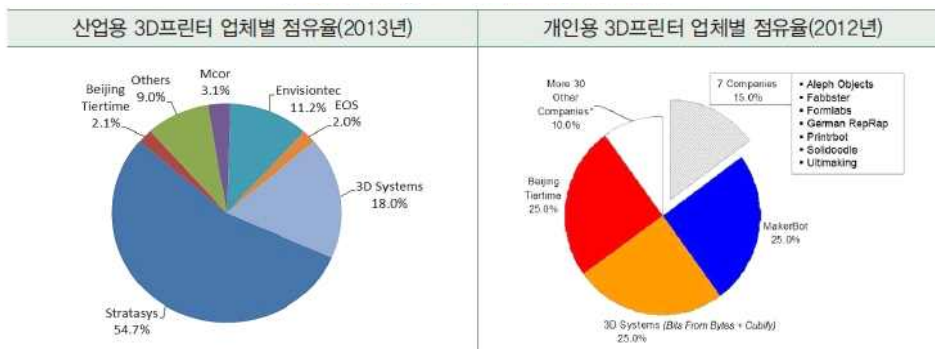
\* 자료: Wohlers Report 2014, 일부년도는 CAGR기준 추정치

- 세계 적층제조 시장은 일반 기계설비 시장에 비해 규모가 작지만 장비의 성능향상, 가격하락 현 서비스산업 발전에 힘입어 고속 성장 전망
  - “Wohler Report 2016” 에 따르면, 2015년에 전 세계 적층제조 제품과 서비스는 53억 3500만 달러로 전년대비 25.9% 규모로 강한 성장세에도 불구하고, 기계설비 시장에 비하면 여전히 작은 규모
  - RolandBerger의 2013년 보고서에 따르면 금속을 이용한 적층제조 기술은 일반 기계설비 시장의 약 10% 정도 차지
  - 향후 2016년 70억 달러, 2018년 125억 달러, 2020년 221억 달러로 성장 전망
- 적층제조 핵심인 3D적층제조 장비 시장을 보면, 산업용이 대부분이며 미국, 일본, 독일 등 기술 선도국가가 가장 큰 시장을 형성
  - 산업용 3D적층제조는 1988년~2013년 누적 설치대수는 약 66,702대로, 이 중 미국이 전 세계의 38%를 차지하며 일본, 독일, 중국이 각각 9.4%, 9.1%, 8.8%를 차지하는 반면, 우리나라는 2.5%에 불과
  - 개인용 3D적층제조는 2010년 이후 기술 특허 만료에 따른 가격인하로 판매대수가 크게 증가하고 있으며 2013년에는 72,000대 이상이 보급됨
- 적층제조 장비 공급업체는 소수의 선두기업들이 시장의 약 70% 이상을 점유하고 있으며, 장비 공급업체가 직접 소재 개발을 통해 소재 공급까지 주도하고 있는 상황
  - 현재 500개 이상의 국제 특허기술을 보유 중인 미국의 Stratasys와 세계 최초로 적층제조 기술을 개발한 미국의 3D Systems가 세계시장을 이끌고 있는 상황
  - 산업용은 Stratasys(美)(54.7%), 3D Systems(美)(18.0%) 등 2개사가 시장 과점 중
  - 개인용은 Stratasys(美)가 인수한 MakerBot(25%), 3D Systems(美)의 자회사(Bits From Bytes, Cubify)(25%), Beijing Tiertime(中) (25%) 등 3개사가 전체 시장의 75% 차지



자료 : Wohlers Report 2014

[ 산업용 및 개인용 3D적층제조 현황 ]



자료 : Wohlers Report 2014 및 한국기계연구원

[ 산업용 및 개인용 3D적층제조 업체별 시장점유율 ]

- (해외 동향) 주요 선진국(미국, EU 등)들이 주도, 다양한 분야로의 응용을 위한 기술개발 집중 투자 중이며, 서비스 시장 확대 전망
  - 미국, 일본, EU, 이스라엘, 중국 등 주요 국가의 장비가 시장을 점유하고 있으며, 장비기술 보유업체가 소재기술도 동시 보유
- (국가별 장비 점유율) 미국(63.4%), 이스라엘(16.6%), EU(12.9%), 중국(3.6%), 일본(2.8%) (Wohlers Report 2014)
  - 주요 국가별로 소비재, 전자, 자동차, 의료, 항공 분야 등으로 활용범위 확대중이며, 신규 원천기술 개발에도 집중
  - 적층제조 관련 산업생태계는 장비와 소재 중심에서 '서비스' 중심으로 전환이 예상되며, 소프트웨어 및 서비스 기술들도 발전하고 있음
  - 3D프린팅 제조 서비스 : Redeye(미국), Materialise(벨기에), Proto Labs(미국) 등
  - 3D프린팅 온라인 서비스 : I.materialise(벨기에), Sculpteo(프랑스), Thingiverse(미국), Cubify(미국) 등
- Wohlers Report 2014에 따르면 현재 전 세계 산업용 3D적층제조의 연간 설치대수는 약 9,800대 수준(2013년 기준)이며, 2015년에는 15,000대를 초과할 것으로 예상
- 개인용 3D적층제조는 2010년 이후 기술 특허 만료에 따른 가격인하로 판매대수가 크게 증가하고 있으며 2013년에는 72,000대 이상이 보급되나, 금액 기준으로는 산업용에 비해 미미한 수준

- 3D적층제조 장비 공급업체는 소수의 선두기업들이 시장의 약 70% 이상을 점유하고 있으며, 장비 공급업체가 직접 소재 개발을 통해 소재 공급까지 주도하고 있는 상황
- 현재 프린터 시장은 미국 시장이 중심이 되고 있으며, 세계 상위 8개 업체 중 5개 업체가 미국 기업으로 특히 '3D시스템스(3DSystems)'와 '스트라타시스(Stratasys)'는 최근 제품군을 다양화하고 시장 지배력을 확고하게 하기 위해 공격적인 인수·합병(M&A)을 활발하게 하고 있음
- 휴렛팩커드(HP) 등 기존 업체들도 3D 적층제조 시장에 진출 움직임을 보이고 있으며 또한 2013년 3D 프린팅은 소비재 및 전자장치, 의료·치과, 자동차사업, 산업용 기계 산업 순으로 활용되는 것으로 홀러스어소시에이츠는 예상
- 글로벌 3D 적층제조 판매 및 서비스 매출이 2009~2013년 사이 두 배로 급격히 성장하고 있으며, 활용률 측면에서 보면 주요 3개국(미국, 독일, 일본)이 60% 이상을 차지하는 것으로 나타남
- 항공기, 자동차 및 의료기기분야의 많은 기업들이 의욕적으로 3D 프린팅 기술을 도입하면서 2012년 3D 적층제조 글로벌 시장규모는 22억 400만 달러에 이른 것으로 추정
  - 2021년에는 2012년 대비 약 5배 성장한 108억 달러의 대규모 시장을 형성할 것으로 예상되며, 2016년이면 기업용 3D 적층제조를 2천 달러 이하에 구입 가능하고 2018년까지 전 세계 제조업체의 25% 이상이 3D 적층제조를 도입할 것으로 예상

## 나. 국내시장

- '13년 이후 급격한 성장세에 있으나, 국내업체의 시장 점유율이 10%에 불과하며, 해외 기술에 의존적인 실정임
  - 국내 3D적층제조 시장 현황 : 해외업체 90%/국내업체 10% (한국경제 '13.5.21)
- 일부 중소/벤처기업 중심으로 제품 개발, 상용화 초기 단계 진입하였으나, 시장을 선점하기에는 역부족
- 국내 적층제조 시장도 급속히 성장하고 있지만, 3D적층제조 장비를 대부분 수입에 의존
  - 국내 적층제조 시장은 2012년 기준 300억 원 규모로 전년대비 30% 이상 증가하였으나, 고가 산업용 장비는 90% 이상 수입
  - 소재 또한 장비와 소재를 연계하여 판매하는 산업구조로 인해 대부분 수입
- 국내 3D적층제조 시스템 시장규모는 2013년 기준 420억원으로 추정되며, 연평균 성장률은 40%로 2018년에는 3,160억원의 규모로 예상
  - 한국경제에 따르면, 국내 3D적층제조 시장에서 해외업체 90%의 점유율을, 국내업체 10%를 차지하는 것으로 나타나며, 국내 시장은 급격한 성장세에 있으나 국내업체의 시장 점유율이 낮으며 해외 기술에 의존하는 실정

[ 3D적층제조 시스템 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억원, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
국내시장	420	590	820	1,160	2,260	3,160	40%

\* 자료: Mauldin Economics, 2013. 한국경제 '13.5.21, 기타년도는 연평균 성장률 기준 추정치

- 3D적층제조 장비 관련 원천기술 취약, 소재 및 소프트웨어 개발 부족 등으로 우리 기업들의 세계시장 참여는 미진한 상황
  - 미국 등 글로벌 선도 기업이 3D적층제조 핵심 원천기술(SLS, SLA 등)을 주도하고 있으며 국내 기업들의 장비 제조 기술력은 미흡한 편
  - 국내 몇몇 기업은 디지털광학기술(Digital Light Processing, DLP), 레이저 금속 성형기술(Direct Metal Tooling, DMT) 등 기술을 보유하고 있지만 대부분 SLS, SLA와 같은 글로벌 기술 활용
- 선진국 대비 기술경쟁력이 부족하지만, 수요 산업과의 연계를 통한 성장 잠재력 보유
  - 산발적인 지원으로 인해, 국내 기술수준은 선도국(미국)대비 미약한 수준으로 국책사업 차원의 적극적인 지원 시급
  - 미국, '제조업 혁신 국가 네트워크' 구축(10억\$), 3D프린팅 특화연구소 설립(0.7억\$)
  - 국내 3D적층제조 관련 투자규모는 2013년까지 정부와 민간을 합쳐 21.74억원 수준

■ ■ 생산기반 - 금속 3D 적층/절삭 장치 ■ ■

- 3D적층제조 장비 관련 원천기술 취약, 소재 및 소프트웨어 개발 부족 등으로 우리 기업들의 세계시장 참여는 미진한 상황
- 미국 등 글로벌 선도 기업이 3D적층제조 핵심 원천기술(SLS, SLA 등)을 주도하고 있으며 국내 기업들의 장비 제조 기술력은 미흡한 편
  - 국내 몇몇 기업은 디지털광학기술(Digital Light Processing, DLP), 레이저 금속성형기술(Direct Metal Tooling, DMT) 등 기술을 보유하고 있지만 대부분 SLS, SLA와 같은 글로벌 기술 활용
- 3D적층제조 기술개발 미흡으로 관련된 소재 및 소프트웨어 개발도 진행되지 않고 있어 대부분 외국 기업에 존하고 있는 상황
- 정부는 지난 4월'3D프린팅 산업 발전전략'을 발표, 다양한 정책을 추진하고 있지만 업계에서 실제 체감하기에는 아직 부족한 실정
- 정부는 2014년 들어 '20년 3D프린팅 글로벌 선도국가 도약'이라는 비전하에 글로벌 선도 기업 육성, 시장점유율 제고, 독자 기술력 확보 등의 발전전략을 제시
  - 구체적으로는 ① 수요연계형 성장기반 조성, ② 비즈니스 활성화 지원, ③ 기술경쟁력 확보, ④ 3D프린팅 관련 제도 개선 등 전략 추진 중

## 다. 무역현황

- 3D 적층 및 절삭장치분야의 품목 단위의 무역현황을 분석함
  - 3D 적층 및 절삭장치분야의 수출현황은 '11년 58억 3,000만 달러에서 '15년 65억 6,000만 달러 수준으로 증가하였으며, 수입현황은 '11년 51억 달러에서 '15년 50억 5,000만 달러 수준으로 감소하였음
  - 최근 5년('11~'15년)간 연평균 성장률을 살펴보면 수출금액은 3.0% 증가하였으며, 수입금액은 -0.3% 감소하여 전체 무역수지는 20.2% 증가한 것으로 나타남
- 무역특화지수는 고속·복합 가공시스템 분야 2011년(0.07)부터 2015년(0.13)까지 증가한 것으로 나타나 향후 수출특화상태로 국내기업이 수출량이 증가할 것으로 예상됨

### [ 금속 3D 적층/절삭 장치관련 무역현황 ]

(단위 : 천\$)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
수출금액	5,831,305	6,059,284	6,177,785	6,127,118	6,563,627	3.0
수입금액	5,107,626	4,681,860	4,948,106	5,332,938	5,054,251	-0.3
무역수지	723,679	1,377,424	1,229,679	794,180	1,509,376	20.2
무역특화지수*	0.07	0.13	0.11	0.07	0.13	-

\* 무역특화지수 = (상품의 총수출액-총수입액)/(총수출액+총수입액)으로 산출되며, 지수가 0인 경우 비교우위는 중간정도이며, 1이면 완전 수출특화상태를 말함. 지수가 -1이면 완전 수입특화 상태로 수출물량이 전혀 없을 뿐만 아니라 수입만 한다는 뜻

\* 자료 : 관세청 수출입무역통계 HS-Code(6자리 기준) 활용



## 4. 기술환경분석

### 가. 기술개발 트렌드

#### ㉠ 개인 맞춤화

적층제조 기술의 등장은 개인 맞춤형 제품이 확산되는 계기

- 오늘날 생산 시스템은 표준화된 제품을 대량으로 생산하는 것이 비용 측면에서 유리하며, 사람들은 자신의 체형, 취향, 스타일에 꼭 맞는 제품을 원하면서도 가격 때문에 표준화된 제품을 구매
- 적층제조는 개인 맞춤형 제품을 합리적인 비용으로 생산할 수 있는 잠재력이 있으며, 별도의 금형이나 생산 설비가 필요하지 않아, 매번 다른 제품을 제작하더라도 추가 비용이 크게 발생하지 않은 장점이 있기 때문에 개인 맞춤화 상품 제작에 최적

보청기, 치아, 의족, 임플란트 등 개인 맞춤형 제품이 반드시 필요한 영역에서 적층제조 기술이 빠르게 도입될 전망

- 최근 환자의 턱뼈를 대체할 수 있는 임플란트가 적층제조 기술로 제작되었으며, 이는 티타늄으로 골격을 만들고 바이오세라믹으로 코팅을 하여 근육과 신경이 지나는 자리까지 고려했을 때 기존 생산 기술로는 제작하기 어려운 디자인을 구현
- 적층제조 기술은 이미 대량 생산에 익숙한 제품도 개인 맞춤형 제품으로 돌려놓을 수 있는 잠재력을 보유하고 있어 운동선수를 대상으로 발 모양과 발의 움직임까지 고려한 개인 맞춤형 운동화 출시
- 신생기업 Protos는 개인 맞춤형으로 안경테를 디자인해서 3D 적층제조로 제작할 계획이며, 아직까지는 개인 맞춤형 제품이 특별한 고객을 대상으로 한정적으로 제공되고 있으나, 중장기적 관점에서는 일부 산업에서 개인 맞춤형 제품이 대중화될 가능성이 높음

#### ㉠ 디자인고도화

적층제조 기술은 혁신적인 제품 디자인을 가능하게 할 것으로 기대

- 기존 생산 방식은 복잡한 내부 구조나 속이 비어 있는 디자인은 제작하기 어려웠으나, 적층제조 기술은 제품 단면을 한 층씩 인쇄하면서 적층하기 때문에 복잡한 디자인도 손쉽게 제작이 가능
- 식물의 줄기나 사람의 뼈와 같은 구조를 모방하여 중량을 줄이면서 내구성이 큰 제품을 제작하는 것이 가능해질 것으로 예상되며, 향후 디자이너들이 생산 기술에 의한 제약 없이 자신의 아이디어를 실현할 수 있는 가능성도 높아질 전망
- 최근 액세서리, 주방기구, 생활용품, 조명기구 등 다양한 영역에서 적층제조 기술로 제작된 창의적인 디자인의 제품들이 속속 등장하고 있으며, 네덜란드의 디자이너 Iris vanHarpen가 3D프린팅으로 제작한 독특한 디자인의 의류와 액세서리를 선보인 이후, 금속 3D적층/절삭장치로 제작된 구두, 드레스, 수영복 등이 등장
- 신생기업 ContinuumFashion은 SLS 방식을 이용해서 나일론 입자로 제작한 비키니 수영복과 신발을 판매하고 있어, 적층제조로 제작된 패션 아이템들은 대부분 수많은 점과 선으로 구성되어 있어 기존 생산 기술로는 제작하기 어려운 경우가 다수

## ▣ 생산 공정 간소화

- 향후 적층제조 기술은 생산 공정의 패러다임 자체의 변화를 이끌 것으로 전망
  - 기존에는 부품을 개별 생산해서 조립하던 것을 3D 프린팅은 단숨에 생산해 낼 수 있기 때문에 조립, 용접 등 일부 생산 공장을 단축할 수 있음을 의미
  - GE는 제트기 엔진의 연료노즐을 제작하는데 적층제조 기술을 활용할 계획으로 20개 가량의 부품을 용접하는 대신코발트-크롬 파우더(cobalt-chromium powder)에 레이저를 쬐어 20 마이크로미터 두께로 제품 단면을 쌓아 올림으로써 생산비 절감 및 제품 경량화 가능
  - EADS가 적층제조 기술로 제작한 자전거 Airbike는 축, 바퀴, 베어링 등을 단번에 인쇄함으로써 조립, 용접 과정을 대폭 단축시킬 수 있으며, 나아가 3D 프린팅 공정으로 자동차 몸체 자체를 인쇄도 가능
  - 신생기업 Kor Ecologic의 디자이너 Jim Kor는 3D 적층제조로 자동차 Urbee 2의 몸체를 제작하여, 수많은 부품을 이어 붙이는 대신 소재를 적층함으로써 자동차 무게를 줄일 수 있었을 뿐만 아니라, 이를 통해 자동차 연비 증대도 가능
  - 아직까지는 생산성, 효율성, 안전성 등 검증되어야 할 부분이 많지만, 아직까지 적층제조 기술이 태동 단계임을 감안한다면 향후 생산 공정의 변화는 당연

## ▣ On-Demand 제조

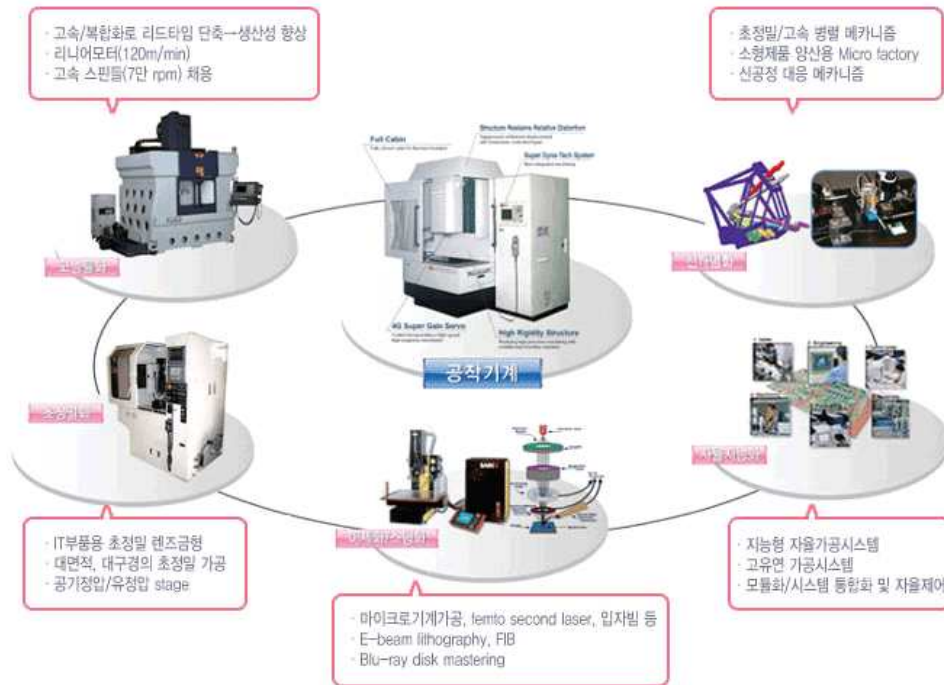
- 중장기적인 관점에서 적층제조 기술은 생산 시스템 자체의 변화를 이끌 것으로 예상
  - 고객이 원할 때, 고객과 가까운 곳에서 고객이 원하는 제품을 제작하는 것이 가능해질 수 있기 때문에 필요할 것으로 예상되는 재고를 비축하는 대신, 필요할 때 제품 디자인을 다운받아 제품을 생산이 가능
  - 이런 변화는 궁극적으로 생산 공정 및 공급망을 간소화시킴으로써 비용 절감을 가져올 뿐만 아니라, 자연 재해를 포함해서 예기치 못한 국지적 사고로 인한 피해 감소도 가능
- 적층제조 기술을 통해 On-Demand 방식으로 제품을 제작하는 조짐 시작
  - Mitagaki는 고장 난 제빵기의 부품을 구하기 힘들자, 직접 필요한 부품을 디자인하여 3D 프린팅으로 제작하기 시작하여 사용자가 필요한 시점에 필요한 제품을 디자인해서 제작
  - 향후 자동차 수리 점에서는 부품 재고 대신 디지털 도면을 보관하다가, 필요하면 3D 적층제조로 제작하는 것도 가능해질 것이란 예측
  - NASA에서는 우주 탐사 중 주변광물을 이용하여 필요한 제품을 제작하는 3D 적층제조를 연구하고 있으며, 특히 워싱턴 주립 대학의 Amit Bandyopadhyay 교수는 달의 흙을 가공할 수 있는 3D 적층제조 개발을 시도함으로써 실현 가능성을 타진

## ▣ 개인 제작 도구

- 적층제조 기술의 또 다른 잠재력은 개인이 제품을 제작할 수 있는 도구라는 점이 장점
  - 상당 규모의 설비 투자나 숙련된 생산 기술이 없더라도 제품 디자인만 있으면 개인이 제품을 제작할 수 있게 되며, 최근 저렴한 가격대의 3D 적층제조가 보급되기 시작하면서, 개인이 필요한 물건을 스스로 제작해서 사용하는 것은 더욱 쉬워지고 있는 추세
  - 향후에도 개인이 3D 적층제조를 보유하는 경우는 흔치 않을 수 있으며 이는 현재 프린터와 같이 자주 사용하지 않는다면 굳이 3D 적층제조를 구매가 필요 없게 되기 때문
- 최근 개인이 디자인한 제품을 3D 적층제조로 대신 제작해주는 업체가 등장
  - Shapeways와 같은 웹사이트가 대표적인 사례로 개인이 디자인 파일을 업로드하고, 원하는 소재를 선정하면, Shapeways는 3D 적층제조로 제작해서 배송하고 있으며, i.materialise, Cubify 등에서 유사한 서비스를 제공
  - 최근에는 사무용품 전문회사 Staples, 유통업체 UPS 등은 오프라인 매장에서 제작 대행 서비스를 제공하기 시작하였으며, 나아가 Shapeways와 같은 웹사이트는 개인이 디자인한 제품을 다른 사람들에게도 판매할 수 있는 온라인 마켓 플레이스로 성장
  - 아마존이 기업이 제작한 물건을 고객에게 판매하는 온라인 마켓 플레이스의 선구자였다면, Shapeways는 개인이 디자인한 물건을 글로벌 고객에게 판매할 수 있는 온라인 마켓 플레이스를 열어가고 있으며, 이는 개인의 창의적인 아이디어가 보다 손쉽게 상품으로 탄생할 수 있음을 시사

## ▣ 절삭가공 공작기계의 글로벌 기술 트렌드

- IT기술의 적용으로 복합화, 고속화 등 고능률화를 통해 수요자의 요구에 민첩하게 대응함으로써 주력산업용 양산 장비의 부가가치 향상 추구
  - 초고속 가공시스템
  - 고능률 복합가공시스템
  - 다축/다기능 터닝시스템
  - 고능률 hybrid연삭시스템
  - 대형/다기능 가공시스템



[ 공작기계 기술트렌드 ]

\* 자료: 한국공작기계산업협회, www.komma.org

- 신기술 융합화를 통해 마이크로패턴의 대면적화, 양산화 등 신주력 산업화해가는 마이크로 산업 수요에 대응할 수 있는 장비기술
- 자율지능 가공시스템
  - 다품종 소량생산 제품용 생산시스템의 고유연화, 자율화등 지능화를 통한 고부가가치화 구현기술

## 나. 주요업체별 기술개발동향

### (1) 해외업체동향

- 주요 선진국(미국, EU 등)들이 주도, 다양한 분야로의 응용을 위한 기술개발 집중 투자 중이며, 서비스 시장 확대 전망
  - 미국, 일본, EU, 이스라엘, 중국 등 주요 국가의 장비가 시장을 점유하고 있으며, 장비기술 보유업체가 소재기술도 동시 보유
  - 국가별 장비 점유율 : 미국(63.4%), 이스라엘(16.6%), EU(12.9%), 중국(3.6%), 일본(2.8%) (Wohlers Report 2014)
  - 주요 국가별로 소비재, 전자, 자동차, 의료, 항공 분야 등으로 활용범위 확대 중이며, 신규 원천기술 개발에도 집중

 <p>(미국) 보잉사 항공기 부품 적용</p>	 <p>(미국) 치아-뼈 재생 물질 개발</p>	 <p>(미국) Align Technology社 3D프린팅 치열교정기</p>	 <p>(미국) 간조직 3D프린팅</p>
 <p>(독일) 인공혈관 제조기술</p>	 <p>(일본) MRI 영상을 활용한 뱃속 태아 형상 제조</p>	 <p>(영국) 무인비행기 SULSA 제작</p>	 <p>(벨기에) Layerwise, Materialise 임플란트 치료물 생산</p>

\* 자료: 씨아이오비즈플러스, '3D프린팅, 의료 새 패러다임 연다. 관련 기술 확보 활발'

### [ 의료용 적층제조 기술 현황 ]

- 최근 다양한 분야에서 적층제조 기술을 사용한 제품·서비스 출시로 저변이 확산되면서 향후 산업 패러다임 변화의 주역으로 승승장구
  - (미국) 가정용 3D적층제조 제작업체 '폼랩'이 정교하고 음식이 뛰어난 바이올린을 출력해 연주 실력 과시('16.8)
  - (중국) 세계 최초로 3D적층제조로 제작한 주택을 완공('16.6). 거대한 특수 철근-콘크리트 등을 3D적층제조가 제작했으며 약 45일 간 공사기간을 거쳐 베이징 통저우구에 건립
  - (영국) 3D적층제조로 인쇄한 음식·가구·주방도구 등으로 영업하는 '푸드링크' 레스토랑을 오픈('16.7). 음식 재료가 3D적층제조를 통과하면 잉크 형태로 모양이 바뀌고 이 재료가 층층이 쌓이면서 요리하는 방식

- (독일) 사탕 업체 카제스(Katjes)가 3D적층제조로 만든 맞춤형 젤리와 이를 만드는 3D적층제조 시설 ‘매직 캔디 공장’을 베를린에 있는 Grun-Ohr카페에서 공개(‘15.9)

3D적층제조로 출력한 바이올린	중국의 3D프린팅 기법 주택	푸드 링크 음식제조 모습	카제스가 선보인 3D 프린팅 맞춤형 젤리
			

\* 자료: ICT Brife, 2016-32, ‘글로벌 주요국 3D프린터 산업육성’, 정보통신기술진흥센터

**[ 일상생활로 확산되는 3D프린터 제품/서비스 ]**

- 적층제조 관련 산업생태계는 장비와 소재 중심에서 ‘서비스’ 중심으로 전환이 예상되며, 소프트웨어 및 서비스 기술들도 발전하고 있음
  - 적층제조 서비스 : Redeye(미국), Materialise(벨기에), Proto Labs(미국) 등
  - 적층제조 온라인 서비스 : 1.materialise(벨기에), Sculpteo(프랑스), Thingiverse(미국), Cubify(미국) 등
- 3D 적층제조 시스템 분야에서는 주로 미국이 글로벌 시장을 주도적으로 장악하고 있으며, 일본, 독일, 중국, 영국 등이 관련 시장에서 활발한 활동 중
  - 2012년의 3D 프린터 누적 설치대수(56,856대)를 기준으로 본 시장규모는 미국, 독일, 일본, 중국, 영국 순으로 나타났으며 5개국이 전체 시장의 약 70%를 차지
- 3D적층제조 시스템 분야에는 산업용 3D 프린터, 개인용 3D 프린터, 3D 프린팅 서비스를 제공하는 기업 등이 포함
  - 주요 산업용 3D 프린터 제조 기업은 3D 프린팅 원천기술을 보유한 Syratasys, 3D systems, Beijing Tiertime 등을 중심으로 구성
  - 주요 개인용 3D프린터 시장은 Stratasys가 인수한 MarkerBot과 3D Systems의 자회사 Bit From Bytes, Cubify와 중국 회사인 Beijing Tiertime 등 3사가 전체 시장의 절반 이상을 차지
  - 주요 3D 프린팅 서비스 제공 기업으로는 Shapeways, Materialise, Quirky 등
- 특히, 미국의 Stratasys와 3D Systems가 산업용 3D 프린터의 글로벌 시장의 70% 이상을 장악하는 등 시장 선점을 위한 주도권 경쟁을 벌이고 있으며, 적극적인 M&A와 특허매입을 통해 각각 세계 시장의 53%와 22%를 점유하며 선두 기업을 형성
- 3D 프린터 시장은 현재까지 전체 시장 규모가 크지 않아 소규모의 기업들은 수익을 내기 힘들고, 또한 한정된 시장 규모에 따라 자금 조달이 어렵기 때문에 경쟁력 강화 및 생존을 위해 대기업과의 인수합병 전략을 펼치는 상태

- 주로 산업용 3D 프린터 제조업체가 개인용 3D 프린터 및 S/W기술, 소비자 연결 플랫폼 보유 업체를 인수하는 형태
- GE의 경우에는 3D 프린팅 기술의 내부화를 위해 3D 프린팅 기술 보유 업체를 직접 인수
- 미국의 Stratasys는 3D 프린터 특허를 다량 보유한 미국의 Solidscape와 이스라엘의 Object를 인수하며, 이로 인해 3D 프린팅 세계 시장에서 53.0%의 점유율을 차지하는 등 시장 주도권을 선점함. Stratasys는 Object를 인수하면서 압출 적층 방식(FDM) 및 폴리젯(Polyjet)기술에 대한 원천 특허를 확보
  - 3D프린팅 관련 특허를 500개 이상 보유하고 있으며, Apple, BMW, 삼성전자 등 세계 8,000개 기업이 고객사에 해당
- Stratasys는 개인용 3D프린터 시장에서 지속적인 시장점유율을 확대시키고 있는 미국의 MakerBot을 인수하여 자회사로 편입시킴. MakerBot의 제품, 브랜드, 마케팅 전략 등을 그대로 유지하여 시장을 확장함. 특히 2012년에 출시한 MakerBot의 MarkerBot Replicator 2는 미국의 타임(Time)지가 선정한 올해 최고의 발명품 26에 선정
- 미국의 3D Systems는 SLA와 SLS기술에 대한 원천 특허권을 보유하고 있으며, 시장 4위 업체였던 Z corp를 비롯하여 공격적인 인수합병 활동으로 시장 점유율을 확장하여 3D Systems의 3D프린터 시장 점유율은 2011년 11.0%에서 2012년 22.0%로 1년 사이에 2배로 증가
- 3D Systems는 주로 교육·레저용의 3D프린터를 제조하던 영국기업인 Bit From Bytes와, 신발, 가방, 악세사리 등 다양한 제품을 생산하는 Cubify를 인수하여 개인용 3D프린터 관련 시장에서 50%의 점유율을 차지
  - Bit From Bytes는 영국의 Bath 대학에서 RepRap Project를 기반으로 저가의 오픈소스 키트 및 프린터 제품을 생산하는 등 처음부터 저가의 보급형 모델의 제품을 제작·출시하며 시장점유 확대
- 미국의 벤처기업인 BotObjects은 세계 최초 풀컬러 인쇄가 가능한 데스크톱 풀컬러 3D프린터를 개발하였고 5개의 잉크 카트리지를 통해 잉크젯과 같은 색상을 구현
- 독일의 EnvisionTec은 DLP(Digital Light Processing)기술에 대한 원천특허를 보유하고 있으며, 주로 치과, 보석 분야에서 다수 응용
- 중국기업인 Beijing Tiertime는 아시아 최대 3D프린팅 솔루션(소프트웨어, 재료, 기계 등) 제공 업체로 세계시장 점유율에서도 25%를 차지하는 것으로 추정. Beijing Tiertime의 전신은 Beijing Yinhua Laser Rapid Prototyping and Mould Technology Co., Ltd으로 중국에서 3D 프린팅 관련 기술을 처음 연구하고 도입하였으며 대표적인 제품은 “UP” 시리즈임
- Shapeways는 산업용 및 개인용 3D프린팅 서비스를 제공하는 기업으로 개인 디자인 제품 오픈마켓 운영하고 있어, 소비자가 원하는 제품 디자인, 판매, 제조, 배송까지 토탈서비스를 제공
  - 1.3만개의 개인 디자이너 샵이 입점하여 월 10만개 이상의 3D프린팅용 디자인콘텐츠가 업로드되는 등 일반대중에 디자인라이브러리를 제공

## (2) 국내업체동향

- 선진국 대비 기술경쟁력이 부족하지만, 수요 산업과의 연계를 통한 성장 잠재력 보유
  - 산발적인 지원으로 인해, 국내 기술수준은 선도국(미국)대비 미약한 수준으로 국책사업 차원의 적극적인 지원이 시급함
  - 미국, '제조업 혁신 국가 네트워크' 구축(10억\$), 3D프린팅 특화연구소(NAMII) 설립(0.7억\$) 등
  - 국내 3D프린팅 관련 투자규모는 2011년부터 2013년까지 정부(21.5억 원)와 민간(0.24억 원)을 합쳐 21.74억 원이 투자됨
  
- 장비/소재 기술개발에 머무르지 않고, 수요 산업과의 연계를 통한 기술개발 추진 중
  - 최근 적층제조 기술을 의료분야에 응용하기 위한 산·학·연 연계 기술개발이 추진되고 있음
  - 미래창조과학부, 'ICT기반의 의료용 3D프린팅 응용 SW플랫폼 및 서비스 기술개발 (5년, 200억)' → 대구 첨단의료복합단지 및 13개 기업·기관 연계추진
  
- 한국과학기술정보연구원에서 초정밀 미세 절삭용 다이아몬드 밀링 공구에 관한 연구 진행
  - 휴대전화용 카메라 모듈, 디지털카메라, 광 통신용 광학모듈, 내시경 등 의 비구면 광학계 디바이스는 플라스틱제의 마이크로 비구면 렌즈가 대부분이지만, 유리 렌즈의 수요가 많음
  - 유리 렌즈는 초경합금이나 탄화규소 등의 세라믹 금형을 사용하여 만든 유리 몰드(glass mold)에 의 해 양산 성형. 종전에는 이들 비구면 금형의 초정밀가공은 다이아몬드 스톨을 사용해서 초정밀연삭
  - 초경합금제의 비구면 형상 금형을 절삭 할 때의 마모 특성에 대하여 기술
  
- 한국과학기술정보연구원에서 DLC 코팅 공구의 알루미늄 합금 절삭성능 공구에 관한 연구 진행
  - 본 연구에서는 알루미늄 합금 여러 종류를 단속 및 연속절삭시험을 한 결과, 공구 경사면의 마찰 계수 및 공구에 용착 발생 유무에 대해서 DLC 코팅 공구와 초경 공구를 비교했을 때 DLC 코팅 공구가 양호한 건식 절삭성능을 발휘하고 있음을 확인
  - 알루미늄합금의 건식 절삭에서 공구에 용착을 방지하기 위한 코팅 막의 성능을 확인
  
- 국내 최대 생산제조기술전시회인 심토스 2016(Seoul International Machine Tool Show 2016 Korea)에서 스맥, 디엠지모리코리아, 소딕코리아와 같은 공작기계 제조업체들이 속속히 기존 적층 가공 방식 3D 적층제조에 절삭 기능을 결합한 하이브리드 금속 3D 적층제조를 선보임
  - 일반 금속3D적층제조가 금속분말에 레이저를 조사해 원하는 형태의 금속가공물을 만들고 별도의 연마가공을 통해 최종 대상물을 만드는 반면, 하이브리드 금속 3D적층제조는 원하는 형상을 레이저를 통해 적층 가공하고 ATC(자동 공구 교환장치)를 사용해 적합한 공구로 절삭 가공할 수 있음





\* 자료: 산업일보, [www.kidd.co.kr](http://www.kidd.co.kr)

[ 적층 넘어 공작기계로 진화하는 3D적층제조 ]

## 다. 기술인프라 현황

### ▣ 국외현황

- (시장) 산업 초기단계이나 장비성능향상, 가격하락 및 관련 서비스 산업 발전에 힘입어 `12년 22억 달러에서 `21년 108억 달러로 고속성장 전망
- (장비) `12년 9.8억불 규모, 장비 가격 하락 추세로 시장 지속 확대 전망
- (서비스) `12년 8억불 규모, 프린팅서비스, 컨설팅, 교육, 광고 등
- (소재) `12년 4.2억불 규모, 플라스틱과 금속이 주를 이룸
- (산업생태계) 장비 및 소재를 개발·생산하는 제조업, 생산대행·제작 지원을 제공하는 서비스업 등 다양한 유형의 기업들로 구성
- (활용여건) 정부주도의 연구·장비 지원인프라 뿐만 아니라 민간기업의 인프라가 많아 기업·일반인의 적층제조 활용 접근성 양호
  - 정부: (美) 3D프린팅 특화연구소(NAMII), (獨) 3D적층제조 공동 활용 센터
  - 민간: (벨기에) 머티리얼라이즈, (美) 셰이프웨이즈
- 적층제조 기술이 제조업 이외에도 다양한 분야에서 혁신을 일으킬 것으로 기대되자, 미국, 유럽, 중국 등 각국 정부도 2012년부터 정부 차원의 연구개발(R&D) 지원 및 산업 클러스터 형성 지원
  - (미국) 가장 활발히 정부 차원의 R&D를 추진하고 있으며, 미국 오바마 대통령은 적층제조 기술을 창조경제를 이끌 신기술로 확신하고 적층제조 기술개발에 3천만 달러 규모의 적층제조 기술 특화 기관을 설립하여 첨단산업 위주로 국가 체질을 바꾸어놓겠다고 계획
  - (일본) 2014년 5월 경제 산업성에서 AIST와 Cmet, 닛산자동차 등이 참여하는 3D 적층제조 기술 개발 과제를 출범시켰으며, 3D 적층제조 경쟁력 강화 및 대응 방안을 도모함.

- (영국) 2014년 6월에는 영국 정부가 설립한 기술전략위원회와 혁신대학기술부 산하 연구위원회가 공동으로 3D 적층제조 기술 분야의 18개 R&D 프로젝트에 대해 840만 파운드 지원계획을 발표
- (독일) 프라운호퍼 IGB에서 2011년 3D 적층제조 기술로 인공 혈관을 만드는데 성공한 바 있으며, 프라운호퍼 ILT에서는 SLM 방식의 적층 가공기술에 상당한 역량을 축적한 것으로 보고
- (중국) 중국과학기술부는 “국가 기술발전 연구계획 및 2014년 국가과학기술 제조영역 프로젝트 지침”에 3D 적층제조를 처음으로 포함시키며 약 72억원 규모의 4개 R&D 과제를 출범시키며, 여러 지방 정부에서도 3D 적층제조 산업 단지나 R&D 센터를 구축하여 차세대 성장 동력으로 육성

[ 해외 주요국가의 3D적층제조 기술개발 관련 지원 ]

구분	지원 정책 동향
미국	- 3D 적층제조 기술개발을 위해 3천만 달러 규모의 3D 적층제조 특화기관 설립 계획 - 연방정부, 지방정부, 대학을 중심으로 제조업 혁신을 위한 컨소시엄 설립 - AM 정책의 경우, 디자인부터 공정, 소재, system 및 test bed center까지 전 분야에 걸쳐 국가 주도적으로 기업과 함께 개발 및 실용화를 진행할 계획
일본	- 경제 산업성이 3D 적층제조 개발계획 발표 산업기술종합연구소가 프로젝트를 총괄하고 민간업체가 역할 분담하여 개발 2017년까지 2000만엔 이하인 시제품 개발 예정
유럽	- 유럽위원회는 제조업의 재활성화를 위해 3D 적층제조 기술을 제조업의 주요 트렌드로 육성하기 위한 전략 개발 및 개발자금 투자를 논의 중 - 영국은 3D 적층제조를 제조업과 경제를 변화시키는 기술로 인식하고, 아이디어를 SW로 구현하고 3D 적층제조로 직접 만드는 교육 계획
중국	- 중앙정부는 3D 적층제조 산업육성 및 지원방안 강구 - 지방정부들도 3D 적층제조 산업단지 조성 중

\* 자료: 3D 적층제조 기술·시장동향

▣ 국내현황



\* 자료: 창조경제 혁신센터, [ccei.creativekorea.or.kr/](http://ccei.creativekorea.or.kr/)

[ 3D 프린팅 국민 참여 네트워크 구축 ]

- 창조경제와 3D적층제조 공용장비 구축 - ‘창의적 아이디어가 성장엔진이 되는 경제’를 강조하는 창조경제정책과 함께 국민의 창의성, 상상력, 아이디어를 발굴 및 실현, 창업지원을 위해 3D 적층제조 보급 확산
  - 3D적층제조는 일반인 누구나 자신의 아이디어를 직접 설계·생산할 수 있는 장비로서 창조경제 활성화 촉진에 유용한 수단으로 인지
  - 국내에서는 창조경제혁신센터, 무한상상실, 셀프제작소 등 다양한 사업을 통해 일반인, 예비창업자 등 공공으로 사용할 수 있는 3D적층제조 구축, 운영 지원
  - 중앙정부는 「3D프린팅 산업 발전전략」을 통해 무한상상실, 셀프제작소 등의 지역거점인 ‘3D프린팅 국민 참여 네트워크’를 창조경제혁신센터 내 구축 운영 계획 제시
- 창조경제혁신센터
  - 창조경제혁신센터는 창업, 중소기업 혁신, 지역특화사업을 지원하는 기관으로 예비창업자와 초기창업기업을 지원하기 위해 3D적층제조 장비를 구축
  - 전국 17개 시도별 18개 센터(12)가 ‘14~’15년 동안 순차적으로 개소
- K-ICT 디바이스랩
  - 국내 스마트 디바이스 중소·벤처기업과 스타트업, 예비창업자들이 아이디어를 제품으로 실현시키고 성장할 수 있도록 지원하는 사업
  - 경기도와 대구에 설치되어 있으며, 경기도는 성남시 판교 테크노밸리 내에 소재

□ 무한상상실

- 무한상상실은 국민의 창의성, 상상력, 아이디어를 발굴하고 이러한 아이디어를 기반으로 시험·제작을 하거나 UCC제작·스토리창작 등을 할 수 있는 공간
- '17년까지 전국 227개 시·군·구 당 1개소 이상 구축 예정이며, '15년 9월 기준 13개 거점센터, 28개 소규모 센터 개소

□ 시제품제작터

- 중소기업 청에서 추진하는 중소기업 및 예비창업자 대상 사업으로, 중소기업과 예비창업자의 우수 아이디어를 One-Stop으로 시제품을 제작, 지원
- 부산·울산, 대구·경북, 광주·전남(제주), 경기, 충북 등 5개 지방중소기업청에서 3D적층제조 장비 보유

□ 콘텐츠코리아랩

- 상상력이 창작으로, 창작이 창업으로 이어지도록 시설과 다양한 프로그램 및 인적 교류를 체계적으로 지원하는 공간
- 창업지원 프로그램의 일환으로 start-up 기업, 예비창업자 등을 대상으로 시제품 제작 등을 지원하는 사업 운영
- 서울, 경기, 인천, 대구, 부산(2개) 등 5지역 6개소 운영('15년 9월 기준)

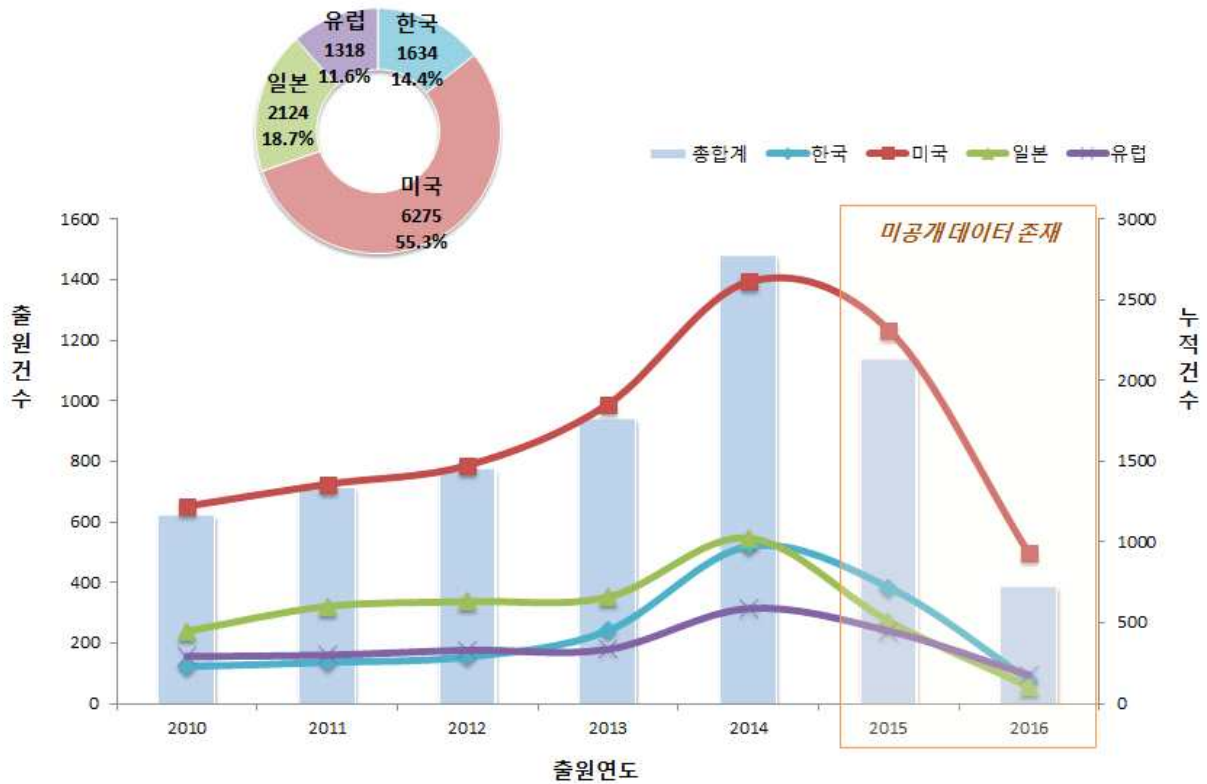
□ 3D프린팅 제조혁신지원센터

- 전국 6곳에 '제조혁신지원센터'를 구축해 자동차·전자·항공 등 주요 제조 산업 공정에 3D프린팅이 활용될 수 있도록 지원
- 수도권에는 종합적인 기술지원을 위한 센터를 구축하고 5개 권역별(충청권, 강원권, 대경권, 동남권, 호남권)로 특화산업분야와 연계한 지역거점센터를 구축하여 지원

## 라. 특허동향 분석

### (1) 연도별 출원동향

- 금속 3D 적층/절삭 장치 기술의 지난 7년('10~'16) 간 출원동향<sup>6)</sup>을 살펴보면 전체적으로 출원 건수가 증가하는 모습을 보여, 지속적으로 금속 3D 적층/절삭 장치 관련 기술개발 활발
  - 국가별 출원동향을 살펴보면 미국이 6,275건(55.3%)으로 가장 많은 출원을 하였으며, 이어서 일본이 2,124건(18.7%), 한국이 1,634건(14.4%), 유럽이 1,318건(11.6%)를 차지
- 모든 문헌국가가 지속적으로 출원이 증가하는 모습을 보이고 있으며, 해당 기술분야의 특허출원은 미국과 일본이 주도하고 있는 상황

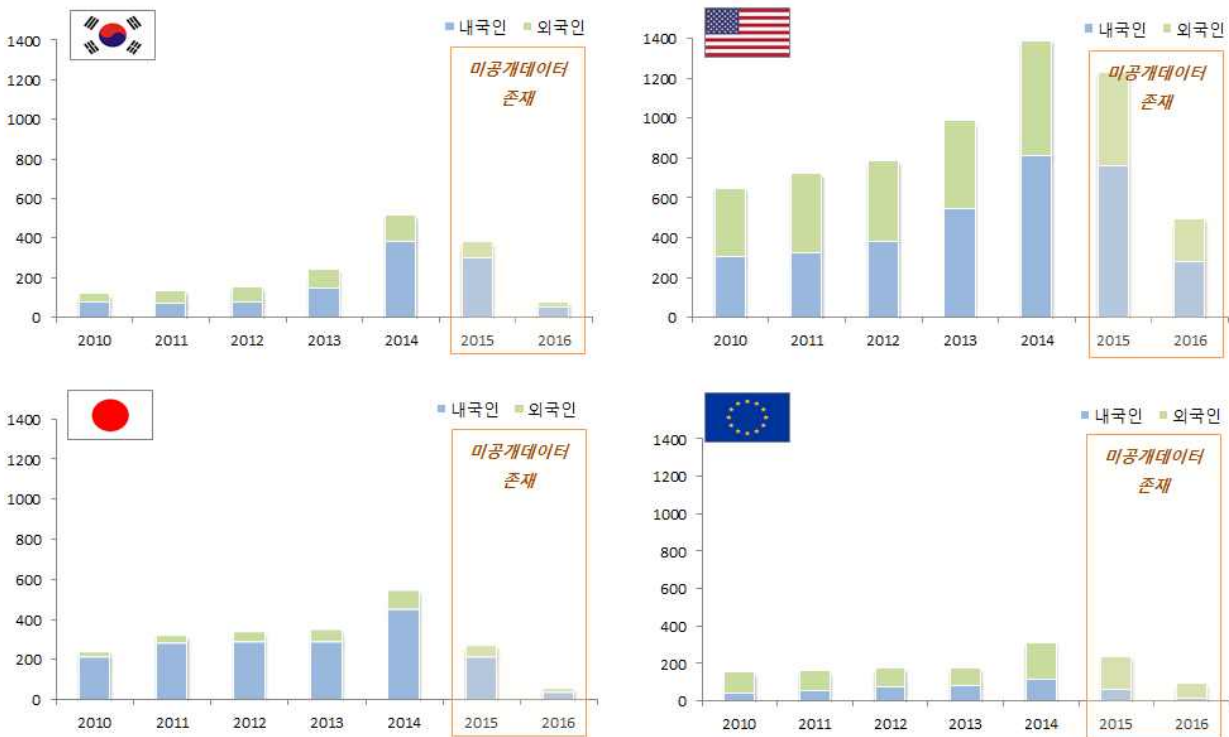


[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 연도별 출원동향 ]

6) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2015, 2016년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 ‘10년 이후 출원이 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 2014년의 출원 증가세가 높은 것으로 조사됨. 또한, 외국인의 출원비율도 전 구간에서 꾸준히 일정수준 이상인 것으로 나타남
  - 외국인의 출원비율에서 미루어보아, 금속 3D 적층/절삭 장치 기술의 국내 시장에 대한 외국인의 선호도가 일정 수준 이상인 것을 알 수 있음
- 미국 일본 및 유럽의 출원현황에서도 ‘10년 이후 출원이 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있어, 해당 기술분야에서 관련 응용기술 개발이 꾸준히 이루어지고 있음을 알 수 있음
- 특히, 미국특허청으로의 외국인 출원 비중이 타국 특허청 대비 높은 것으로 나타나, 미국 기술 시장선점을 위한 특허 출원 경쟁이 활발한 것으로 조사됨



[ 국가별 출원현황 ]

### (3) 투입기술 및 융합성 분석

- 금속 3D 적층/절삭 장치 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code<sup>7)</sup>를 통하여 살펴본 결과 금속 3D 적층/절삭 장치 분야의 가장 높은 IPC는 B29C 기술분야가 945건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 B32B가 734건, G06F가 205건으로 다수를 차지
  - 이외에 H01L 189건, G02B 176건, H05K 165건, H01M 116건, C08L 109건, B22F 84건, C23C 82건 순으로 기술이 투입되어 있어 금속 3D 적층/절삭 장치 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 B29C 기술분야의 수명이 11.47년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, H01L 기술분야는 7.29년으로 가장 짧은 것으로 분석

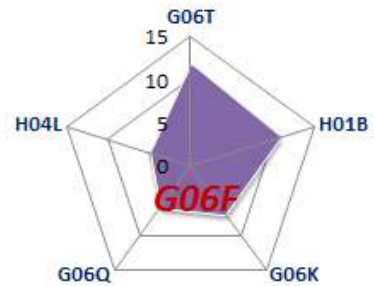
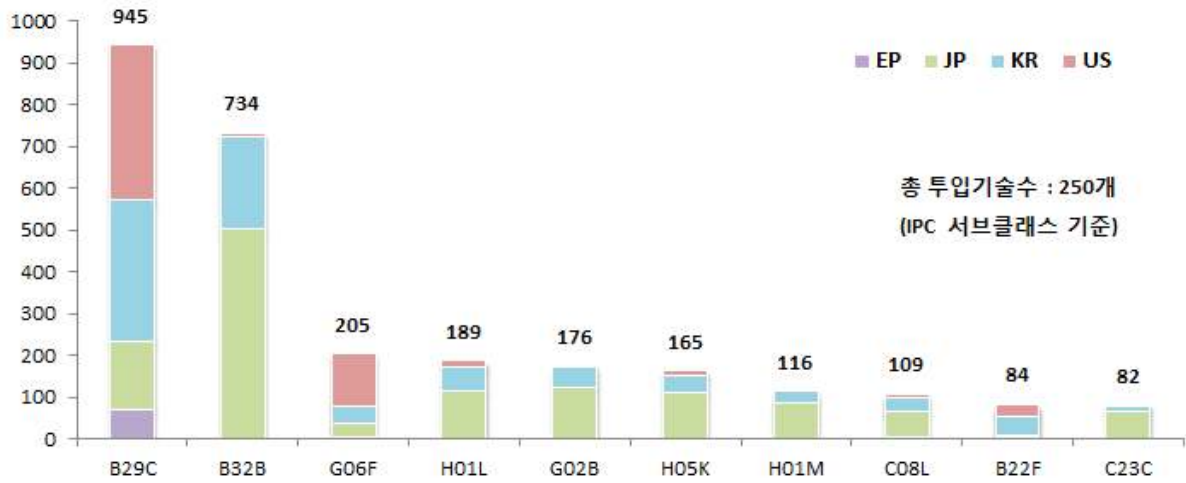
[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 상위 투입기술 ]

IPC	기술내용	특허인용수명(TCT) <sup>8)</sup>
B29C	플라스틱의 성형 또는 접합; 소성 상태에 있는 물질의 성형, 일반; 성형품의 후처리, (금속의 가공, 연마, 광택내기, 절단, 예비 성형품 제조층을 결합하여 적층 제품을 만드는 것)	11.47년
B32B	적층체, 즉 평평하거나 평평하지 않은 형상	10.51년
G06F	전기에 의한 디지털 데이터처리(계산의 일부가 액체력 또는 기체력을 사용하여 행하여지는 계산기, 광학적 특정계산모델방식의 컴퓨터시스템)	7.31년
H01L	반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치(측정에 반도체 장치를 사용, 저항 일반, 자석, 인덕터, 변성기, 컨덴서 일반, 전해장치, 전지, 축전지, 도파관, 도파관형의 공진기 또는 선로, 전선접속기, 집전장치, 유도방출 소자, 전기기계적 공진기, 확성기, 마이크로폰, 축음기의 픽업 또는 음향의 전기기계적 변환기, 전기적 광원 일반)	7.29년
G02B	광학요소, 광학계 또는 광학장치(조명 장치 또는 조명 시스템에 사용하는데 특히 적합한 광학 요소)	8.33년
H05K	인쇄회로; 전기장치의 상체 또는 구조적 세부, 전기부품의 조립체의 제조(달리 분류되지 않는 기계의 부품 또는 그 외의 장치의 유사한 세부, 박막 또는 후막회로, 인쇄회로에의 또는 인쇄회로간의 전기접속을 위한 인쇄에 의하지 않는 수단)	7.87년
H01M	화학에너지를 전기에너지로 직접 변환하기 위한 방법 또는 수단	10.06년
C08L	고분자 화합물의 조성물(중합 단량체로 이루어진 조성물, 인조 필라멘트 또는 인조 섬유, 직물처리용 조성물)	10.07년
B22F	평삭; 골절삭(slotting)	10.62년
C23C	용융상태에 있는 피복재료의 사용에 의한 피복	9.19년

7) 전세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)를 통해 특허정보 기술분야에서 공지기술을 조사할 수 있으며, 기술 및 권리정보에 용이하게 접근 가능

8) 특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

- 투입기술이 가능 많은 B29C 분야와 융합이 높게 이루어진 기술은 B33Y 분야로 나타났으며, G05B, B32B 분야와도 나타 융합된 기술의 건수가 높은 것으로 분석
- 이외에 B32B 분야는 H05K, B05D, C23C 분야와 융합된 기술이 많은 것으로 나타났으며, G06F 분야와 융합된 기술은 G06T, H01B, G06K 기술로 분석



[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 IPC 기술 및 융합성 ]



(4) 주요출원인 분석

[ 주요 출원인의 출원현황 ]

주요출원인	국가	주요 IP시장국 (건수 %)					3국 패밀리 리수 (건)	피인용 지수	주력기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시 장국 종합			
STRATASYS INC	미국	6	245	0	73	미국	74	1.24	융복합공정 적층장비 적층소재
		2%	76%	0%	23%				
SEIKO EPSON CORP	일본	0	33	176	3	일본	6	0.06	적층공정 적층장비
		0%	16%	83%	1%				
EOS ELECTRO OPTICAL SYST	독일	0	49	58	56	일본	142	0.15	정밀 적층공정 적층장비
		0%	30%	36%	34%				
3D SYSTEMS INC	미국	0	104	20	38	미국	84	0.49	후처리/보수점검 적층공정
		0%	64%	12%	23%				
NITTO DENKO CORP	일본	30	6	50	5	일본	38	0.15	적층공정
		33%	7%	55%	5%				
DAINIPPON PRINTING CO LTD	일본	7	0	75	0	일본	0	0.02	적층장비
		9%	0%	91%	0%				
FUJIFILM CORP	일본	7	10	58	2	일본	10	0.26	패턴형성 광학 적층체
		9%	13%	75%	3%				
SONY CORP	일본	0	12	55	7	일본	26	0.14	홀로그래프 적층체 적층방법
		0%	16%	74%	9%				
XEROX CORP	미국	12	38	18	6	미국	29	0.23	적층장비
		16%	51%	24%	8%				
BROTHER IND LTD	일본	0	0	67	0	일본	0	0	조형SW 적층공정
		0%	0%	100%	0%				

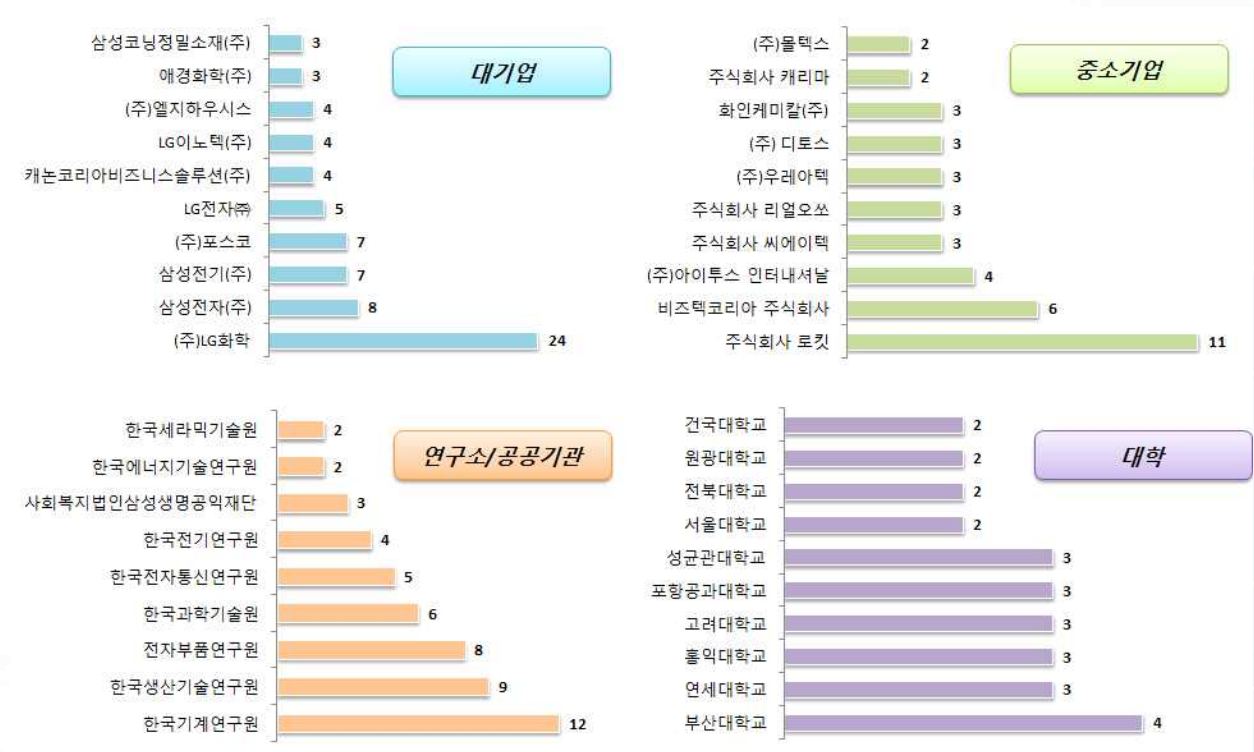
□ 세계 주요출원인을 살펴보면 주로 미국 및 일본의 출원인의 활동이 두드러지는 것으로 분석

- 미국의 경우 자국 국적 출원인과 해외 국적 출원인 모두에 의한 출원이 활발하며, STRATASYS(US)가 최상위 출원인으로 나타났고 STRATASYS의 경우 유럽에서도 가장 많은 출원 활동을 보였으며, 3D SYSTEMS, MAKERBOT, XEROX 등의 미국 출원인의 출원 활동이 활발

- 미국 국적 출원인 이외에는 SEIKO EPSON(JP), DAINIPPON PRINTING(JP), BROTHER(JP)의 일본 국적 출원인들의 출원활동이 활발
- 독일 국적의 EOS ELECTRO OPTICAL SYST의 3극 패밀리수가 142건으로 다국적으로 시장을 확보하며 출원을 하고 있는 것으로 보이며, 미국 국적의 STRATASYS INC도 74건으로 다국적 시장을 확보
- STRATASYS INC가 확보한 특허의 피인용지수가 1.24로 가장 높게 나타나 기술의 파급성이 높은 원천기술을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

### (5) 국내 출원인 동향

- 국내 출원인 동향을 살펴보면 대기업은 LG화학의 출원건수가 가장 높게 나타났으며, 중소기업에서는 주식회사 로킷의 출원건수가 높게 나타남
  - 대기업의 주요 출원인은 LG화학, 삼성전자, 삼성전기, 포스코, LG전자, LG이노텍 등이 있으며, 중소기업의 주요 출원인은 주식회사 로킷, 비즈텍코리아, 아이투스, 씨에이텍, 리얼오쏘우레아텍, 화인케미칼 등이 주요 출원인인 것으로 나타남
- 기업 이외의 주요출원인을 살펴보면 한국기계연구원, 한국생산기술연구원, 전자부품연구원, 한국과학기술원 등 연구소/공공기관의 출원이 다수 나타났으며, 대학은 부산대학교, 연세대학교, 홍익대학교, 고려대학교의 출원이 조사되었음



[ 국내 주요출원인의 출원 현황 ]

## 5. 중소기업 환경

### 가. 중소기업 경쟁력



[ 국내 대표적인 3D 적층제조 업체 ]

- 우리나라의 대표적인 3D 적층제조 업체로는 캐리마, 로킷, 인스텍 등이 존재함
  - 캐리마는 DLP(Digital Light Processing; 디지털광학기술)로 액상 플라스틱을 자동으로 쌓아올리는 방식으로 “마스터”를 개발했으며, 일반형, 의료용, 보석 디자인용의 모델을 개발
  - 로킷은 오픈소스 기술을 기반으로 데스크탑 형태로 운영 가능한 “에디슨”을 개발, 최근 2개 이상의 노즐을 사용할 수 있는 모델을 출시함
  - 인스텍은 DMT(Laser-aided Direct Metal Tooling) 기술을 기반으로 금속 분말과 레이저를 활용한 프린터를 개발하여 관련된 원천기술 확보함
  
- 국내에서 적층제조 관련 사업을 하고 있는 기업은 190여개 내외로 추정되며, 이중 주요기업의 분포는 아래와 같음

[ 국내 3D 프린팅 주요 업체 현황 ]

구분	서울	경기	충북	충남	경북	경남	전북	전남	강원	제주	계
장비	32	27	2	4	7	4	2	0	0	0	78
소프트웨어	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8
소재	3	5	1	0	1	0	0	0	0	0	10
활용	34	12	0	4	3	7	3	3	3	1	70
계	76	45	3	8	11	11	5	3	3	1	166

\* 자료: 3D프린팅 산업현황 및 시장동향 (2016)

- (장비) 국산 제조사와 외산제품 판매사로 구분되며, 국산 제조사는 48개사 정도로 추정됨. 이 중 25개사 정도가 지속적인 제품판매를 진행하고 있으며, 나머지는 기술개발 및 시장상황을 관망하는 것으로 조사됨

- (소프트웨어) 인텔리코리아, 로이비즈, 3D TADA와 같은 국산 소프트웨어 개발사와 외산 소프트웨어 판매사로 구분
- (소재) 대림화학, 쓰리디코리아와 같은 FFF용 필라멘트 개발사와 SK케미칼, LG화학 등 원재료 개발사 및 스트라타시스코리아, 3D시스템즈코리아와 같은 장비와 연계하여 재료를 판매하는 외산장비 판매사들로 구분
- (활용) 관련 기술 활용 기업은 적층제조 대행, 피규어 제작, 교육 등으로 구성

[ 금속 3D 적층/절삭 장치분야 중소기업 현황 ]

기술 분류	주요 기술	대기업	중소기업	중소기업 참여영역	중소기업 참여정도
산업용 3D 프린터		LG화학, 삼성전자, 삼성전기, 포스코, LG전자, LG이노텍	캐리마, 인스텍, TPC메카트로닉스	에너지원(열, 레이저, 전자빔 등)출력 및 조절기술, 고출력 Laser 시스템 제어 및 적층기술 등	●
개인용 3D 프린터	시제품, 목업, 콘셉트디자인, 항공기용 제트엔진부품, 공조부품, 날개, 자동차용 엔진부품, 의지장구, 의료보조기구, 생체조직, 공예품, 생활용품, 장난감, 교보재, 기타 등	삼성전자, LG전자	로킷, 오픈크리에이터, 윌리봇, 제이씨현시스템, 비즈텍코리아	미세노즐, 미세분사기술, 정밀 위치제어, 고속제어 기술 등	●
3D 프린팅 서비스		삼성전자, 삼성전기, 포스코, LG이노텍	아이너스기술, 트루바인	3D디자인 변환, 3D 스캐닝, 3D디자인 SW 등	●

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계(●, ●, ●) 높은 단계: ●)

## 나. 중소기업 기술수요

- 금속 3D 적층/절삭 장치 분야의 중소기업의 기술수요를 파악하기 위하여 중소기업 기술수요조사 및 중소기업청 R&D신청과제(2013~2015년)를 분석한 결과 아래 표의 내용과 같은 수요들이 다수 있는 것으로 분석
  - 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 중소기업은 최근에 3D프린팅 기술과 관련된 기술개발에 다수 수요가 있는 것으로 나타났으며, 이는 최근 기술트렌드인 ICT기술과의 융복합 기술에 관심이 높아지고 있는 추세를 반영한 것으로 분석됨

[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 과제신청현황 및 수요조사결과 ]

전략제품	기술 분류	관심기술
금속 3D 적층/절삭 장치	프린팅 장비	고출력 Laser 시스템 제어 및 적층기술 고정밀/고속 절삭가공 제어 기술 고속/정밀 다중헤드 이송제어 기술 기능성분말 소재 대면적 평탄화 및 도포 기술
	공정제어	멀티에너지원 방식을 위한 제어 시스템 개발 파일분할영역 최적화 슬라이스 SW개발 기능성 구형분말 소재 및 바인더제조 기술개발 대형 분말 충전 및 도포용 dispenser 개발
	공구제어	MLS(Micro Laser Sintering) 기능이 적용된 갈바노 시스템 개발
	응용제품	치과용 의료기기 인체이식 의료기기 맞춤형 치료물 3D 프린팅 건축물 3D 프린팅 디자인 서비스 3D 프린팅 콘텐츠 유통 서비스 맞춤형 개인용품 3D 전자부품
	품질검사	정밀 스캔 및 CAM S/W개발 조형제품의 물성/성능 및 신뢰성 평가 기술

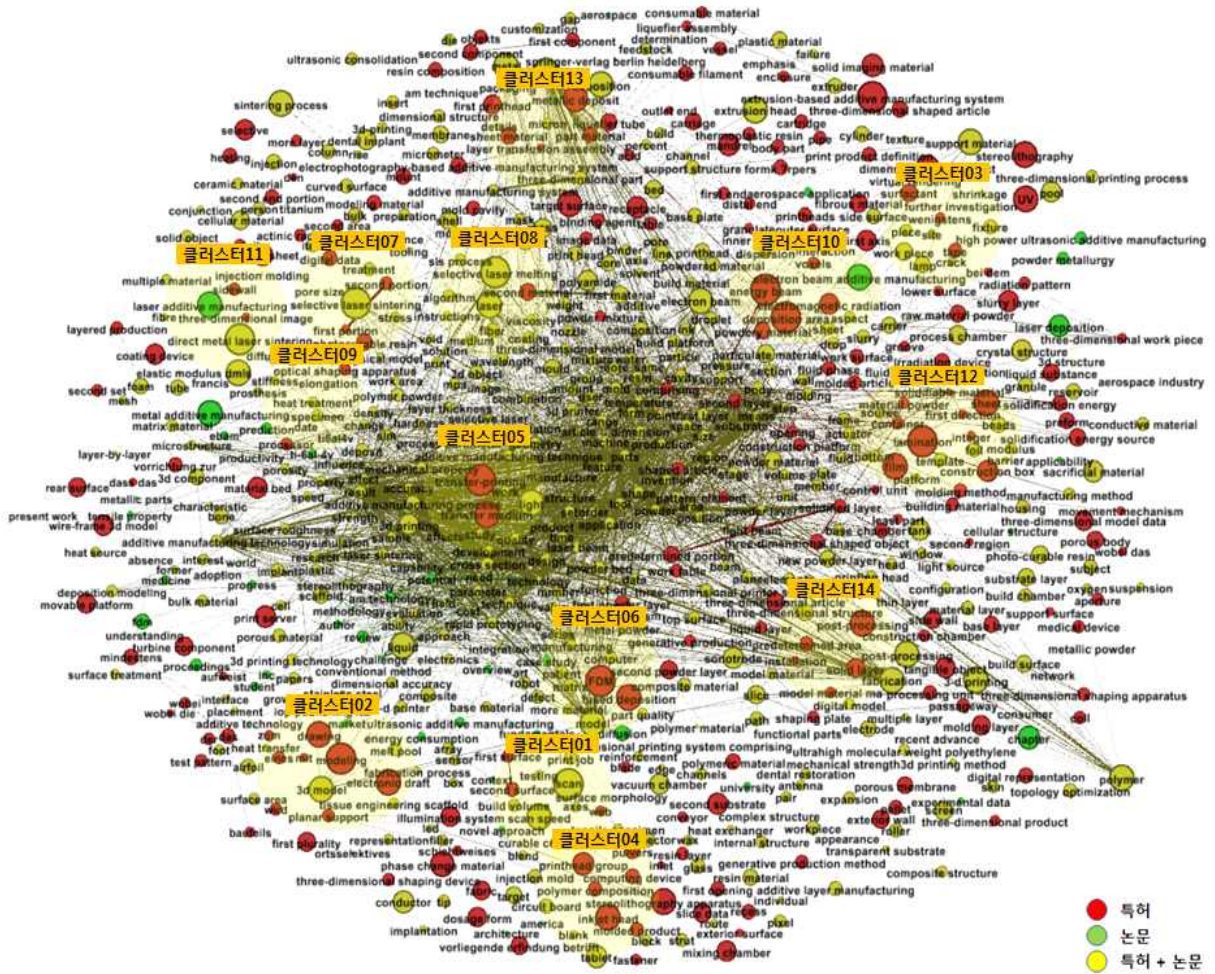
## 다. 중소기업 핵심기술

### (1) 데이터 기반 요소기술 발굴

- 금속 3D 적층/절삭 장치 기술의 특허 및 논문데이터 검색을 통해 도출된 유효데이터를 대상으로 데이터마이닝 기법(Scientometrics 기법)을 통해 클러스터링된 키워드의 연관성을 바탕으로 요소 기술 후보군을 도출
  - 금속 3D 적층/절삭 장치 기술의 특허 및 논문 유효데이터를 기반으로 키워드 클러스터링을 통하여 요소기술 후보군을 도출
  - 제품별 dataset 구축 : 금속 3D 적층/절삭 장치 기술 관련 특허/논문 데이터를 추출하여 노이즈 제거 후 제품별 dataset 구축
  - 1차 클러스터링 : 키워드 맵을 통한 고빈도 키워드 확인-빈도수(tf-idf)<sup>9)</sup>가 상위 30%에 해당하는 키워드를 대상으로 1차 추출
  - 2차 클러스터링 : 1차 클러스터링에서 추출된 고빈도 키워드 사이에서 고연관도 키워드를 2차 추출 (고연관도 기준은 연관도수치<sup>10)</sup>가 일정수준 이상인 클러스터로 제한)
- 다음 그림은 키워드 간 연관네트워크를 시각화한 것으로, 각 키워드를 나타내는 원과 키워드 간의 연관도를 나타내는 직선으로 구성
  - 각 키워드가 특허와 논문 중 어느 데이터에서 도출되었는지 원의 색으로 구분하였으며, 키워드로 도출된 클러스터는 황색음영으로 표시
  - 키워드를 나타내는 원은 고빈도의 키워드일수록 원의 크기가 크게 표현되며, 연관도를 나타내는 선은 키워드 사이의 연관도수치가 높을수록 굵게 표현
- 금속 3D 적층/절삭 장치 기술 전략제품의 특허-논문 유효데이터에 대하여 키워드 클러스터링 결과를 기반으로 요소기술 도출
- 데이터 기반의 요소기술 도출은 키워드 클러스터링을 통해 도출된 요소기술에 대하여 전문가의 검증 및 조정을 통하여 요소기술을 도출

9) 빈도수(tf-idf) : 각 키워드가 출현되는 특허 또는 논문수를 의미

10) 연관도수치: 두 개 이상의 키워드 사이의 특허 또는 논문수를 의미



[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 키워드 클러스터링 ]

[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 주요 키워드 및 관련문헌 ]

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 01	scan, three-dimension	10~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Three-Dimensional Printing and Scanning System and Method</li> <li>2. 3D line scan printing device and thereof method</li> <li>3. United system for providing output made by 3D design drawing using network</li> </ol>
클러스터 02	drawing, 3D design	14	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING ELECTRONIC DRAFT OF VESSEL DESIGN</li> <li>2. United system for providing output made by 3D design drawing using network</li> </ol>
클러스터 03	pool, stereolithography	12~18	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Processing method of large area structure in low cost type stereolithography system using small DMD and UV-LED</li> <li>2. Melt pool geometry simulations for powder-based electron beam additive manufacturing</li> </ol>
클러스터 04	ink-jet, stereolithography	10~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Machine for ink-jet printing of three-dimensional objects</li> <li>2. Method of making a composite material by three-dimensional ink-jet printing</li> <li>3. Water soluble ink-jet composition for 3D printing</li> </ol>

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 05	FDM, Fused Deposition Modeling	14~17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apparatus and method for automatic monitoring of filament feeding in FDM 3D printer</li> <li>2. MALEIC ANHYDRIDE COPOLYMERS AS SOLUBLE SUPPORT MATERIAL FOR FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) PRINTER</li> <li>3. FDM(Fused Deposition Modeling) Type 3D PRINTER</li> </ol>
클러스터 06	selective, laser sintering	12~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A METHOD FOR THE ADDITIVE MANUFACTURING OF A PART BY SELECTIVE MELTING OR SELECTIVE SINTERING OF OPTIMISED-COMPACTNESS POWDER BEDS USING A HIGH ENERGY BEAM</li> <li>2. Method for manufacturing a part by selective laser fusion or sintering of powders of different materials</li> <li>3. Method for manufacturing objects by selective sintering</li> </ol>
클러스터 07	selective, laser melting	14~18	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. METHOD OF FABRICATING A PART BY SELECTIVE MELTING OR SELECTIVE SINTERING OF POWDER BEDS BY MEANS OF A HIGH ENERGY BEAM</li> <li>2. METHOD FOR MANUFACTURING A METALLIC OR CERAMIC COMPONENT BY SELECTIVE LASER MELTING ADDITIVE MANUFACTURING</li> <li>3. Method to apply multiple materials with selective laser melting on a 3D article</li> </ol>
클러스터 08	selective, heat sintering	14~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A METHOD FOR THE ADDITIVE MANUFACTURING OF A PART BY SELECTIVE MELTING OR SELECTIVE SINTERING OF OPTIMISED-COMPACTNESS POWDER BEDS USING A HIGH ENERGY BEAM</li> <li>2. Method for manufacturing objects by selective sintering</li> </ol>
클러스터 09	EBM, electron beam melting	15~17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Electron beam melting method and electron beam apparatus</li> <li>2. Multi-material metallic structure fabrication using electron beam melting</li> <li>3. Design and Manufacture of Injection Mold Inserts Using Electron Beam Melting</li> </ol>
클러스터 10	DMLS, metal laser sintering	15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. LED LAMP WITH POWER SUPPLY</li> <li>2. Study on unsupported overhangs of AlSi10Mg parts processed by Direct Metal Laser Sintering (DMLS)</li> <li>3. Development of low alloy high strength steel process parameters for direct metal laser sintering</li> </ol>
클러스터 11	lamination, sheet, film	36	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. APPARATUS FOR MANUFACTURING THREE-DIMENSIONAL OBJECT IN LAMINATE TYPE ACCORDING TO ROTATION TYPE COATING</li> <li>2. Printed 3D-Elastic Laminates</li> </ol>
클러스터 12	DMD, metal deposition, energy	14~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Methods and Apparatuses for Direct Deposition of Features on a Surface Using a Two-Component Microfluidic Jet</li> <li>2. Light-directed electrophoretic deposition: A new additive manufacturing technique for arbitrarily patterned 3D composites</li> </ol>
클러스터 13	post process, 3D printing	15~17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SYSTEMS AND METHODS OF POST-PROCESSING FEATURES FOR ADDITIVE FABRICATION</li> <li>2. Post-processing of 3D-printed parts using femtosecond and picosecond laser radiation</li> <li>3. Ultrafast laser-based post-processing of parts produced by additive manufacturing</li> </ol>



[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 데이터 기반 요소기술 ]

No	요소기술명	키워드
요소기술01	3차원 디지털 도면 제작 기술 개발	floor plan, data conversion, data transmission
요소기술02	복합가공용(AM/SM) 3D 프린팅 장비 개발	complex
요소기술03	대형 금속구조물 제조용 3D 적층제조 장비 개발	large, metal structure, printing
요소기술04	3D 프린팅 고속화 공정제어 알고리즘 개발	high speed, process, algorithm
요소기술05	3D 프린팅용 미세분사 제어 기술 개발	3D printing, fine spray, control
요소기술06	3차원 프린팅용 분말재료 공급 기술 개발	powder, material
요소기술07	3차원 프린팅용 비 소결 분말 회수 메커니즘 설계 기술 개발	powder, recovery
요소기술08	3D 프린팅용 적층 공구 위치 정밀제어 기술	additive manufacturing tool, control, location
요소기술09	3D 프린팅 고속 후처리 기술	post process, 3D printing
요소기술10	3D 프린팅 제조품 정밀 검사 기술	product, accuracy, examination, inspect

## (2) 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 요소기술 도출 ]

분류	요소기술	출처
모델링	3차원 디지털 도면 제작 기술 개발	특허/논문 클러스터링, 전문가 추천
프린팅 장비	복합가공용(AM/SM) 3D 프린팅 장비 개발	기술/시장 분석, 기술수요, 특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	대형 금속구조물 제조용 3D 적층제조 장비 개발	기술수요, 전문가 추천
공정 설계 및 제어	3D 프린팅 고속화 공정제어 알고리즘 개발	기술/시장 분석, 기술수요, 전문가추천
	3D 프린팅용 미세분사 제어 기술 개발	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	3차원 프린팅용 분말재료 공급 기술 개발	기술/시장 분석, 전문가 추천, 특허/논문 클러스터링
	3차원 프린팅용 비 소결 분말 회수 메커니즘 설계 기술 개발	전문가추천, 특허/논문 클러스터링
	3D 프린팅용 고에너지원 출력 제어 기술	특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	3차원 프린팅용 위상 기하학 최적화 기술 개발	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	3D 프린팅 고속 후처리 기술	기술/시장 분석, 기술수요, 타부처로드맵
공구 제어	3D 프린팅용 적층 공구 위치 정밀 제어 기술	특허분석, 전문가추천, 특허/논문 클러스터링
품질 검사	역설계를 이용한 3차원 리모델링 기술 개발	특허분석, 전문가추천
	3D 프린팅 제조품 정밀 검사 기술	특허분석, 전문가, 기술수요

### (3) 핵심기술 선정

- 확정된 요소기술을 대상으로 산·학·연 전문가로 구성된 핵심기술 선정위원회를 통하여 중소기업에 적합한 핵심기술 선정
- 핵심기술 선정은 기술개발시급성(10), 기술개발파급성(10), 단기개발가능성(10), 중소기업 적합성 (10)을 고려하여 평가

[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
공정 및 공구 제어	3D 프린팅 고속화 공정제어 알고리즘 개발	멀티 에너지원 방식 등을 이용하여 삼차원 프린팅의 고속화를 위한 알고리즘을 개발하는 기술
	3차원 프린팅용 분말재료 공급 기술 개발	금속, 수지 등의 분말재료 공급하는 장치 또는 효과적인 분말 공급방법 등을 개발하는 기술
	3D 프린팅용 적층 공구 위치 정밀 제어 기술	정밀 형상을 구현하기 위한 삼차원 프린팅용 공구의 위치를 정밀 제어하는 기술
응용분야	바이오소재를 사용한 의료기기 생산기술	치과용 의료기기, 인체의식 의료기기, 맞춤형 치료물 등 생산기술
	건물의 외형을 포함한 내부 인테리어 건축 기술	3D 프린팅 건축물, 3D 프린팅 디자인 서비스, 3D 프린팅 콘텐츠 유통 서비스 등 관련기술
품질검사	3D 프린팅 제조품 정밀 검사 기술	고해상도의 센서 등을 이용하여 삼차원 프린팅으로 제조한 제조품을 정밀 검사하는 기술

## 6. 기술로드맵 기획

### 가. 금속 3D 적층/절삭 장치 기술로드맵

- 최종 중소·중견기업 기술로드맵 은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

금속 3D적층 및 절삭장치 중소기업형 기술로드맵					
Time Span		2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표		3D 적층 및 절삭 기술 고속/정밀/가격저감	타산업분야관련 응용기술개발	3D 적층 및 절삭 품질검사기술개발	3D 적층 및 절삭 기술 대중화/양산화
금속 3D 적층 및 절삭 장치 핵심 기술	공정 및 공구 제어	3D 적층 및 절삭 고속화 공정 제어 알고리즘 개발 3D 적층 계층 분말 재료 공급 기술 개발 3D 적층 및 절삭 공구 위치 정밀 제어 기술			3D 적층 및 절삭 장치 기초 기술 개발
	응용 분야	바이오 소재를 사용한 의료 기기 생산 기술 건물의 외형을 포함한 내부 인테리어 건축 기술			의료 기기 및 건축 분야 응용 기술 개발
	품질 검사	3D 적층 및 절삭 재료 품질 검사 기술			조형 제품의 물성/성능 및 신뢰성 평가 기술 개발
기술/시장 니즈		고속화/정밀화/가격저감	품질 검사 기술 개발 필요		의료 기기 및 건축 분야 수요 증가

## 나. 연구개발 목표 설정

- 로드맵 기획 절차는 산·학·연 전문가로 구성된 로드맵 기획위원회를 통해 선정된 핵심기술을 대상으로 기술요구사항, 연차별 개발목표, 최종 목표를 도출

[ 금속 3D 적층/절삭 장치 분야 핵심기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
공정 및 공구 제어	3D 프린팅 고속화 공정제어 알고리즘 개발	공정시간 절감 (%)	15%	25%	35%	공정시간 절감 35% 이상
	3차원 프린팅용 분말재료 공급 기술 개발	적층높이 ( $\mu\text{m}$ )	$\leq 250$	$\leq 200$	$\leq 150$	적층높이 $\leq 150\mu\text{m}$
	3D 프린팅용 적층 공구 위치 정밀 제어 기술	Micro Laser Sintering ( $\mu\text{m}$ )	8	4	1	MLS $\leq 1\mu\text{m}$
응용분야	바이오소재를 사용한 의료기기 생산기술	-	의료기기 생산기술 확보	장비 국산화	가격경쟁력 확보를 위한 바이오소재 개발	바이오 소재를 사용한 의료기기 생산기술 확보
	건물의 외형을 포함한 내부 인테리어 건축 기술	-	아이디어 이미지화 기술	3D 데이터를 오차 없이 전달할 수 있는 SW 개발	인터넷이 연계된 스마트 홈 건축기술 개발	건물의 외형을 포함한 내부 인테리어 건축 기술 확보
품질검사	3D 프린팅 제조품 정밀 검사 기술	오차율 (%)	$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$	오차율 $\leq 1\%$

# 고속정밀 가공시스템





# 고속/정밀 가공시스템

## 정의 및 범위

- 고속/정밀 가공시스템은 고정밀화 및 생산성 향상을 위한 이송속도 향상 및 밀링/선삭 복합화 기술
- 고속/정밀 가공시스템 기술은 문형기, NC 보링기 등 대형 절삭 공작기계 분야는 국내 전문업체에 의해 공급되고 있으나, 초대형 공작기계의 경우 국내 수요가 거의 없는 상태에서 해외 고객을 대상으로 개발해야 되는 어려움이 있음

## 정부지원 정책

- 기술로드맵 수립 및 R&D 투자 규모를 꾸준히 늘리며 관련 산업을 지원
- 해외 의존도가 매우 높은 국산화 필요 기술뿐만 아니라 미래 핵심동력 및 신산업을 발굴하여 연구개발에 집중 투자 및 지원
- 중소·중견기업의 기술력 확보 및 국내외 시장 진출 확대를 견인
- 정부 R&D 사업으로는 양산라인에 적용 및 상품화가 쉽지 않음과 동시에 기초 원천기술 연구 또한, 외면되고 있어 R&D 하부구조가 취약

## 중소기업 시장대응전략

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최대 생산국인 일본과 대비 가격경쟁력 유지</li> <li>• 대만등 개도국에 비해 품질, 성능 우수</li> <li>• IT산업의 발달로 인터넷 기반 기술 확보</li> <li>• 정부의 적극적인 기술개발 노력 및 지원</li> <li>• 경쟁국에 비해 생산/조립기술 세계수준 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내시장 협소로 기업간 경쟁 치열</li> <li>• 경쟁국에 비해 국제적인 판매 및 A/S망 취약</li> <li>• 기술 및 기능인력 부족</li> <li>• 제품의 차별화 미흡으로 특수 기계에 대한 설계기술 미흡</li> </ul>
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 등 선진국의 세계시장 내수기반 확충</li> <li>• 중국의 설비수요 확대 및 WTO 가입후 시장 진입 장벽 완화</li> <li>• IT관련 금형산업 수요 및 자동차부품 수출확대</li> <li>• 자동차 산업의 품질 경쟁력 확보, 생산성 향상에 대한 지속적인 투자환경</li> <li>• 일본의 장기불황과 이에 따른 일본 업계의 경영 환경 악화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 후발경쟁국인 대만과 중국의 급속한 추격</li> <li>• 일본의 경기 장기침체에 따른 적극적인 한국 시장 진출 노력</li> <li>• 선진국의 고급기술 이전기피</li> </ul>

## 중소기업의 시장대응전략

- ➔ 정부의 R&D 전략 수립 및 연구 자금 확대로 공작기계 분야는 꾸준히 성장
- ➔ IT융합 기술 및 서비스 기술의 확보로 High-tech 장비로의 전환
- ➔ 다품종 소량제품에 대응하기 위한 유연생산시스템 기술 확보로 국내외 가공시장 확대 필요



핵심기술 로드맵

고속정밀 가공시스템 중소기업형 기술로드맵

Time Span		2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표		안정성향상	고속다기능주축시스템 기초기술 확보	고속다기능주축시스템 검증및구축	고속정밀가공시스템 원천기술 확보
고속정밀가공시스템 핵심기술	이송 시스템	고속가공기용 동특성 향상기술			열적안정성및 구조적동특성향상
	주축 시스템	고속가공기용 베어링 윤활기술	고속가공기용 빌트인 스피들 구조설계기술	고속다기능/멀티 주축시스템	능동형 고속 다기능주축시스템 구축
			능동형 다축오차보정 기술		
기술/시장 니즈		안정성 확보	고속/정밀/복합	충돌방지/오차보정	

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

- 고속/정밀 가공시스템 기술이란 주축의 고속화 및 이송계의 고속화, 공구 인터페이스기술, CNC 제어기술의 개발 및 새로운 메커니즘 (Parallel Mechanism)을 도입한 고속 가공용 공작 시스템, 밀링 작업을 하는 머시닝센터 및 선삭 작업을 하는 터닝센터를 합쳐놓은 시스템을 의미
- 고속가공기는 금형에서 기존의 가공방법에 비해 높은 주축 회전수와 빠른 이송속도로 가공하는 방식으로 제품 생산을 하는 기계를 의미하며, 정밀/복합가공기는 복잡한 형상의 공작물을 가공하기 위한 다수의 공정이나 작업을 1대에서 수행할 수 있는 기능을 가진 기계로 정의
- 다기능화와 복합화의 정의는 명확하지는 않지만 다기능화는 동일한 기계에서 가공방법을 변경하지 않고 멀티 가공이 가능한 것을 말하며, 복합화는 가공방법이 완전히 다른 종류의 가공 프로세스를 동일 기계 내에서 수행하는 것
  - 고속 가공의 궁극적인 목표는 생산성의 향상에 있음. 절삭속도의 향상은 동일한 사이즈의 공구를 사용시 상대적으로 적은 절삭력이 작용하며, 따라서 고속 가공은 단위시간당 절삭량의 증가에 따른 가공시간의 단축은 물론 향상된 표면조도(품질), 공구수명의 증가 등을 통한 단위 제품당 생산비의 절감을 성취할 수 있으며 기계 부하 하중의 감소로 장비 내구성이 개선될 수 있는 부수적 효과 존재
  - 구조적으로는 두 개 이상의 스피들과 최소 5개 이상의 제어축을 가지며 밀링 스피들의 축이 회전하는 B축을 가짐으로써 임의의 각도에서 가공이 가능하고, 동시 5축 제어에 의한 곡면 가공이 가능한 기계
  - 복합가공기의 모든 장점은 ‘공정집약’이라는 특성에서 시작되며, 준비나 대기 시간 없이 하나의 기계로 모든 공정을 가능
  - 일반적인 가공의 경우 터닝센터에서 전면부와 후면부를 선반 작업한 후 공작물을 탈착해 머시닝센터에 다시 부착, 전면부와 후면부를 밀링 작업 하는 반면 복합가공기는 공작물을 탈부착하지 않고 처음에 한 번 고정하는 것만으로 제작을 완성하는 ‘원 척킹(One Chucking) 가공’이 가능
  - 다른 기계가 다음 공정을 위해 대기할 필요가 없으며 공작물의 이동 과정도 없으므로, 일반 공작기계보다 리드 타임이 현저히 짧고 정밀도 높음

## 나. 범위

### (1) 제품분류 관점

- 고속/정밀 가공시스템 기술은 최근 밀링 작업을 하는 머시닝센터와 선삭 작업을 하는 터닝센터를 합쳐놓은 기계의 형태로 발전
  - 멀티태스킹머신(Multi-Tasking Machine : MTM) - 직역하면 '다중작업기계'라고 부를 수 있을 것임. 우리가 컴퓨터에서 여러 작업을 한 화면에 열어 놓듯이, 여러 가지의 가공을 동시에 하는 것을 의미함. 동시에 작동하는 '동시(Simultaneous) 가공'과 작업의 시작과 끝을 맞추는 '동기화(Synchronized) 가공' 으로 나눔
  - 복합가공머신(또는 복합가공기) - 여러 종류의 가공 작업을 할 수 있는 능력이나 설비를 갖춘 기계를 지칭함. 선삭, 밀링, 연삭 작업을 비롯한 다양한 가공 작업의 조합이 가능하며, MTM과 동일한 개념은 아니나 일반적으로 혼용됨. 일본에서는 주로 복합가공기(複合加工機)라는 명칭을 사용
  - 턴-밀(Turn-Mill)머신 - 턴(Turn : 선삭, 선반 가공) 작업과 밀(Mill : 밀링 가공) 작업의 합성어로서 '턴-밀머신' 또는 '밀-턴 머신'으로 불리며, 업계에서 가장 흔하게 쓰는 용어임. 용어에서 알 수 있듯이 선반 가공 기능과 밀링 가공 기능을 결합한 기계를 의미하며, CAM 프로그램 업계에서는 주로 '밀-턴 머신'이라는 용어를 사용
  - B-축(Axis) 머신 - 밀-턴 머신의 한 종류로서, B-축에 장착되는 머시닝(Machining)헤드를 통하여 3D 가공이나 4/5축 밀링 가공 기능을 보유한 기계를 지칭

[ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
고속/정밀 가공시스템	멀티태스킹머신	동시 가공, 동기화 가공
	복합가공머신	선삭, 밀링, 연삭 복합 가공
	턴-밀(Turn-Mill)머신	선반가공, 밀링가공
	B-축(Axis) 머신	머시닝헤드를 통한 3D가공, 4/5축 밀링 가공

## (2) 공급망 관점

- 고속/정밀 가공시스템기술의 공급망 관점의 범위는 초고속 가공시스템, 다축/다기능 가공시스템 및 난삭재 가공시스템으로 구분
  - 초고속 가공시스템은 단위시간당 절삭량의 증가에 따른 가공 중 실 절삭시간의 단축 및 가공품의 표면조도 향상에 따른 후 공정의 제외를 실현하기 위하여, 고속 이송시스템, 공구 인터페이스, 고속 CNC제어기술이 요구
  - 정밀/복합 가공시스템은 구조적으로는 두 개 이상의 스피들과 최소 5개 이상의 제어축을 가지며 밀링 스피들의 축이 회전하는 B축을 가짐으로써 임의의 각도에서 가공이 가능하고, 동시 5축 제어에 의한 곡면 가공이 가능한 기계
  - 정밀/복합 가공시스템은 구조적으로는 두 개 이상의 스피들과 최소 5개 이상의 제어축을 가지며 밀링 스피들의 축이 회전하는 B축을 가짐으로써 임의의 각도에서 가공이 가능하고, 동시 5축 제어에 의한 곡면 가공이 가능한 기계

### [ 공급망 관점 기술범위 ]

전략제품	공급망 관점	세부기술
고속/정밀 가공시스템	초고속 가공시스템	고속 주축시스템, 빌트인 스피들 구조, 베어링 구조/윤활, 냉각 시스템, 측정 시스템, 고속 이송시스템, 스피들-공구 인터페이스, 제어 기술 등
	다축/다기능 가공시스템	하나의 툴 홀더에 여러 개의 공구를 부착할 수 있게 하는 등의 툴링 시스템, 복합가공기를 운용할 수 있는 소프트웨어 기술, 충돌에 대한 검증 기술
	난삭재 가공시스템	극저온가공, 레이저보조가공, 최소윤활가공(MQL) 및 하드터닝 기술

## 2. 산업환경분석

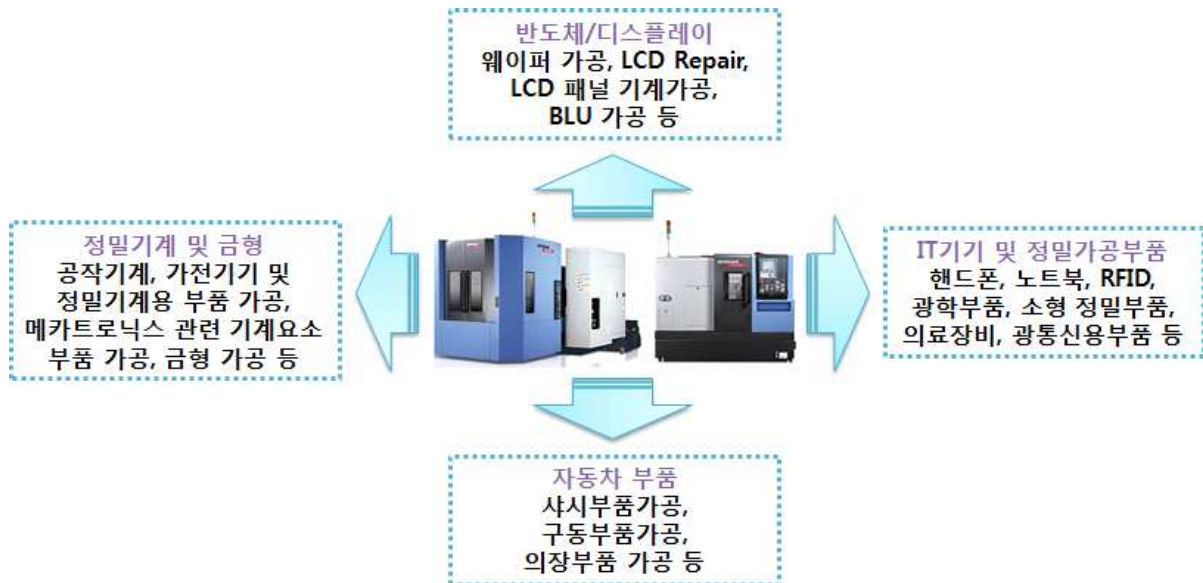
### 가. 산업특징 및 구조

#### (1) 산업의 특징

- 공작기계 기술의 흐름은 고속화, 다축화, 복합화, 정밀화의 추세이며, 오늘날 제조업은 다품종 소량생산, 변종변량생산, 짧은 납기, 원가절감, 경량화, 기능의 복합화에 따른 복잡형상부품의 증가, 숙련된 작업자 및 기능공의 부족 등이 진행되고 있어 이러한 환경을 반영할 수 있는 제조장비로서 복합가공기계가 개발되고 있음
- 산업 구조의 고도화와 제조업의 경쟁력강화를 실현하기 위한 핵심 산업으로 전후방 산업관련 효과가 매우 큼. 특히, IT, BT, NT 등 융복합 기술 및 초정밀 공작 기술 기반의 미래 신산업 분야의 핵심 기반 산업
- 공정이동 간 발생하는 비가공시간, 공정교체 시 발생하는 치공구 오차 등을 제거하기 위해 1대의 기계에서 다양한 기능성 가공을 수행하는 가공기계가 보편화
- 공작기계의 고속화에 따른 절삭공구의 개발은 필연적인 관심대상, 고속가공용 공구 재종은 고향절력(인성)의 초경재종과 코팅박막 적용하여 고온에서의 안정성 확보 요구
- 대기업을 중심으로 브랜드 이미지 중심으로 발전시키는 전략, 설계인력의 전략적 양성 등을 통해 고속·복합 가공시스템 관련 산업의 국가 경쟁력 획득이 필요
- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
  - 공작기계 투자수요를 유발시키는 연관성은 전방산업의 발전보다는 후방산업의 발전에 보다 큰 영향
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상
- 산업연관표의 168 분류를 기준으로 할 때, 공작기계 주요 후방산업으로는 금속가공용 기계가 약 16%로 가장 큰 비중을 차지
  - 이는 공작기계산업의 발전을 위해서는 공작기계 자체의 경쟁기반이 전제되어야 함을 의미
  - 다음으로는 선철 및 합금철, 조강, 열간압연강재, 냉간압연강재, 주단강품, 기타 철강1차제품 등 철강 산업의 중간투입비율이 전체의 8.9%로 큰 비중을 차지
  - 이외에 의료 및 측정기기부문이 4.9%로 상당히 높게 나타났는데 이는 공작기계가 전반적으로 NC화 되면서 수치제어용 부품의 중요성이 큰 것을 의미

## (2) 산업의 구조

- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
  - 공작기계 투자수요를 유발시키는 연관성은 전방산업의 발전보다는 후방산업의 발전에 보다 큰 영향
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상



출처 : 정밀가공시스템, 부산대학교 기계공학부

### [ 고속/정밀 가공시스템 분야 산업구조 ]

### [ 고속/정밀 가공시스템 분야 산업구조 ]

후방산업	고속/정밀 가공시스템 분야	전방산업
부품소재, 철강, 공구업종 선반, 밀링, 엔지니어링 산업(CAD/CAM/CAE) 등	고속·복합 가공시스템, 초정밀 가공시스템, 하이브리드 가공시스템 등 정밀가공시스템	자동차, 항공, 전기전자, 반도체, 가전, 조선, 금형, 건축자재, 샤프, 파이프 등

## 나. 경쟁환경

### ㉞ 세계업체 및 제품 현황

- 가공시스템 분야는 하드터닝 등 공정레벨과 에너지절감 가공장비, 상위 가공Shop 레벨 에너지 관리 등의 전반에서 활발한 연구가 진행 중이며, 특히 티타늄·CGI·CFRP 등 고경도/경량 신소재 관련 기술은 글로벌 3강 국가의 업체와 연구소·대학 중심으로 연구가 활발히 진행 중
  - 초음파를 사용하여 난삭재(타타늄, 세라믹) 가공 기술에 사용한 예는 선진국(독일)이외에는 거의 없는 초기 연구단계로 향후 자동차 시장, 의료시장 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 기술
- Mazak(일), DMG/Mori-Seiki 등 선진사는 단일 플랫폼에, One-Chucking Multi-Machining, Done-In-One(All-In-One) 등 융복합 장비를 개발하였고 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미(Assist)하여, 가공 품질과 생산성을 향상
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)에서 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통을 일체화된 복합가공기는 기존의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급
  - 최근의 고능률 복합화의 개념은 과거 이종 공정의 복합화(일체화)와 고속화를 떠나, 다양한 제품 요구 변화에 대응할 수 시스템 변경·확장에 요구되는 Ramp-Up 시간을 최소화
- 난삭재 가공장비 업체인 MAG(프)는 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템(through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도
  - 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- 독일의 Trumpf는 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 시장주도하고 독일외 EU·대만·미국 등 생산기지화로 글로벌 시장경쟁력 확보
- Fastems(핀), Mazak(일), DCT(독일) 등 FMS 가공시스템 제공 업체는 최근 장비, 유연 자동화 주변장치/셀, 운영-제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템 Turnkey 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화를 진행
  - 일본의 선도 공작기계 업체는 고객(사)에 납품된 기계·장비에 대한 토탈 A/S 지원을 위한 기계·장비 생산업체 서비스센터와 연결된 원격 A/S 네트워크 지원망 시범지원하고 있으며, 향후 실시간 장비 서비스 환경으로 진화될 것으로 전망

### ㉟ 국내업체 및 제품 현황

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며, 특히, 두산인프라코어와 현대위아는 국내 공작기계시장에서 점유율 1~2위를 다투며 국내 공작기계 산업을 주도
  - 두산인프라코어는 세계공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스톤, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공

- 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응
  - 두산인프라코어는 글로벌 금융그룹인 스탠다드차타드 산하 사모펀드 회사인 스탠다드차타드 프라이빗에쿼티를 공작기계 사업 부문 매각을 위한 우선협상대상자로 선정하여, 매각절차를 진행
- 국내 절삭공구 시장은 2.2조 원(2011)이며 꾸준히 시장이 확대되고 있으나 세계 절삭공구시장의 약 4.8%에 불과하며 세계시장 점유율은 3%로 세계 10위권 밖에 머무르고 있음
- 또한 국내 공구업체는 공구 원자재의 해외수입 의존도가 매우 높고 영세하여 주로 초경 엔드밀과 코팅공구에 집중하고 있어 해외 선진국과의 격차 존재
  - 원천기술 부족으로 글로벌 트렌드에 발빠르게 대응하지 못하고 있음(신소재 및 난삭재 가공기술)

[ 제품분류별 경쟁자 ]

구분	경쟁환경		
기술분류	레이저	초음파	고에너지
주요 품목 및 기술	대형공작기계, 연삭장비, 요소부품 가공, 프레스 및 성형 가공장비 등		
해외기업	DMG(독일), Mori-Seiki(일본), MAG(독일), NTC(일본), Precitech(미국), Moore Nanotechnology(미국), Kugler(독일), FANUC(일본), Nachi(일본), Nagase(일본)	DMG(독일), Mori-Seiki(일본), MAG(독일), NTC(일본), Precitech(미국), Moore Nanotechnology(미국), Kugler(독일), FANUC(일본), Nachi(일본), Nagase(일본)	Varian, Eaton, NEC, AFI, Spire, Implant Science Coporation, Ion Beam International
국내기업	두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론, 한국정밀, SKEM, 세스코, 대영, 한국정밀, 기흥기계, 엘엠에스, 동신프레스, 우진플라임	두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론, 한국정밀, SKEM, 세스코, 대영, 한국정밀, 기흥기계, 엘엠에스, 동신프레스, 우진플라임	삼성전자, 에이빔, 아이에스하이텍, 한빛레이저, 유토시스, 신품공정



## 다. 전후방산업 환경

- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상
- 산업연관표의 168 분류를 기준으로 할 때, 공작기계 주요 후방산업으로는 금속가공용 기계가 약 16%로 가장 큰 비중을 차지
  - 이는 공작기계산업의 발전을 위해서는 공작기계 자체의 경쟁기반이 전제되어야 함을 의미
  - 다음으로는 선철 및 합금철, 조강, 열간압연강재, 냉간압연강재, 주단강품, 기타 철강1차제품 등 철강 산업의 중간투입비율이 전체의 8.9%로 큰 비중을 차지
  - 이외에 의료 및 측정기기부문이 4.9%로 상당히 높게 나타났는데 이는 공작기계가 전반적으로 NC화 되면서 수치제어용 부품의 중요성이 큰 것을 의미



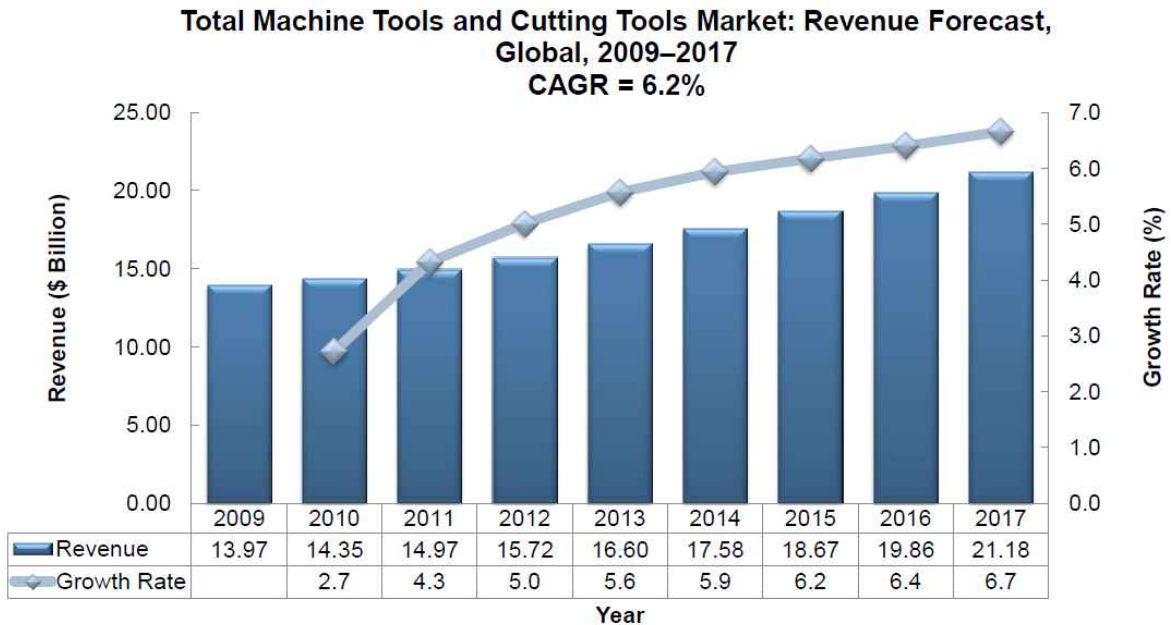
\* 자료: 월간 기계기술기자, 2013년 2월호

### [ 공작기계산업의 전후방 연관산업 ]

### 3. 시장환경분석

#### 가. 세계시장

- 세계 가공공작기계업 시장은 2015년 약 180억 달러 규모에서 연평균 약 6.2%의 성장률을 기록하며 2017년에는 약 210억 달러 수준에 이를 전망



\* 자료: Frost & Sullivan analysis : Global Machine Tools and Cutting Tools Market

#### [ 전체 가공공작기계분야 시장현황 ]

- 고속·정밀복합 가공시스템 시장의 경우 2015년 685억 달러에서 2018년에는 839억 달러로 연평균 약 7%의 성장률을 유지할 것으로 예상

#### [ 고속/정밀 가공시스템 분야의 세계 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만달러, %)

구분		'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
세계 시장	고속·정밀·복합 가공시스템	59,537	64,011	68,485	73,272	78,394	83,874	6.99%
	전체 공작기계	85,276	93,677	102,304	111,225	121,169	132,886	9.35%

\* 자료: 한국공작기계산업협회, “신성장동력장비산업 동향보고서 2012”, “Metal Working Insiders Reports 2012” (Gardner Publications, Inc.), “Machine Tools - A Global Strategic Business Report 2011”(Global Industry Analysts, Inc.) 등의 자료를 참고하여 전망치 추정

- 공작기계 산업의 신흥시장인 중국시장은 2014년 443억 달러에서 연평균 약 14%로 급성장하며 2018년에 약 1,000억 달러 규모로 성장할 것으로 예상
  - 중국 공작기계 업체인 Shengyang사는 세계 공작기계 생산 1위를 유지하며 독주체제를 구축하고 있으며 DMTG사도 세계 TOP 5로 진입
- 중국 공작기계 산업의 세계시장 점유율은 약 30%로 일본, 독일을 앞서며 세계 공작기계 산업을 주도

## 나. 국내시장

- 국내 공작기계산업 시장의 경우, 2015년 13.7조 원에서 연평균 9.46%의 성장률을 기록하며 2018년에는 17.5조 원에 이를 전망
  - 공작기계 산업의 경우 2013년 기준 생산은 5조 8,000억원으로 세계 5위, 수출 및 수입은 각각 22억 달러, 14억 달러로 세계 7위, 소비의 경우 45억 달러로 세계 4위의 위상
- 고속·정밀복합 가공시스템의 국내시장은 2015년 5.6조원에서 연평균 13.67%의 성장률을 기록하여 2018년에는 8조원 규모에 이를 것으로 전망

[ 고속/정밀 가공시스템 분야의 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억원, %)

구분		'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
국내 시장	고속·정밀복합 가공시스템	43,244	50,091	56,939	64,722	73,570	83,627	13.67%
	전체 공작기계	111,656	122,723	137,439	147,918	159,284	174,965	9.46%

\* 자료: Global Heat Treatment Network(2014년 12월) <<http://global-heat-treatment-network.com>>로 추정, 한국산업기술진흥원, 생산기반분야 산업기술로드맵(2012) 자료 계상

## 다. 무역현황

- 고속/정밀 가공시스템 기술의 공정기술로 품목 단위의 무역현황을 분석하는데 한계가 있어 수출 품목 중 열처리 장비 품목의 무역현황을 살펴보았으며, 수출량에 비하여 수입량이 급격히 감소하는 추세
  - 고속/정밀 가공시스템 기술의 수출현황은 '11년 61억 1,527만 달러에서 '15년 73억 4,922만 달러 수준으로 증가하였으며, 수입현황은 '11년 59억 6,892만 달러에서 '15년 61억 1,966만 달러 수준으로 소폭 증가하여 무역수지 흑자폭이 증가
  - 최근 5년('11~'15년)간 연평균 성장률을 살펴보면 수출금액은 3.1%로 증가하였으며, 수입금액은 0.6%로 소폭 증가하여 전체 무역수지는 22.5% 증가한 것으로 나타남
- 무역특화지수는 '11년(0.04)부터 '15년(0.09)까지 증감을 반복한 것으로 나타났으며 변동폭이 크지 않음

[ 고속/정밀 가공시스템 관련 무역현황 ]

(단위 : 천\$)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
수출금액	6,515,269	6,802,330	6,966,757	6,948,731	7,349,216	3.1%
수입금액	5,968,922	5,620,598	5,873,539	6,165,660	6,119,655	0.6%
무역수지	546,347	1,181,732	1,093,218	783,071	1,229,561	22.5%
무역특화지수*	0.04	0.10	0.09	0.06	0.09	

\* 무역특화지수 = (상품의 총수출액-총수입액)/(총수출액+총수입액)으로 산출되며, 지수가 0인 경우 비교우위는 중간정도이며, 1이면 완전 수출특화상태를 말함. 지수가 -1이면 완전 수입특화 상태로 수출물량이 전혀 없을 뿐만 아니라 수입만 한다는 뜻  
 \* 자료 : 관세청 수출입무역통계 HS-Code(6자리 기준) 활용

## 4. 기술환경분석

### 가. 기술개발 트렌드

#### ㉑ 편리한 조작 : 용이한 설정

- 생산성 향상을 위하여, CAM 시스템은 다양한 형태의 복합 가공기를 프로그램 상에서 용이하게 설정할 수 있어야하며, 복수의 가동축을 모두 제어 가능. 생산성 기하학적 형상과 제원 사항, 제어하는 축, 리미트 설정을 비롯하여 다양한 포맷의 데이터로 형상을 부여하는 것까지 지원 필요

#### ㉒ 편리한 조작 : 용이한 제어

- 기존의 트리형 작업구조를 대체하기 위한, 다양한 테이블, 스터디 기능을 제공하여 비숙련 작업자뿐만 아니라 숙련된 작업자도 복합 가공시스템을 용이하게 제어할 수 있는 기능이 요구되고 있으며, 테이블은 복합 가공 머신의 구성에 따라 헤드별, 터렛별, 스피들 별로 다양하게 생성하여, 편리한 제어를 제공

#### ㉓ 검증을 위한 시뮬레이션

- 가공 동작이 일반적인 가공 머신에 비해 매우 복잡하므로, 기계의 움직임을 정확히 예측하기 어려움이 존재함. 따라서 작업자는 소프트웨어를 통해 가공 순서, 진입 시점을 설정하고 회전축을 컨트롤, 톨패스를 생성함. 또한 공구 경로의 오류를 줄이기 위한 제작 공정 시뮬레이션 실시

#### ㉔ 충돌 방지 기능

- 한정된 가공 영역 내 다수 축 이용에 의해 오류가 발생할 가능성도 크며, 공정집약적 기계이기에 축의 충돌 같은 설계 실수나 고장 등으로 인한 손실시간에 따른 비용이 크기 때문에 충돌 방지 기능이 요구
- 에어백 기능 또는 충돌을 감지해 순간적으로 프로그램의 이동 방향과 반대로 슬라이드를 이동시키는 기술이 존재하며, 1차 충격에 이은 2차 충격을 제거하는 기술이 요구

## 나. 주요업체별 기술개발동향

### (1) 해외업체동향

- 해외 TOP 메이커인 DMG(독)와 Mori-Seiki(일)는 업체간 제휴를 통해 해외 생산기지화, 시스템 패키징화 등을 통해 글로벌 시장 지배력을 확대
  - 수직/수평 하드터닝, 5축 밀링을 One 셋팅으로 작업이 가능한 고정도 복합 머시닝센터 등 고신뢰 복합기 기술 선도
  - 모듈러 가공시스템 및 초음파/밀링 복합가공기(ULTRASONIC 시리즈) 상품화
  - 이송계의 질량중심과 이송중심을 일치시키는 DCG(Driven at the Center of Gravity) 시스템 구조 설계를 전 기종에 도입
  - 특히, 멀티터렛, BMT 등을 도입한 다기능형 복합기 분야에서 경쟁력을 강화
- Mazak(일), DMG/Mori-Seiki 등 선진사는 단일 플랫폼에, One-Chucking Multi- Machining, Done-In-One(All-In-One) 등 융복합 장비를 개발하였고 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미(Assist)하여, 가공 품질과 생산성을 향상
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)에서 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통을 일체화된 복합가공기는 기종의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급
  - 최근의 고능률 복합화의 개념은 과거 이종 공정의 복합화(일체화)와 고속화를 떠나, 다양한 제품요구 변화에 대응할 수 시스템 변경·확장에 요구되는 Ramp-Up 시간을 최소화
- Okamoto(일)는 평면연삭기의 안내면 구조에 초정밀 가변 정압 슬라이드 시스템을 탑재 및 액정관련 부문에서 진직 정밀도를 향상시킴. 또한, 테이블 반전 적응제어를 적용하여 가공통로를 최소한으로 단축시켜 대폭적인 가공시간의 단축을 달성
- Shigiya(일)는 초고속 사양으로 주속도 200m/s의 동압 베어링을 개발하였고 공작물을 회전 구동하는 주축의 베어링에 초정밀 연삭가공용으로 정압베어링을 적용
- Toyota(일)의 원통 연삭기는 350mm의 지름의 휠을 120m/초로 가공하기 위해 6,550rpm으로 고속회전 가공이 가능하고 동강성이 떨어지지 않으면서도 베어링의 지름과 폭의 축소화에 성공하였으며, 소비동력도 25%까지 절감
- Toyo(일)는 고강성 지석축에 의한 고속연삭으로의 전환 요구에 대응하는 기술의 개발하여, 가공 시간을 종전 가공 사이클의 1/2 수준으로 감소
- 친환경 가공시스템은 하드터닝 등 공정레벨과 에너지절감 가공장비, 상위 가공Shop 레벨 에너지 관리 등의 전반에서 활발한 연구가 진행 중이며, 특히 티타늄·CGI·CFRP 등 고경도/경량 신소재 관련 기술은 글로벌 3강 국가의 업체와 연구소·대학 중심으로 연구가 활발히 진행 중
  - 초음파를 사용하여 난삭재(타타늄, 세라믹) 가공 기술에 사용한 예는 선진국(독일)이외에는 거의 없는 초기 연구단계로 향후 자동차 시장, 의료시장 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 기술

- 난삭재 가공장비 업체인 MAG(프)는 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템 (through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도
  - 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- 일본의 NTC, Toyoda공기 및 Micron, Koyo 등이 각각 크랭크샤프트 및 센터리스 연삭기의 High Tech화를 선도하고 있으며 복합연삭기(Multi-Grinding) 시장의 지배력을 확대
- Precitech(미), Moore Nanotechnology(미), Kugler(독), FANUC(일), Nachi(일), Nagase(일) 등은 공기정압 또는 유정압 베어링을 채택한 비구면 또는 5축 초정밀 자유곡면 가공기를 상용화 하여 시장 주도
- Moore Nanotechnology(미), Toshiba(일) 등은 대면적 미세패턴 가공기의 대면적화, 가공물의 고충량화에 대응 및 운동정밀도의 초정밀화, 분해능 향상을 통한 고부가가치화 개발에 주력
- 독일의 Trumpf는 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 시장주도하고 독일외 EU·대만·미국 등 생산기지화로 글로벌 시장경쟁력 확보
- Fastems(핀), Mazak(일), DCT(독일) 등 FMS 가공시스템 제공 업체는 최근 장비, 유연 자동화 주변장치/셀, 운영·제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템 Turnkey 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화를 진행
  - 일본의 선도 공작기계 업체는 고객(사)에 납품된 기계·장비에 대한 토탈 A/S 지원을 위한 기계·장비 생산업체 서비스센터와 연결된 원격 A/S 네트워크 지원망 시범지원하고 있으며, 향후 실시간 장비 서비스 환경으로 진화될 것으로 전망

## (2) 국내업체동향

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며, 특히, 두산인프라코어와 현대위아는 국내 공작기계시장에서 점유율 1~2위를 다투며 국내 공작기계 산업을 주도
  - 두산인프라코어는 세계 공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스턴, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
  - 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응
  - 두산인프라코어는 글로벌 금융그룹인 스탠다드차타드 산하 사모펀드 회사인 스탠다드차타드 프라이빗에쿼티를 공작기계 사업 부문 매각을 위한 우선협상대상자로 선정하여, 매각절차를 진행

- 국내 절삭공구 시장은 2.2조 원(2011)이며 꾸준히 시장이 확대되고 있으나 세계 절삭공구시장의 약 4.8%에 불과하며 세계시장 점유율은 3%로 세계 10위권 밖에 머무르는 상태
  - 또한 국내 공구업체는 공구 원자재의 해외수입 의존도가 매우 높고 영세하여 주로 초경 엔드밀과 코팅공구에 집중하고 있어 해외 선진국과의 격차 존재
  - 신소재 및 난삭재 가공기술의 경우, 원천기술 부족으로 글로벌 트렌드에 발빠르게 대응이 되지 않고 있는 상태

#### 다. 기술인프라 현황

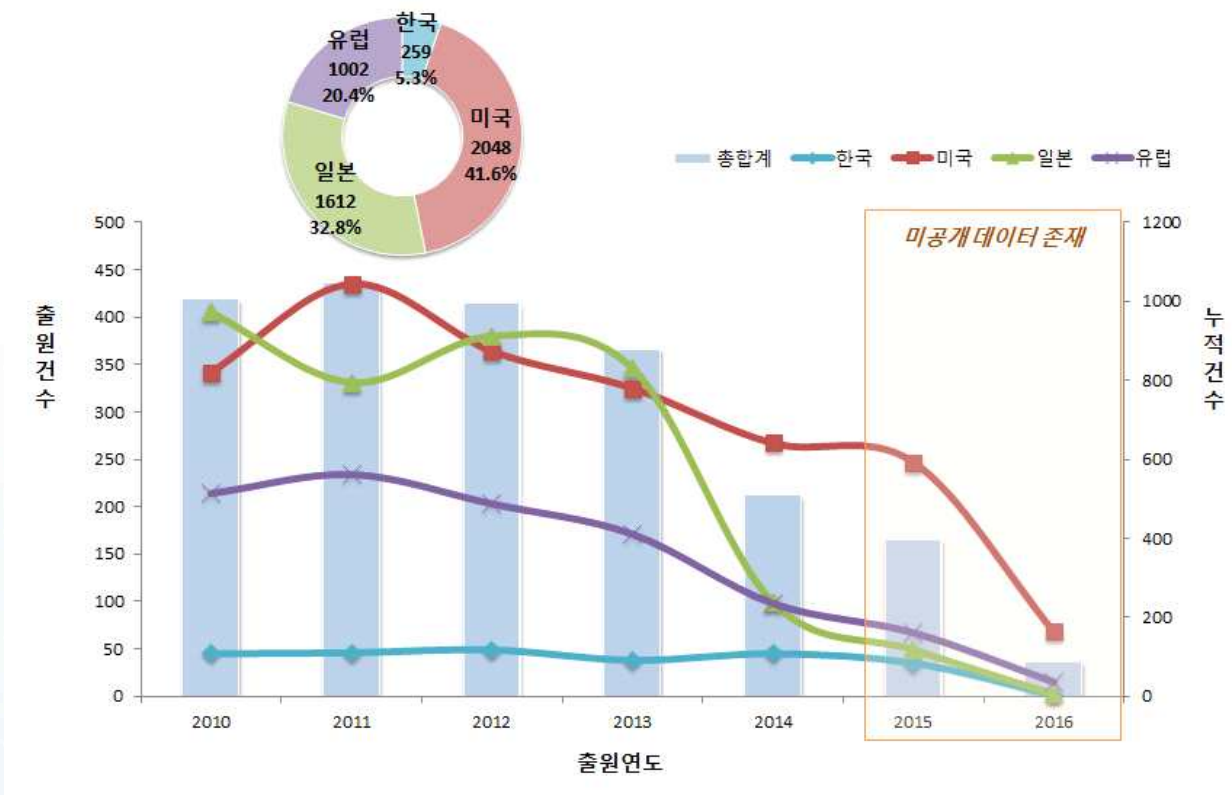
- 국내 공작기계분야에서는 기업규모의 열세로 선진국 대비 R&D 투자와 마케팅능력 열위로 차세대 기술개발 여건이 취약하고, 업계의 낮은 전업도와 전문화 미흡으로 역량집중이 안되고 있으며, 내수의존/ 수출지역 편중 및 수입의존도가 심화되고 있음. 또한 핵심부품을 주경쟁국에서 수입하므로 국제시장에서의 경쟁력이 열위이고 기술 인프라 체제의 구축이 미흡하며, 전문인력이 부족함
- 이에 정부는 ISO위원회 활동 확대 및 부품공용화사업 추진에 자금등을 지원하고, B2B사업의 인프라 구축을 위한 부품모듈화 기술개발 지원하고 있음
- 또한 민간차원에서 아래와 같은 노력이 필요한 실정
  - 전문인력양성 및 확보
  - 국제공인 품질인증(ISO, CE) 획득시스템 기반 구축
  - 성능평가 및 품질인증 관련 기술하부구조 구축
  - 해외제품 분석 및 비교시험 능력개발(시험, 기술개발, 사양 및 설계검증, Sales point 작성)
- 이러한 노력으로 국내 공작기계 기술시장에서 선진 각국의 성능평가 및 시험인증기관과의 상호 인증 기반을 구축하고, 공인 성능평가 및 시험인증기관의 품질인증으로 대외신인도 및 경쟁력을 제고하며, 해외제품분석 및 비교시험을 통한 최고수준의 경쟁사 제품 분석 및 우위를 확보할 필요가 있음



## 라. 특허동향 분석

### (1) 연도별 출원동향

- 고속/정밀 가공시스템 기술의 지난 7년(‘10~’16) 간 출원동향<sup>11)</sup>을 살펴보면 전체적으로 출원 경향이 감소하는 추이를 보이고 있음
- 국가별 출원동향을 살펴보면 미국이 2,048건(41.6%)으로 가장 많은 출원을 하였으며, 이어서 일본이 1,612건(32.8%), 유럽이 1,002건(20.4%), 한국이 259건(5.3%)을 출원하고 있는 것으로 파악
  - 미국 및 일본은 하락세, 한국은 유지, 유럽은 소폭 하락세로 나타나며, 고속·복합 가공시스템 분야의 특허출원은 미국과 일본이 주도하고 있는 상황

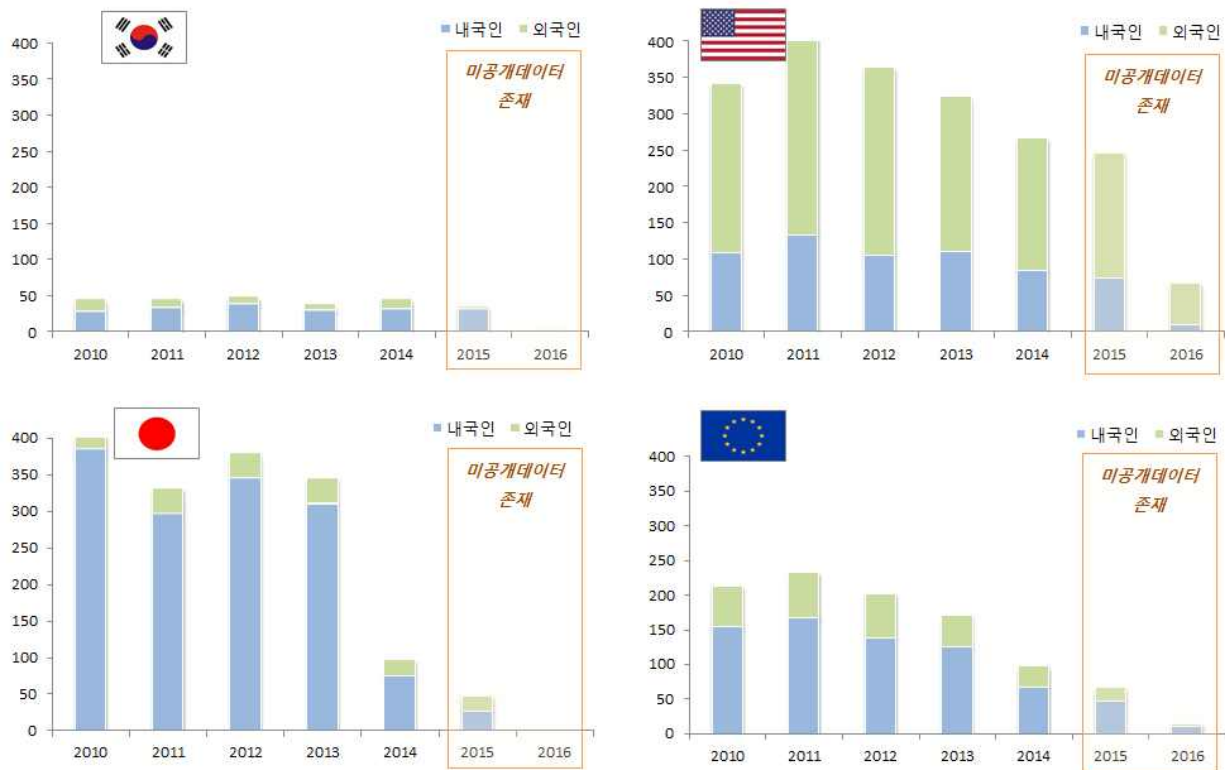


[ 고속/정밀 가공시스템 분야 연도별 출원동향 ]

11) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미 공개데이터가 존재하여 2015, 2016년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 전구간에서 꾸준한 출원량을 보이고 있으며, 외국인의 출원 비중 또한 일정한 수준을 유지하고 있음
- 미국의 출원현황을 살펴보면 '11년이후 감소세를 보이고 있으며, 외국인의 출원 비중이 전체구간에서 매우 높은 수준임
  - 외국인의 출원비중이 두드러지는 이유를 살펴보면 고속/정밀 가공시스템 기술의 미국 시장에 대한 외국인의 선호도가 지속되고 있는 것으로 추정
- 일본의 출원현황은 전반적으로 감소하고 있는 것으로 나타났으며, 출원인 대부분이 자국 출원으로 일본 내의 기술력이 우수한 것으로 추정
- 유럽의 출원현황은 지속적으로 소폭 감소되고 있는 추세를 보이고 있으며, 외국인 출원 비중이 어느 정도 유지되고 있음



[ 국가별 출원현황 ]

### (3) 투입기술 및 융합성 분석

- 고속/정밀 가공시스템 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code<sup>12)</sup>를 통하여 살펴본 결과 고속/정밀 가공시스템 분야의 가장 높은 IPC는 B23Q 기술분야가 1,548건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 G05B가 629건, B23B가 556건으로 다수를 차지
  - 이외에 G06F 393건, B24B 152건, B23C 141건, G01B 125건, G06Q 104건, H04L 93건, B25F 89건 순으로 기술이 투입되어 있어 고속/정밀 가공시스템 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 B23B 기술분야의 수명이 13.18년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, G06Q 기술분야는 3.56년으로 가장 짧은 것으로 분석

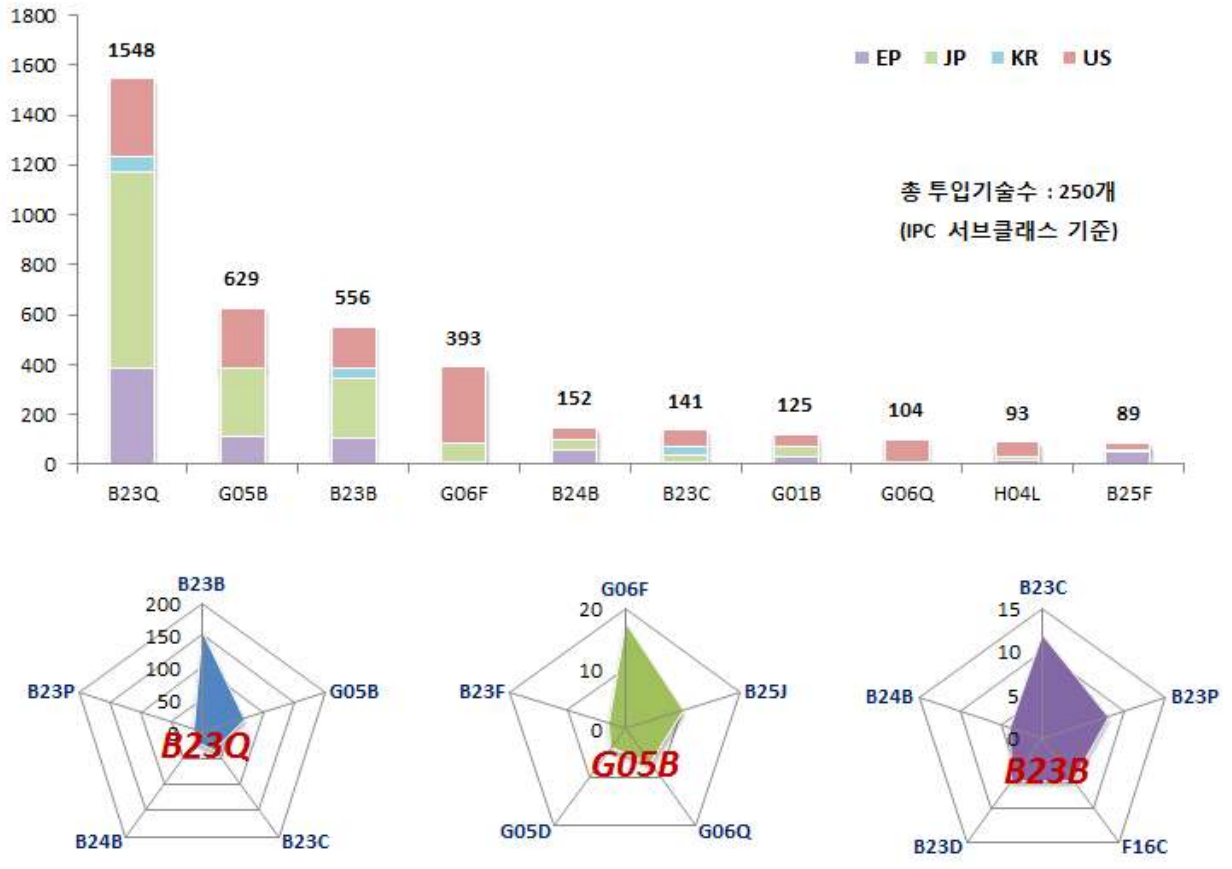
[ 고속/정밀 가공시스템 분야 상위 투입기술 ]

IPC	기술내용	특허인용수명(TCT) <sup>13)</sup>
B23Q	공작 기계의 세부, 구성부분, 또는 부속 장치	10.59년
G05B	제어계 또는 조정계 일반; 이와 같은 계의 기능요소; 이와 같은 계 또는 요소의 감시 또는 시험장치	7.90년
B23B	선삭; 보오링	13.18년
G06F	전기에 의한 디지털 데이터처리	7.31년
B24B	연삭 또는 연마하기 위한 기계, 장치 또는 공정; 마모면의 드레싱 또는 정상화; 연삭제, 연마제 또는 래핑제의 공급	9.37년
B23C	밀링	11.34년
G01B	길이, 두께 또는 유사한 직선치의 측정; 각도의 측정; 면적의 측정; 표면 또는 윤곽의 불규칙성 측정	9.68년
G06Q	관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 데이터 처리 시스템 또는 방법; 그 밖에 분류되지 않는 관리용, 상업용, 금융용, 경영용, 감독용 또는 예측용으로 특히 적합한 시스템 또는 방법	3.56년
H04L	디지털 정보의 전송	6.94년
B25F	달리 분류되지 않는 조합 공구 또는 다목적 공구; 작업에 특별히 관련되어 달리 분류되지 않는 휴대용 동력 구동 공구의 세부 또는 요소	11.00년

12) 전세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)를 통해 특허정보 기술분야에서 공지 기술을 조사할 수 있으며, 기술 및 권리정보에 용이하게 접근 가능

13) 특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

- 투입기술이 가능 많은 B23Q 분야와 융합이 높게 이루어진 기술은 B23B 분야로 나타났으며, G05B, B23C 분야와도 나타 융합된 기술의 건수가 높은 것으로 분석
- 이외에 G05B 분야기술은 G06F, B25J, G06Q 분야와 융합된 기술이 많은 것으로 나타났으며, B23B 분야와 융합된 기술은 B23C, B23P, F16C 기술로 분석



[ 고속/정밀 가공시스템 분야 IPC 기술 및 융합성 ]

#### (4) 주요출원인 분석

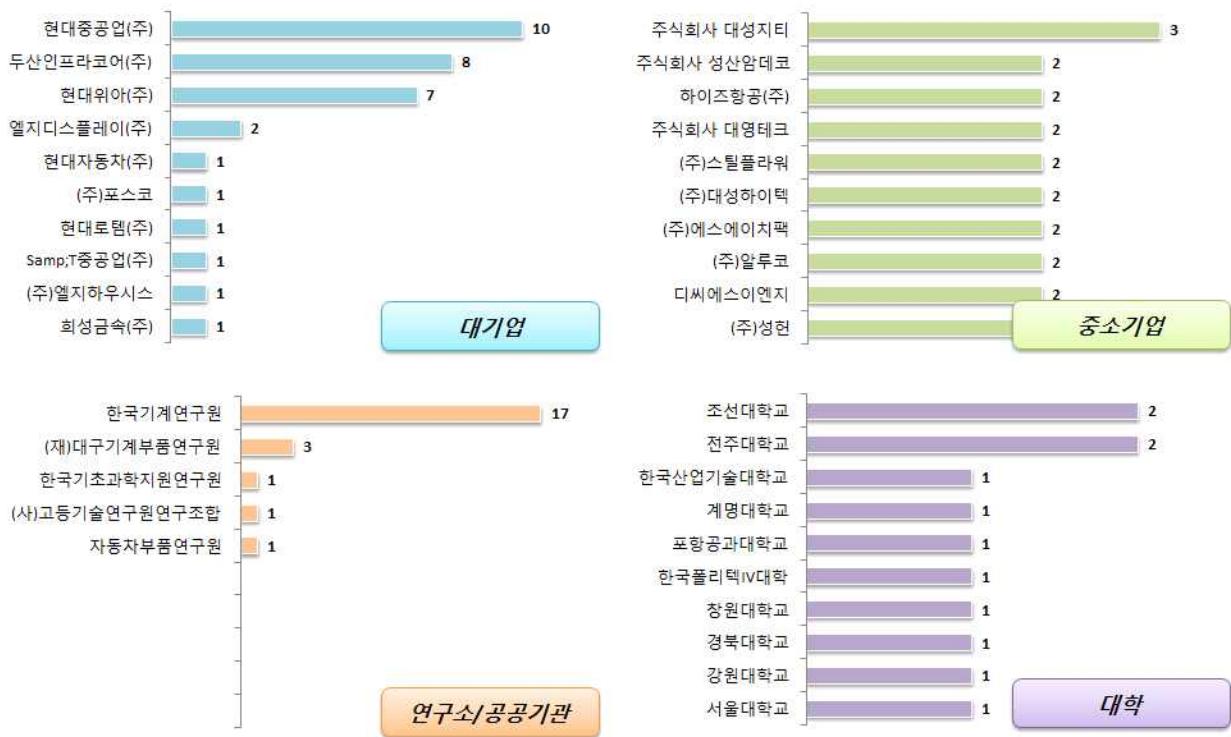
- 세계 주요출원인을 살펴보면 주로 일본의 출원인이 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났으며, 제철, 자동차 분야의 출원인이 대부분
- 주요 일본 출원인을 살펴보면 FANUC LTD, MORI SEIKI CO LTD, OKUMA MACHINERY WORKS LTD, JTEKT CORP, TBROTHER IND LTD 등의 출원인이 다수 출원을 하고 있는 것으로 나타났으며, 이들 일본 출원인은 주로 일본 본국에 출원건수가 높은 것으로 나타남
- 가장 많은 특허를 보유하고 있는 FANUC LTD의 3극 패밀리수가 246건으로 다국적으로 시장을 확보하며 출원을 하고 있는 것으로 보이며, MORI SEIKI CO LTD도 176건으로 다국적 시장을 확보
- 독일 기업인 DECKEL MAHOI 확보한 특허의 피인용지수가 0.43로 가장 높게 나타나 기술의 파급성이 높은 원천기술을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

[ 주요 출원인의 출원현황 ]

주요출원인	국가	주요 IP시장국 (건수 %)					3극 패밀리 리수 (건)	피인용 지수	주력기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시 장국 종합			
FANUC LTD	일본	0	153	137	0	미국	246	0.29	초고속 가공시스템 다축/다기능 가공시스템 난삭재 가공시스템
		0%	53%	47%	0%				
ROBERT BOSCH	독일	0	129	6	129	미국, 유럽	34	0.12	초고속 가공시스템 난삭재 가공시스템
		0%	49%	2%	49%				
MORI SEIKI CO LTD	일본	0	62	80	23	일본	119	0.3	다축/다기능 가공시스템 난삭재 가공시스템
		0%	38%	48%	14%				
OKUMA MACHINERY WORKS LTD	일본	0	45	103	1	일본	73	0.3	다축/다기능 가공시스템
		0%	30%	69%	1%				
JTEKT CORP	일본	0	29	86	29	일본	80	0.19	초고속 가공시스템
		0%	20%	60%	20%				
BROTHER IND LTD	일본	2	1	126	9	일본	2	0.05	다축/다기능 가공시스템
		1%	1%	91%	7%				
MAKINO MILLING MACHINE	일본	0	34	37	36	일본	63	0.07	초고속 가공시스템
		0%	32%	35%	34%				
MITSUBISHI HEAVY IND LTD	일본	0	27	63	13	일본	20	0.08	다축/다기능 가공시스템
		0%	26%	61%	13%				
DECKEL MAHO	독일	0	36	21	33	미국	90	0.43	다축/다기능 가공시스템
		0%	40%	23%	37%				
TOSHIBA KK	일본	2	11	73	1	일본	6	0.11	초고속 가공시스템
		2%	13%	84%	1%				

### (5) 국내 출원인 동향

- 국내 출원인 동향을 살펴보면 대기업은 현대중공업의 출원건수가 가장 높게 나타났으며, 중소기업에서는 주식회사 대성지티의 출원건수가 높게 나타남
  - 대기업의 주요 출원인은 현대중공업, 두산인프라코어, 현대위아, 엘지디스플레이 등이 있으며, 중소기업의 주요 출원인은 대성지티, 성산암테크, 하이즈항공, 대영테크 등이 주요 출원인인 것으로 나타남
- 기업 이외의 주요출원인을 살펴보면 한국기계연구원, 대구기계부품연구원, 한국기초과학지원연구원 등 연구소/공공기관의 출원이 조사되었으며, 대학은 조산대학교, 전주대학교, 한국산업기술대학교, 계명대학교 등의 출원이 나타남



[ 국내 주요출원인의 출원 현황 ]

## 5. 중소기업 환경

### 가. 중소기업 경쟁력

- 국내 절삭공구 시장은 난삭재 가공시스템 분야를 제외하고는 대기업 위주의 참여
  - 또한 국내 공구업체는 공구 원자재의 해외수입 의존도가 매우 높고 영세하여 주로 초경 엔드밀과 코팅공구에 집중하고 있어 해외 선진국과의 격차 존재
  - 신소재 및 난삭재 가공기술의 경우, 원천기술 부족으로 글로벌 트렌드에 발빠르게 대응이 되지 않고 있는 상태
  - 두산인프라코어는 세계 공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스턴, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
  - 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 중소기업 현황 ]

기술 분류	주요 기술	대기업	중소기업	중소기업 참여영역	중소기업 참여정도
초고속 가공시스템		두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론, 대우합기계, 성보정공, 세미콘오도, 하림가공	한국정밀, SKEM, 세스코, 대영, 한국정밀, 기흥기계, 엘엠에스, 동신프레스, 우진플라임	고속 가공기용 등 특성 향상 기술, 리니어 모터를 이용한 고속 이송시스템, 고속 가공기용 모터 및 드라이브 기술 등	①
다축/다기능 가공시스템	대형공작기계 연삭장비 요소부품 가공 프레스 가공 성형 가공장비 등	두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론	한국정밀, SKEM, 세스코, 대영, 한국정밀, 기흥기계, 엘엠에스, 동신프레스, 우진플라임	능동형 다축 오차 보정 기술, 복합 터렛 기술 등	①
난삭재 가공시스템		두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론	나노테크, 챔프다디아, 아에코, 윈엔텍코리아, 우남산업	친환경 난삭재 가공기술, 레이저 및 플라즈마 보조 가공	②

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계: ◐, ◑, ◒ 높은 단계: ◓)

## 나. 중소기업 기술수요

- 고속/정밀 가공시스템 분야의 중소기업의 기술수요를 파악하기 위하여 중소기업 기술수요조사 및 중소기업청 R&D신청과제(2013~2015년)를 분석한 결과 아래 표의 내용과 같은 수요들이 다수 있는 것으로 분석
  - 고속/정밀 가공시스템 분야에서 중소기업은 관련 응용기술개발에 다수 수요가 있는 것으로 나타남

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 과제신청현황 및 수요조사결과 ]

전략제품	기술 분류	관심기술
고속/정밀 가공시스템	고속·정밀복합 가공기계	12축 드릴머신, BLDC 모터를 이용한 고회력 마그네틱 드릴링머신, 정밀가공부품용 8축 CNC자동선반, 절단과 보링이 자동으로 시행되는 CNC 머신, 고속 및 정밀가공용 호빙머신, 초고속 스피들 장착 지반 천공용 수평 보링머신, 원격 지원 가능 CNC 동기 5축 공구 연삭기, 정밀제어형 2헤드 복합형 브로칭 머신, 풍력발전기 Tower Ring 가공용 대형수직선반, 고경도 제품 가공용 고속절삭 호빙 머신 기술 등
	공구	CNC Drill Machine 스피들 속도 개선 기술, 백페이스 활용 보링공구장치, 탁상용 드릴/탭핑머신 주축스피들 간편속도제어 무단변속기구, 고속 보링 주축 어셈블리 유닛, CNC 선반의 깊은 홈 가공용 공구 진동 방지용 홀더 기술, 초고속/초정밀 에어베어링을 적용한 공작기계용 ATC 에어스피들, 밀링가공용 소재장착을 위한 Multi Stamping unit 등
	가공 공정 개선	흡음제 보링공정에 대한 드릴방식에서 펀칭방식으로의 공정개선 기술, 초정밀 성형연삭 드레서 개발을 통한 제조공정과 품질 개선 기술, 가공 공정의 ACE(Automatic, Clean, Easy)운영을 위한 최적의 머시닝 개발 및 가공 공정 개선 기술 등



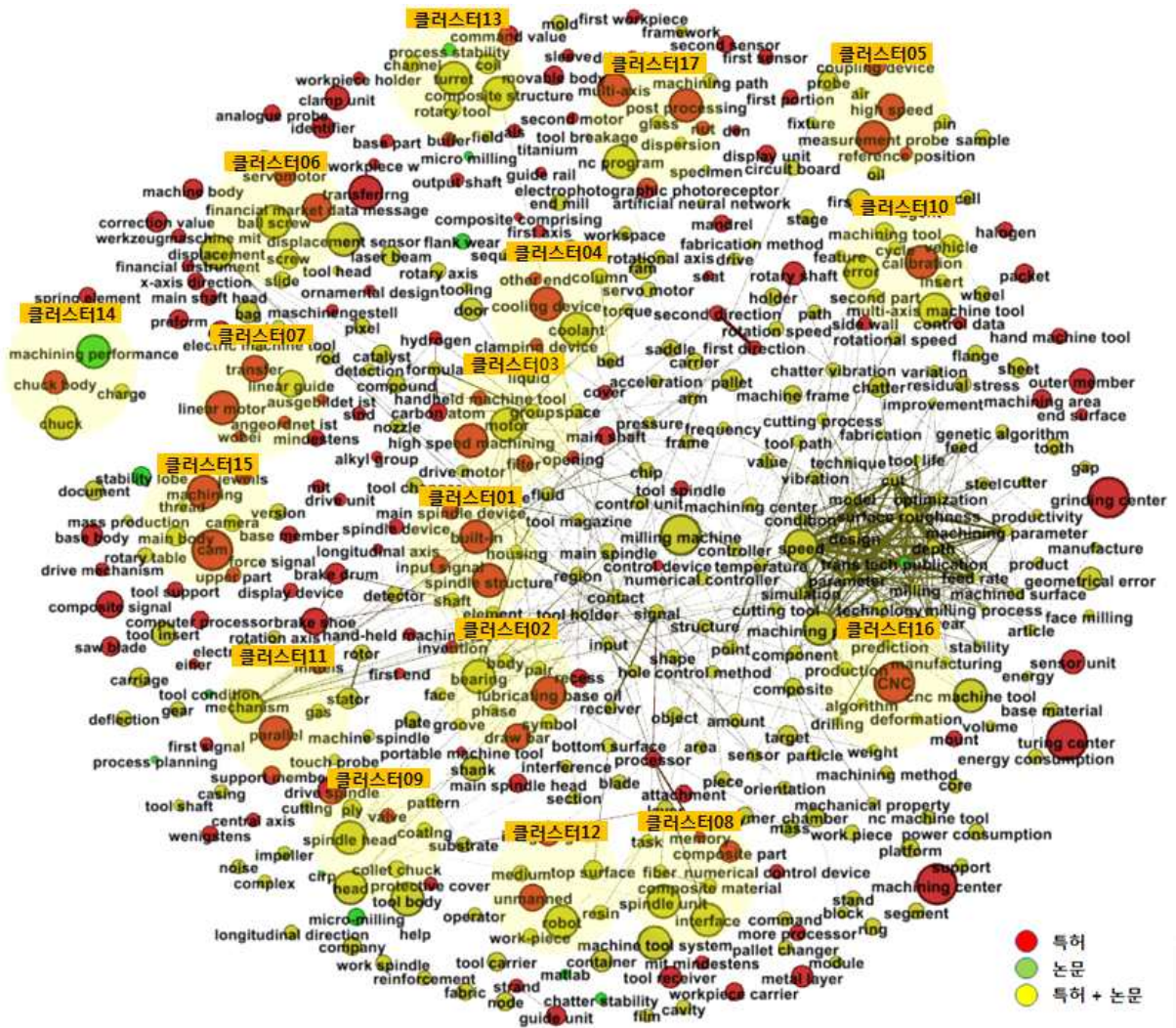
## 다. 중소기업 핵심기술

### (1) 데이터 기반 요소기술 발굴

- 고속/정밀 가공시스템 분야의 특허 및 논문데이터 검색을 통해 도출된 유효데이터를 대상으로 데이터마이닝 기법(Scientometrics 기법)을 통해 클러스터링된 키워드의 연관성을 바탕으로 요소기술 후보군을 도출
  - 고속/정밀 가공시스템 분야의 특허 및 논문 유효데이터를 기반으로 키워드 클러스터링을 통하여 요소기술 후보군을 도출
  - 제품별 dataset 구축 : 고속/정밀 가공시스템 분야 관련 특허/논문 데이터를 추출하여 노이즈 제거 후 제품별 dataset 구축
  - 1차 클러스터링 : 키워드 맵을 통한 고빈도 키워드 확인-빈도수(tf-idf)<sup>14)</sup>가 상위 30%에 해당하는 키워드를 대상으로 1차 추출
  - 2차 클러스터링 : 1차 클러스터링에서 추출된 고빈도 키워드 사이에서 고연관도 키워드를 2차 추출 (고연관도 기준은 연관도수치<sup>15)</sup>가 일정수준 이상인 클러스터로 제한)
- 다음 그림은 키워드 간 연관네트워크를 시각화한 것으로, 각 키워드를 나타내는 원과 키워드 간의 연관도를 나타내는 직선으로 구성
  - 각 키워드가 특허와 논문 중 어느 데이터에서 도출되었는지 원의 색으로 구분하였으며, 키워드로 도출된 클러스터는 황색음영으로 표시
  - 키워드를 나타내는 원은 고빈도의 키워드일수록 원의 크기가 크게 표현되며, 연관도를 나타내는 선은 키워드 사이의 연관도수치가 높을수록 굵게 표현
- 고속/정밀 가공시스템 분야 전략제품의 특허·논문 유효데이터에 대하여 키워드 클러스터링 결과를 기반으로 요소기술 도출
- 데이터 기반의 요소기술 도출은 키워드 클러스터링을 통해 도출된 요소기술에 대하여 전문가의 검증 및 조정을 통하여 요소기술을 도출

14) 빈도수(tf-idf) : 각 키워드가 출현되는 특허 또는 논문수를 의미

15) 연관도수치: 두 개 이상의 키워드 사이의 특허 또는 논문수를 의미



[ 고속/정밀 가공시스템 분야 키워드 클러스터링 ]

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 주요 키워드 및 관련문헌 ]

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 01	Built-in, spindle	10~15	1. MAIN SPINDLE DEVICE OF MOTOR BUILT-IN SYSTEM AND MACHINE TOOL INCLUDING THE SAME 2. Built-in type Vision Based Inspection Tool for Autonomous Setting of Machining Origin
클러스터 02	bearing, lubrication	14	1. Lubricant control device for machine tools and the driving method thereof 2. BEARING APPARATUS FOR MACHINE TOOLS 3. ROLLING BEARING AND SPINDLE DEVICE FOR MACHINE TOOL
클러스터 03	high-speed, motor, machining	12~18	1. MACHINE TOOL AND MOTOR CONTROL METHOD 2. Adapter for a motor-driven machine tool with a rotatably driveable tool 3. MOTOR SPEED CONTROLLER

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 04	high-speed, cooling system, machining	10~12	1. LINEAR MOTOR COIL ASSEMBLY COMPRISING COOLING DEVICE 2. MACHINE TOOL INCLUDING COOLANT APPARATUS 3. Optimizing end-milling parameters for surface roughness under different cooling/lubrication conditions
클러스터 05	high-speed, measurement, machining	10~15	1. METHOD FOR MEASURING TOOL DIMENSION, MEASUREMENT DEVICE, AND MACHINE TOOL 2. In situ non-contact measurements of surface roughness 3. Study on high-speed on-machine measurement of deep-hole accuracy
클러스터 06	ball screw, transferring	14~17	1. The thermal characteristics of the ball screw feed system on a gantry machine tool 2. Thermal displacement correction device of machine tools ball screw using cylindrical capacitor displacement sensor and method thereof
클러스터 07	linear motor, transferring	12~15	1. LINEAR DRIVE UNIT HAVING LINEAR MOTOR AND MACHINE TOOL 2. Reliving lathe that linear motor for cutting control of cutting tool is preloaded
클러스터 08	spindle, tool, interface	14~18	1. INTERFACE SYSTEM OF INDUSTRIAL MACHINE 2. spindle interface grinding device 3. INTERFACE SYSTEM FOR MACHINE TOOL
클러스터 09	multi, spindle head	14~15	1. MACHINE TOOL HAVING A MULTIPLICITY OF STATIONARY TOOL SPINDLES 2. MULTI-SPINDLE MACHINE TOOL
클러스터 10	multi-axis, error, calibration	15~17	1. NUMERICAL CONTROL DEVICE FOR MULTIPLE SPINDLE MACHINE TOOL INCLUDING WORKPIECE INSTALLATION ERROR CORRECTION SECTION 2. Error calibration technique of laser tracker and its application
클러스터 11	parallel mechanism, machining	15	1. The kinematical performance analysis of a kind of parallel turning-grinding machine 2. PARALLEL PROCESSING APPARATUS USING MULTIPROCESSOR
클러스터 12	robot system, unmanned	36	1. Unmanned system for a machine tool using a mobile robot 2. Robot system using robot to load and unload workpiece into and from machine tool
클러스터 13	complex, turret, machining	10~15	1. Machine tool with tool changing system with turret arrangement 2. METHOD FOR MANAGING TURRET TOOLS BY USING VISUAL INFORMATION FOR MACHINE TOOL 3. AUTOMATIC REVOLVING TYPE TURRET DEVICE FOR MACHINE TOOL

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 14	chucking, machining	14	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CHUCK DEVICE AND MACHINE TOOL HAVING THE SAME</li> <li>2. Chuck-integrated force-measuring system</li> <li>3. Machine tool with spindle chuck replacing function</li> </ol>
클러스터 15	cam, machining	12~18	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CAMSHAFT WITH AN AXIALLY DISPLACEABLE CAM PACK</li> <li>2. Evaluation of toolpath quality: User-assisted CAM for complex milling processes</li> <li>3. Research on dynamic performance of milling system for parallel indexing cam contour milling</li> </ol>
클러스터 16	CNC, computer, combined	10~12	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Advanced CNC programming methods for multi-axis precision machining</li> <li>2. The design of multi-function CNC ultrasonic machine tools</li> </ol>
클러스터 17	multi-axis, NC, post-processi ng	15~17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realization of the postprocessor of intelligent turning-milling combined machining cell based on UG NX</li> <li>2. Creating a multi-axis machining postprocessor</li> <li>3. The development and research of special postprocessor for DMU125FD machining center</li> </ol>

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 데이터 기반 요소기술 ]

No	요소기술명	키워드
요소기술01	고속 가공기용 빌트인 스피들(Built-in Spindle)의 구조 기술	Built-in, spindle
요소기술02	하이 리드 볼 스크루를 이용한 고속 이송시스템	high lead, ball screw, transferring
요소기술03	리니어 모터를 이용한 고속 이송시스템	linear motor, transferring
요소기술04	스핀들-공구 인터페이스기술	spindle, tool, interface
요소기술05	고속 다기능/멀티 주축 시스템	multi, spindle head
요소기술06	능동형 다축 오차 보정 기술	multi-axis, error, calibration
요소기술07	병렬기구 응용 복합화 기술	parallel mechanism, machining
요소기술08	복합가공기용 로봇 결합 무인 시스템	robot system, unmanned
요소기술09	복합 터렛 기술	complex, turret, machining
요소기술10	원척킹 가공 기술	chucking, machining
요소기술11	복합가공용 CAM 기술	cam, machining
요소기술12	다계통 CNC 기술	CNC, computer, combined
요소기술13	다축 가공용 NC 데이터 후처리 기술	multi-axis, NC, post-processing

## (2) 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 요소기술 도출 ]

분류	요소기술	출처
이송시스템	고속 가공기용 동 특성 향상 기술	특허분석, 전문가, 타부처 로드맵
	하이 리드 볼 스크루를 이용한 고속 이송시스템	특허분석, 전문가, 기업니즈
	리니어 모터를 이용한 고속 이송시스템	특허분석, 전문가, 타부처 로드맵
주축 시스템	고속 가공기용 빌트인 스피들(Built-in Spindle)의 구조 설계 기술	특허분석, 전문가
	고속 가공기용 베어링 윤활 기술	특허분석, 전문가
	고속 가공기용 모터 및 드라이브 기술	특허분석, 전문가
	고속 가공기용 냉각시스템	특허분석, 전문가
	고속 가공기용 측정 시스템	특허분석, 전문가
	스핀들-공구 인터페이스기술	특허분석, 기업니즈
	고속 다기능/멀티 주축 시스템	특허분석, 전문가, 타부처 로드맵
	능동형 다축 오차 보정 기술	특허분석, 전문가, 타부처 로드맵
	병렬기구 응용 복합화 기술	특허분석, 전문가, 타부처 로드맵
	복합가공기용 로봇 결합 무인 시스템	특허분석, 전문가
	복합 터렛 기술	특허분석, 전문가, 타부처 로드맵
	원척킹 가공 기술	특허분석, 전문가
	복합가공용 CAM 기술	특허분석, 전문가
	수치 제어 시스템	다계통 CNC 기술
다축 가공용 NC 데이터 후처리 기술		특허분석, 전문가

### (3) 핵심기술 선정

- 확정된 요소기술을 대상으로 산·학·연 전문가로 구성된 핵심기술 선정위원회를 통하여 중소기업에 적합한 핵심기술 선정
- 핵심기술 선정은 기술개발시급성(10), 기술개발파급성(10), 단기개발가능성(10), 중소기업 적합성 (10)을 고려하여 평가

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
이송 시스템	고속 가공기용 동 특성 향상 기술	고속 가공기계의 열적 안정성 및 구조적인 동 특성을 향상시키기 위한 기술
주축 시스템	고속 가공기용 베어링 윤활 기술	고속 운전을 위해 회전 주파수를 고려하여 적절한 윤활방식을 적용하는 기술
	고속 가공기용 빌트인 스피들(Built-in Spindle) 구조 설계 기술	가공속도를 향상시키기 위해 공작기계에 모터와 스피들이 일체형 구조로 되어 있는 빌트인 스피들을 적용하여 고속 가공기 제조를 향상시킨 기술
	고속 다기능/멀티 주축 시스템	고속 가공기에 적용 가능한 다기능의 주축
	능동형 다축 오차 보정 기술	센서 등을 이용하여 축의 방향, 위치 등의 오차를 능동적으로 보정하는 기술
	복합 터렛 기술	여러개의 터렛이 각각 작동 및 동기화할 수 있는 기술

## 6. 기술로드맵 기획

### 가. 고속/정밀 가공시스템 기술로드맵

- 최종 중소·중견기업 기술로드맵 은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

고속정밀 가공시스템 중소기업형 기술로드맵					
Time Span	2017	2018	2019	최종목표	
연도별 목표	안정성향상	고속다기능주축시스템 기초기술 확보	고속다기능주축시스템 검증및구축	고속정밀가공시스템 원천기술 확보	
고속정밀가공시스템 핵심기술	이송 시스템	고속가공기용 동특성 향상기술			열적안정성및 구조적동특성향상
	주축 시스템	고속가공기용 베어링 윤활기술	고속가공기용 빌트인 스피들 구조설계기술	고속 다기능샐티 주축시스템	능동형 고속 다기능주축시스템 구축
		능동형 다축 오차보정 기술			
기술/시장 니즈	안정성 확보	고속/정밀/복합		충돌방지/오차보정	



## 나. 연구개발 목표 설정

- 로드맵 기획 절차는 산·학·연 전문가로 구성된 로드맵 기획위원회를 통해 선정된 핵심기술을 대상으로 기술요구사항, 연차별 개발목표, 최종 목표를 도출

[ 고속/정밀 가공시스템 분야 핵심기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
이송시스템	고속 가공기용 동특성 향상 기술	급속이송속도 (m/min)	120	145	160	160
		최대가속도 (G)	2	2.5	3	3
		이송속도/분할정밀도(°)	80	85	90	90
주축시스템	고속 가공기용 베어링 윤활 기술	윤활방식	고정형	가변형	능동가변형	능동가변형
		회전지수 (DmN)	300만	320만	370만	370만
		소음 (dB)	60	55	55	55
	고속 가공기용 빌트인 스피들(Built-in Spindle)의 구조 설계 기술	고속 주축 경강성 (N/μm)	30	30	30	30
		회전수 (rpm)	30,000	32,000	35,000	35,000
		회전정밀도 (μm)	1	0.8	0.5	0.5
	고속 다기능/멀티 주축 시스템	Built-in Turret 주축 회전수 (rpm)	13,000	17,000	20,000	20,000
		다기능/멀티 주축의 효율 (kW)	20	25	30	30
		주축런아웃 (μm)	5	3	2	2
	능동형 다축 오차 보정 기술	보정축수	3	4	5	5
		능동보정 축정밀도 (μm)	±5	±3	±2	±2
		보정 가공형상정밀도 (μm)	±10	±7	±5	±5

	복합 터렛 기술	복합 터렛 공정수	2	2	3	3
		터렛별 반복정밀도	3	2	1	1
		터렛 간 공간오차 정밀도 ( $\mu\text{m}/\text{mm}^2$ )	4	3	2.5	2.5
수치제어 시스템	다계통 CNC 기술	동시제어 계통(Path) 동시제어 축 (Feed axis + Spindles)	3 16	8 24	10 32	10 36
		보간 및 서보제어주기 (ms/us)	0.5/50	0.4/40	0.25/25	0.25/25
		허용 이송속도(m/m in) 및 가속도(G)	150/2	175/2.5	200/3	200/3
	다축 가공용 NC 데이터 후처리 기술	NC 데이터 표면 해석 정확도 (%)	75	80	90	90
		가공공정 최적화를 통한 공정향상율 (%)	10	12	17.5	17.5
		후처리 자동화율 (%)	70	80	90	90







# 하이브리드 가공시스템

## 정의 및 범위

- 기존 가공시스템에 레이저, 초음파, 에너지빔 등을 융합하여 가공효율을 극대화하고 다품종 소량 생산에 따른 수요자 맞춤형 생산 및 다목적 최적화하며, 고세장비의 증대 및 가공면의 평탄화를 기대할 수 있는 가공시스템을 의미
- 레이저 보조 가공시스템, 초음파 하이브리드 가공시스템 및 고에너지빔융합 가공시스템 등 포함

## 정부지원 정책

- 기술로드맵 수립 및 R&D 투자 규모를 꾸준히 늘리며 관련 산업을 지원
- 해외 의존도가 매우 높은 국산화 필요 기술뿐만 아니라 미래 핵심동력 및 신산업을 발굴하여 연구 개발에 집중 투자 및 지원
- 중소·중견기업을 위한 R&D 기회를 확대하여 히든 챔피언을 육성하는 등 중소기업의 기술력 확보 및 국내외 시장진출 확대를 건인
- 정부 R&D 사업으로는 양산라인에 적용 및 상품화가 쉽지 않음과 동시에 기초원천기술 연구 또한, 외면되고 있어 R&D 하부구조가 취약

## 중소기업 시장대응전략

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>최대 생산국인 일본과 대비 가격경쟁력 유지</li> <li>대만등 개도국에 비해 품질, 성능 우수</li> <li>IT산업의 발달로 인터넷 기반 기술 확보</li> <li>적극적인 기술개발 노력 및 지원</li> <li>경쟁국에 비해 생산 및 조립 기술 세계수준 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>핵심부품인 NC장치, 서보모터 등을 경쟁국에 의존</li> <li>국내시장 협소로 기업간 경쟁 치열</li> <li>경쟁국에 비해서 국제적인 판매 및 A/S망 취약</li> <li>기술 및 기능인력 부족</li> </ul>
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 등 선진국의 세계시장 내수기반 확충</li> <li>중국의 설비수요 확대 및 WTO 가입후 시장 진입 장벽 완화</li> <li>IT관련 금형산업 수요 및 자동차부품 수출 확대</li> <li>일본의 장기불황과 이에 따른 일본 업계의 경영 환경 악화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>후발경쟁국인 대만과 중국의 급속한 추격</li> <li>일본의 경기 장기침체에 따른 적극적인 한국시장 진출 노력</li> <li>선진국의 고급기술 이전기피</li> </ul>

## 중소기업의 시장대응전략

- 정부의 R&D 전략 수립 및 연구 자금 확대로 공작기계 분야는 꾸준히 성장
- IT융합 기술 및 서비스 기술의 확보로 High-tech 장비로의 전환
- 다품종 소량제품에 대응하기 위한 유연생산시스템 기술 확보로 국내외 가공시장 확대 필요

핵심기술 로드맵

하이브리드 가공시스템 기술의 중소기업형 기술로드맵

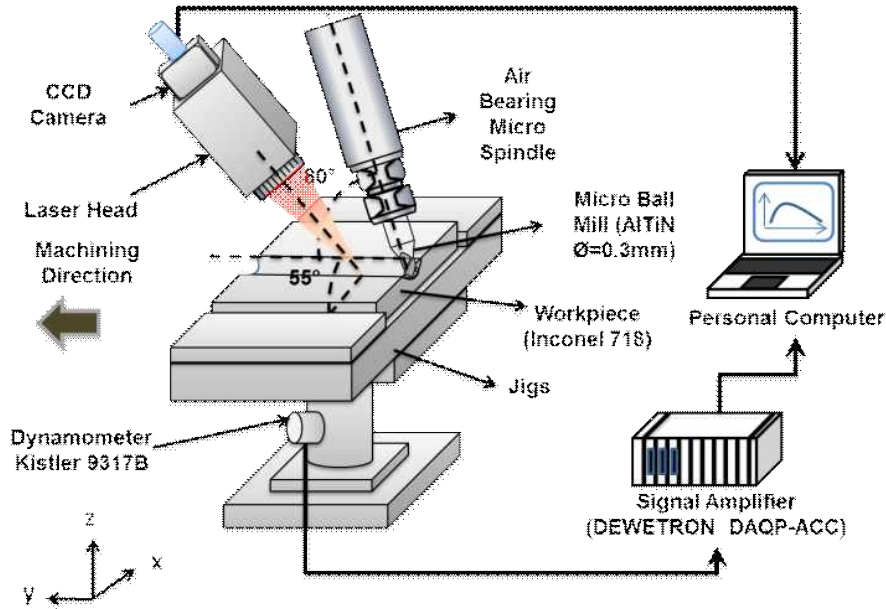
Time Span		2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표		연삭연마의고속화	다중가공기술개발	가공효율성향상	다양한 재료의가공이가능하고 효율가공시스템
하이브리드 가공시스템 핵심기술	다공정 가공 시스템	MultiGrinding 공정 및 시스템 기술 초고속 연삭연마 시스템 기술 고효율 연삭 공정 및 시스템 기술 최대형 (다축) 가공시스템 기술			가공물의 동시 또는 복합 가공 시스템 개발
	하이브리드 가공 시스템	초음파 응용 절연삭 시스템 기술 고속 하이브리드 레이저 가공 시스템 기술			특수 방법을 이용한 가공 시스템
기술/시장 니즈		가공 시스템의 속도 향상	가공 시스템의 에너지 소비 절감	다양한 재료의 가공이 가능한 시스템	

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

- 레이저 보조가공(laser assisted machining)은 취성 재료를 레이저 열원을 통해 예열하고 연화된 부위를 절삭하는 가공방법이며, 비 접촉 가공, 최소 열 영향부, 가공의 유연성 등의 특징으로 여러 가공분야에 적용범위가 확대 중
- 하이브리드 가공이란 다른 원리를 가진 복수의 가공을 수행하는 복합가공으로서 절삭가공에 연삭이나 연마가공을 조합하거나 가공 후에 열처리 및 접합 절단작업을 할 수 있는 레이저 기능을 부가한 것과 가공과 조립을 동시에 실시할 수 있는 것 등으로 발전
  - 선삭기능과 밀링기능에 기어가공 기능 등을 부가한 복합가공기나 레이저와의 복합화로써 연삭가공 기능과 레이저 열처리 기능을 탑재한 복합선반 등도 개발
- LAM(Laser-Assisted Machining, 레이저 보조 가공)은 고출력 레이저의 발전과 활용 가능성의 증가에 따라 난삭재 가공에서 크게 주목받고 있으며 연평균 10% 이상의 고성장을 이루고 있는 가운데, LAM은 세계적으로 대부분 선삭공정에 적용되고 있으며, 마이크로 엔드밀에 일부 적용되고 있음
  - 레이저 보조 가공법은 레이저로 인한 비접촉 가공 및 최소 열영향부를 가지는 장점과 가공 시 재료를 높은 온도로 연화시킬 수 있어, 선삭 또는 밀링가공 할 때 미리 재료를 예열을 하여 가공툴의 수명을 연장, 가공 절삭력 감소, 가공품질 향상 등의 장점 존재
  - 캐나다의 Bejjani는 복합재료의 선삭가공에 LAM 기술을 성공적으로 적용하였고 미국 Purdue대학의 Shin은 세라믹과 티타늄 재료를 위한 LAM 공정 연구를 진행
  - 국내에서는 기계연구원, 대학(한국해양대, 국민대) 및 (주)아메코와의 공동연구로 레이저 복합가공기를 출시
- 초음파 보조 가공(ultrasonic assisted machining(UAM))은 공구에 수십 kHz 수준의 주파수와, 수 마이크로미터의 진폭을 부가하여 가공을 하는 방법으로 다양한 공법의 연성 및 취성 재료, 복합소재 및 세라믹 재료 가공에 적용





[ 레이저 보조 가공 시스템의 구성 ]

\* 출처 : 한국생산기술연구원

[ 레이저 보조 가공 시스템 ]

## 나. 범위

### (1) 제품분류 관점

- 하이브리드 가공 시스템의 세부 기술로는 레이저 보조 가공 시스템, 초음파 보조 가공 시스템 및 고에너지빔 융합 가공시스템으로 구분
  - 레이저 보조 가공 시스템은 세라믹 레이저 가공, 금속 및 복합재로 가공, 마이크로 밀링 가공 기술을 포함
  - 초음파 보조 가공 시스템은 공구를 진동시키는 진동자, 선반과 드릴 공정 기반의 가공 시스템, 밀링 공정 기반의 가공 시스템을 포함
  - 고에너지빔 융합 가공 시스템은 극초단 고에너지 빔 응용 초정밀 하이브리드 가공 시스템, 마이크로 방전 기반 하이브리드 다축 가공 시스템, 비전도성 하이브리드 가공기, PCD 마이크로 공구용 5축 CNC 공구연삭기를 포함

[ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
하이브리드 가공시스템	레이저 보조 가공	• 세라믹 레이저 가공, 금속 및 복합 재료 가공, 마이크로 밀링
	초음파 보조 가공	• 진동자, 선반과 드릴 공정 기반의 가공 시스템, 밀링 공정 기반의 가공 시스템
	고에너지빔 융합 가공	• 극초단 고에너지 빔 응용 초정밀 하이브리드 가공 시스템, 마이크로 방전 기반 하이브리드 다축 가공 시스템, 비전도성 하이브리드 가공기, PCD 마이크로 공구용 5축 CNC 공구연삭기

(2) 공급망 관점

- 하이브리드 가공시스템의 공급망 관점의 범위는 후방의 소재 산업과 전방의 대형부품, 정밀부품, 금형 등의 가공으로 구분
  - 대형부품의 하이브리드 가공은 대형 TV 패널, 조선, 플랜트, 건축 등에 사용되는 대형 부품의 정밀한 표면, 균일한 물성치를 유지하기 위한 가공기술이 요구되며, 정밀부품의 열처리는 정밀도, 저변형 등의 품질향상을 위한 기술이 요구
  - 금형의 하이브리드 가공은 수명향상, 저변형 등의 기술이 요구

[ 공급망 관점 기술범위 ]

전략제품	공급망 관점	세부기술
하이브리드 가공시스템	난삭재 가공	고주파 및 레이저 열원을 활용한 대형 부품의 국부 열처리 기술, 초대형 부품(직경 3m 이상) 열처리 기술, 대형물 ADI용 냉매 기술 등
	초정밀 가공	나노정밀도 운동요소 및 Hybrid 모듈 적용 시스템, 고에너지 빔 응용 Hybrid 가공시스템 장비, 방전기반 다축 초정밀 Hybrid 가공시스템 기술 등

## 2. 산업환경분석

### 가. 산업특징 및 구조

#### (1) 산업의 특징

- 레이저는 통신, 계측, 의료, 재료가공, 자동차, 조선, 항공우주, 전자, 반도체 등 매우 넓은 산업분야에 응용되었으며, 레이저는 1970년대 초 처음으로 재료가공분야에 적용됨. 1980년대부터는 미세가공분야에 응용되기 시작
- 산업 구조의 고도화와 제조업의 경쟁력강화를 실현하기 위한 핵심 산업으로 전후방 산업관련 효과가 매우 큼
- 레이저를 이용한 가공에서 직접 재료와 상호작용하는 것은 ‘빛’으로, 다른 가공법에서는 볼 수 없는 고분해능, 비접촉 원거리가공, 드라이공정 등의 장점이 존재
- 극초단 펄스 레이저를 이용한 미세가공은 열손상이 거의 없는 비열적(non-thermal) 가공으로, 펄스 폭이 극단적으로 짧기 때문에 레이저빔에 의한 열영향부를 최소화 할 수 있어 sub- $\mu\text{m}$ 급 가공이 가능
  - 극초단 펄스 레이저의 비선형(non-linear) 흡수현상으로 인한 재료 무의존성(independency)을 가지고 있어 레이저 파장에 상관없이 다양한 재료를 가공이 가능

#### (2) 산업의 구조

- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
  - 공작기계 투자수요를 유발시키는 연관성은 전방산업의 발전보다는 후방산업의 발전에 보다 큰 영향
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상

[ 하이브리드 가공시스템 분야 산업구조 ]

후방산업	하이브리드 가공시스템 분야	전방산업
부품소재, 철강, 공구업종 선반, 밀링, 엔지니어링 산업(CAD/CAM/CAE) 등	고속·복합 가공시스템, 초정밀 가공시스템, 하이브리드 가공시스템 등 정밀가공시스템	의료, 자동차, 항공, 전기전자, 반도체, 가전, 조선, 금형, 건축자재, 샤시, 파이프 등



\* 자료: 월간 기계기술기자, 2013년 2월호

[ 공구 산업 연관 산업 분야 ]

## 나. 경쟁환경

### ㉑ 세계업체 및 제품 현황

- 하이브리드 가공시스템은 하드터닝 등 공정레벨과 에너지절감 가공장비, 상위 가공Shop 레벨 에너지관리 등의 전반에서 활발한 연구가 진행 중이며, 특히 티타늄·CGI·CFRP 등 고경도/경량 신소재 관련 기술은 글로벌 3강 국가의 업체와 연구소·대학 중심으로 연구가 활발히 진행 중
  - 초음파를 사용하여 난삭재(타타늄, 세라믹) 가공 기술에 사용한 예는 선진국(독일)이외에는 거의 없는 초기 연구단계로 향후 자동차 시장, 의료시장 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 기술
- Mazak(일), DMG/Mori-Seiki 등 선진사는 단일 플랫폼에, One-Chucking Multi- Machining, Done-In-One(All-In-One) 등 융복합 장비를 개발하였고 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미(Assist)하여, 가공 품질과 생산성을 향상
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)에서 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통을 일체화된 복합가공기는 기존의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급
  - 최근의 고능률 복합화의 개념은 과거 이종 공정의 복합화(일체화)와 고속화를 떠나, 다양한 제품요구 변화에 대응할 수 시스템 변경·확장에 요구되는 Ramp-Up 시간을 최소화
- 난삭재 가공장비 업체인 MAG(프)는 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템 (through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도
  - 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- 독일의 Trumpf는 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 시장주도하고 독일외 EU·대만·미국 등 생산기지화로 글로벌 시장경쟁력 확보
- Fastems(핀), Mazak(일), DCT(독일) 등 FMS 가공시스템 제공 업체는 최근 장비, 유연 자동화 주변장치/셀, 운영·제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템 Turnkey 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화를 진행
  - 일본의 선도 공작기계 업체는 고객(사)에 납품된 기계·장비에 대한 토탈 A/S 지원을 위한 기계·장비 생산업체 서비스센터와 연결된 원격 A/S 네트워크 지원망 시범지원하고 있으며, 향후 실시간 장비 서비스 환경으로 진화될 것으로 전망

### ㉒ 국내업체 및 제품 현황

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며, 특히, 두산인프라코어와 현대위아는 국내 공작기계시장에서 점유율 1~2위를 다투며 국내 공작기계 산업을 주도
  - 두산인프라코어는 세계공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스턴, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공

- 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응
  - 두산인프라코어는 글로벌 금융그룹인 스탠다드차타드 산하 사모펀드 회사인 스탠다드차타드 프라이빗에쿼티를 공작기계 사업 부문 매각을 위한 우선협상대상자로 선정하여, 매각절차를 진행
- 국내 절삭공구 시장은 2.2조 원(2011)이며 꾸준히 시장이 확대되고 있으나 세계 절삭공구시장의 약 4.8%에 불과하며 세계시장 점유율은 3%로 세계 10위권 밖에 머무르고 있음
- 또한 국내 공구업체는 공구 원자재의 해외수입 의존도가 매우 높고 영세하여 주로 초경 엔드밀과 코팅공구에 집중하고 있어 해외 선진국과의 격차 존재
  - 원천기술 부족으로 글로벌 트렌드에 발빠르게 대응하지 못하고 있음(신소재 및 난삭재 가공기술)

[ 제품분류별 경쟁자 ]

구분	경쟁환경		
기술분류	레이저	초음파	고에너지
주요 품목 및 기술	대형공작기계, 연삭장비, 요소부품 가공, 프레스 및 성형 가공장비 등		
해외기업	DMG, Mori-Seiki, MAG, NTC, Precitech, Moore Nanotechnology, Kugler, FANUC, Nachi, Nagase	Mori-Seiki, MAG, NTC, Moore Nanotechnology, Kugler, FANUC, Nachi	Varian, Eaton, NEC, AFI, Spire, Implant Science Coporation, Ion Beam International
국내기업	두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론, 한국정밀, SKEM, 세스코, 대영, 한국정밀, 기흥기계, 엘엠에스, 동신프레스	두산인프라코어 현대위아, 화천기계, SIMPAC, LS엠트론, 한국정밀, 기흥기계, 엘엠에스, 우진플라임	삼성전자, 에이빔, 아이에스하이텍, 한빛레이저, 유토시스, 신품공정

## 다. 전후방산업 환경

- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상
- 산업연관표의 168 분류를 기준으로 할 때, 공작기계 주요 후방산업으로는 금속가공용 기계가 약 16%로 가장 큰 비중을 차지
  - 이는 공작기계산업의 발전을 위해서는 공작기계 자체의 경쟁기반이 전제되어야 함을 의미
  - 다음으로는 선철 및 합금철, 조강, 열간압연강재, 냉간압연강재, 주단강품, 기타 철강1차제품 등 철강 산업의 중간투입비율이 전체의 8.9%로 큰 비중을 차지
  - 이외에 의료 및 측정기기부문이 4.9%로 상당히 높게 나타났는데 이는 공작기계가 전반적으로 NC화 되면서 수치제어용 부품의 중요성이 큰 것을 의미



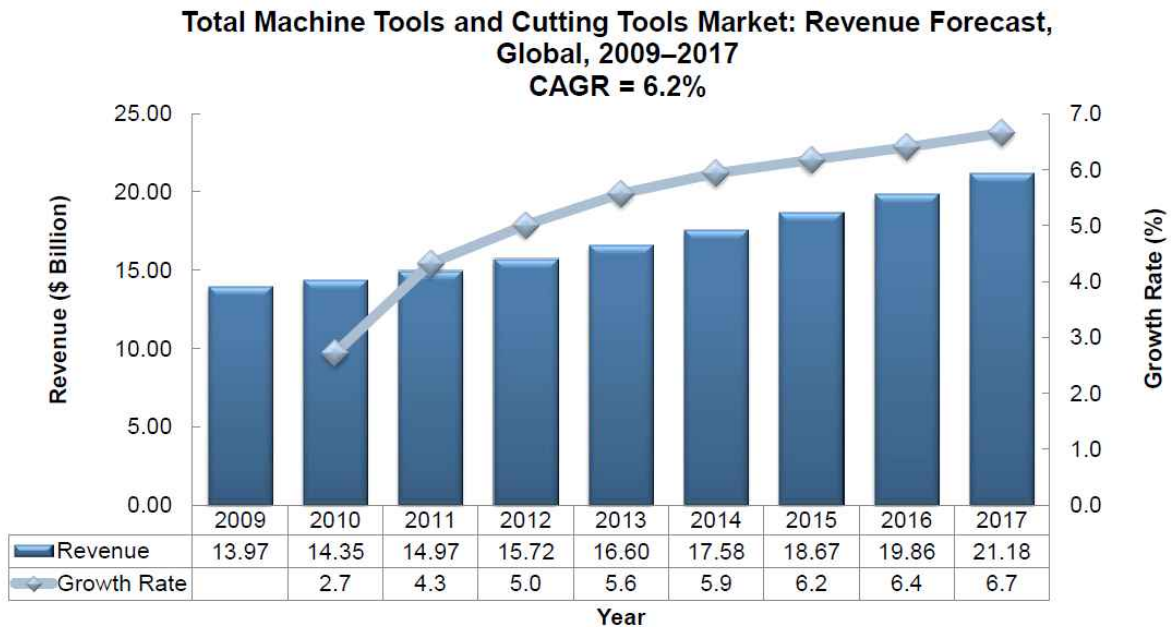
\* 자료: 월간 기계기술기자, 2013년 2월호

[ 공작기계산업의 전후방 연관산업 ]

### 3. 시장환경분석

#### 가. 세계시장

- 세계 가공공작기계업 시장은 2015년 약 180억 달러 규모에서 연평균 약 6.2%의 성장률을 기록하며 2017년에는 약 210억 달러 수준에 이를 전망



\* 자료: Frost & Sullivan analysis : Global Machine Tools and Cutting Tools Market

#### [ 전체 가공공작기계분야 시장현황 ]

- 초정밀 및 하이브리드 가공시스템 시장의 경우 2015년 256억 달러에서 2018년에는 387억 달러로 연평균 약 15%의 성장률을 유지할 것으로 예상

#### [ 하이브리드 가공시스템 분야의 세계 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만달러, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)	
세계 시장	초정밀 및 하이브리드	25,592	29,092	33,232	38,734	44,606	51,368	15.16
	전체 공작기계	102,304	111,225	121,169	132,886	145,311	158,897	9.35

\* 자료: 한국공작기계산업협회, “신성장동력장비산업 동향보고서 2012”, “Metal Working Insiders Reports 2012” (Gardner Publications, Inc.), “Machine Tools - A Global Strategic Business Report 2011”(Global Industry Analysts, Inc.) 등의 자료를 참고하여 전망치 추정



## 나. 국내시장

- 국내 가공공작공산업 시장의 경우, 2015년 13.7조 원에서 연평균 9.46%의 성장률을 기록하며 2018년에는 17.5조 원에 이를 전망
  - 공작기계 산업의 경우 2013년 기준 생산은 5조 8,000억원으로 세계 5위, 수출 및 수입은 각각 22억 달러, 14억 달러로 세계 7위, 소비의 경우 45억 달러로 세계 4위의 위상
- 초정밀 및 하이브리드 가공시스템의 국내시장은 2015년 5.6조원에서 연평균 4.38%의 성장률을 기록하여 2018년에는 6조원 규모에 이를 것으로 전망

[ 하이브리드 가공시스템 분야의 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억원, %)

구분		'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
국내 시장	초정밀 및 하이브리드	56,510	56,820	60,050	56,820	59,310	61,910	4.38
	전체 공작기계	147,910	159,280	174,960	159,280	174,350	190,840	9.46

\* 자료: 한국공작기계산업협회, “신성장동력장비산업 동향보고서 2012”, “Metal Working Insiders Reports 2012” (Gardner Publications, Inc.), “Machine Tools - A Global Strategic Business Report 2011”(Global Industry Analysts, Inc.) 등의 자료를 참고하여 전망치 추정

## 다. 무역현황

- 하이브리드 가공시스템 수출현황 2011년 10억 2,192만 달러, 2015년 11억 1,617만 달러, 수입현황 2011년 11억 6,626만 달러, 2015년 9억 1,876만 달러로 수출은 꾸준히 증가하고 수입은 꾸준히 감소하는 추이
- 무역특화지수는 2011년(-0.07)부터 2015년(0.10)까지 지속적으로 증가하고 있어, 하이브리드 가공시스템은 산업의 무역흑자를 기록하고 있음. 향후 국제경쟁력을 갖춘 수출 특화 품목으로 성장할 가능성이 높음

[ 하이브리드 가공시스템 관련 무역현황 ]

(단위 : 천\$)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
수출금액	1,021,915	1,049,673	980,617	1,021,237	1,116,167	2.2%
수입금액	1,166,259	1,026,508	1,090,036	1,019,087	918,760	-5.8%
무역수지	-144,344	23,165	-109,419	2,150	197,407	-
무역특화지수*	-0.07	0.01	-0.05	0.00	0.10	-

\* 무역특화지수 = (상품의 총수출액-총수입액)/(총수출액+총수입액)으로 산출되며, 지수가 0인 경우 비교우위는 중간정도이며, 1이면 완전 수출특화상태를 말함. 지수가 -1이면 완전 수입특화 상태로 수출물량이 전혀 없을 뿐만 아니라 수입만 한다는 뜻  
 \* 자료 : 관세청 수출입무역통계 HS-Code(6자리 기준) 활용

## 4. 기술환경분석

### 가. 기술개발 트렌드

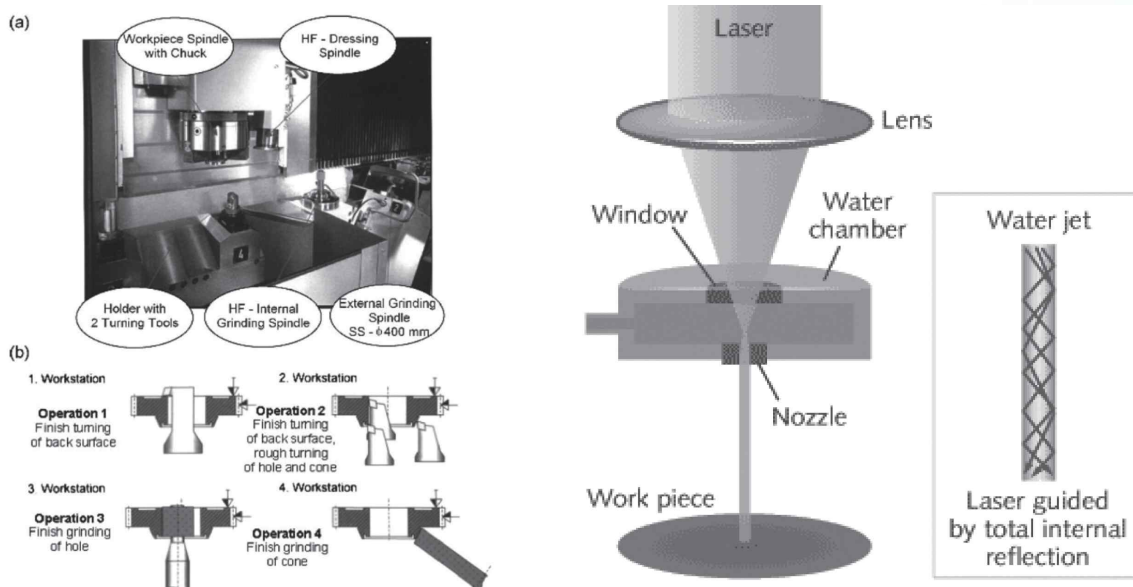
- 최근 초정밀/초미세 하이브리드화 가공시스템의 수요급증하고 있으며 초정밀 미세가공분야에 차세대 신기술이므로 향후 국가 초정밀기술의 한계극복과 함께 실용화를 위한 지속적인 연구 개발이 필요한 분야임. 특히, 일본, 독일 같은 선진국의 경우, 하이브리드 가공기술 및 시스템 관련 자국기술의 유출 방지와 자국 산업의 세계 우위 선점을 위해 경쟁 상대국에는 판매를 하지 않고 장비를 무기화하고 있는 상황임
- 세계 공작기계 산업에 있어 지속적인 고객은 자동차와 항공기 산업이라 할 수 있으며 이 분야의 경쟁에서 우위를 유지하지 위해서 여러 가지 진보된 하이브리드 가공공정을 우선적으로 연구할 필요가 있음
  - 자동차 구동축의 다단 가공공정을 단축시키기 위해서, 한 기계에서 선삭, 압출, 냉각성형이 가능하도록 구조설계가 이루어진 하이브리드 가공기가 연구되었음
  - 범용구조의 강력절삭 유니트와 Parallel 메커니즘의 고속 정밀가공 유니트 하이브리드화 관련 연구도 이루어졌음
  - 동시에 여러 종류의 가공을 실시하는 초음파+연삭, 랩핑공정+평면연삭, 드라이아이스 분위기+레이저 세척, 하드터닝+내면연삭, 기어가공+내면연삭, 레이저 응용 가공공정 및 시스템, 초음파 응용 가공 공정 및 시스템, 에너지빔(전자/이온) 응용 가공공정 및 시스템 등의 이공정(에너지/초음파) 하이브리드 가공이 가능한 하이브리드 가공기도 국내외 연구진에의해서 개발되고 있음
- 최근 이슈화되고 있는 하이브리드 가공은 기존의 단일 가공공정에 다른 종류의 물리량을 적용해 가공하기 어려운 재료(난삭재)의 가공 정밀도와 가공생산성 등을 향상하는 기술을 말하는 것으로 초정밀 부품과 제품이 사용되는 IT, BT, NT 등의 첨단산업 육성을 위해서는 기존 단일공정의 한계를 뛰어넘는 하이브리드 가공 공정을 실현하기 위해서 관련 초정밀급 장비관련 연구개발도 동시에 이루어져야 함
  - 현재 소재가공의 특징은 비철금속과 난삭재 가공이 주를 이루고 있음고, 치수정밀도는 표면조도를 산업계에서 주안점을 두고 있음
  - 국내 연구진에 의해서 고경도 재료의 가공을 위하여 연삭공정 대신에 고정밀 선삭으로 필요한 표면 조도를 달성할 수 있는 하이브리드 하드터닝 기술이 개발되었음
  - 환경 친화적인 소재의 선택과 에너지 절약을 위한 가공공정 개선이 관심을 끌고 있음



\* 자료: 하이브리드 가공용 공작기계 현황 및 전망, 박형욱 울산과학기술원, 부교수

[ 연삭공정 및 하드터닝공정 간의 하이브리드화 개요 및 장점 ]

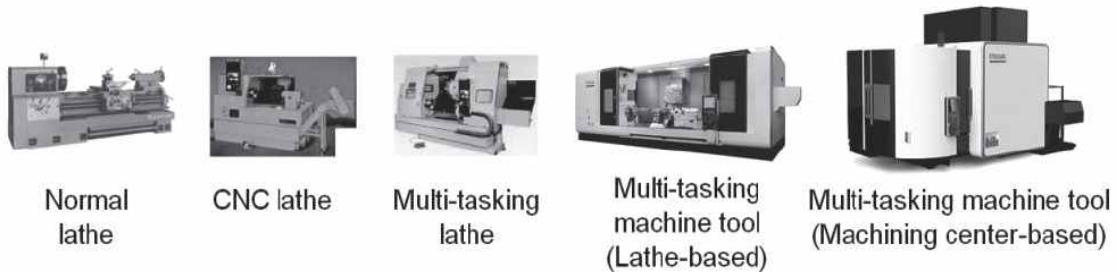
- 하이브리드 가공기술은 하나의 가공시스템에서 두 가지 이상의 상이한 기계가공기술을 동시 또는 일련의 작업으로 수행할 수 있는 방법으로서 더 경제적인 방법임
- 일반적으로 하이브리드 가공시스템은 두 종류로 분류할 수 있음
  - 각 공정이 소재 가공에 직접 참여하는 동시적 하이브리드 가공
  - 소재 가공에 직접 참여하지는 않지만 상대 공정을 보조해주는 방식



\* 자료: 하이브리드 가공용 공작기계 현황 및 전망, 박형욱 울산과학기술원, 부교수

[ 연삭/하드터닝 하이브리드 가공장비(좌) 및 워터젯 가이드 레이저 가공장비(우) ]

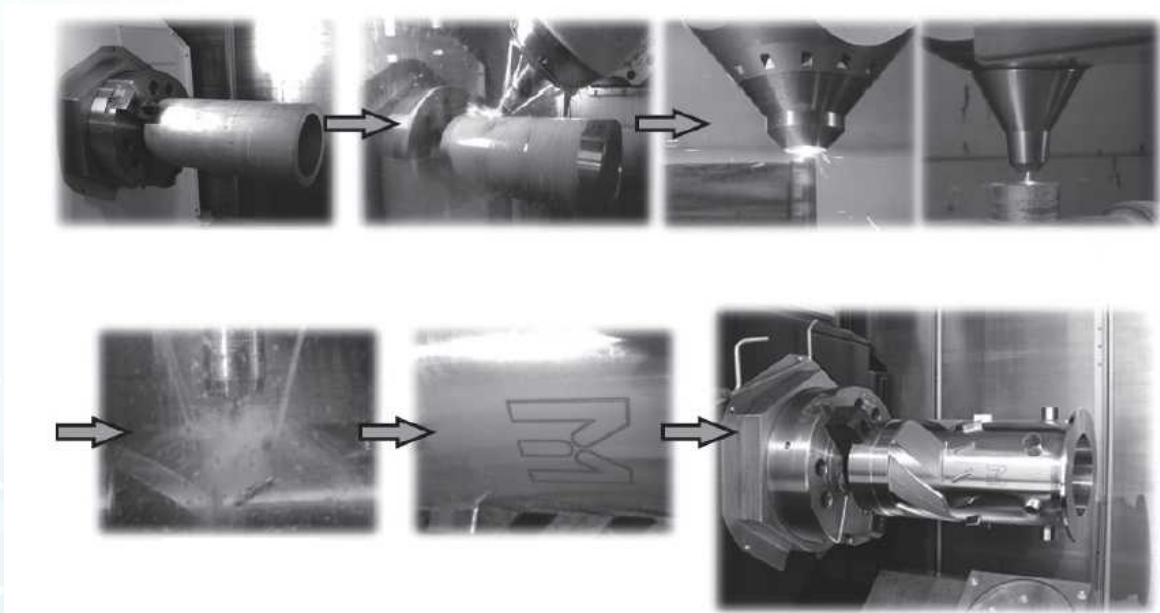
- 유럽의 공작기계 메이커는 이러한 하이브리드화가 여러 종류의 가공 프로세스 통합과 더불어 다기능의 집약이 가공시간의 향상과 고정밀도 유지에 대응하는 지름길이라고 하는 인식이 증가하고 있어, 나노기반 초정밀기술을 기반으로 공정집약을 통하여 가공시간을 단축하고, 공정집약을 토대로 프로세스 체인의 단축을 위한 하이브리드화 혹은 복합화가 진행되고 있음



\* 자료: 하이브리드 가공용 공작기계 현황 및 전망, 박형욱 울산과학기술원, 부교수

[ Multi-tasking 공작기계의 발전 역사 ]

- 세계 공작기계산업은 자동차, 항공, 반도체산업의 성장과 더불어 발전해왔으며, 고객의 요구에 의해서 끊임없이 빠른 속도로 변화를 추구하므로 계속적으로 제품의 개발주기가 짧아져가고 있는 실정임
- 공정 집약형 가공기인 하이브리드 공작기계에 대한 연구가 활발하며, IT기술의 적용으로 하이브리드화, 고속화 등 고능률화를 통해 수요자의 요구에 민첩하게 대응함으로써 주력산업용 양산 장비의 부가가치 향상 추구하고 있음



\* 자료: 하이브리드 가공용 공작기계 현황 및 전망, 박형욱 울산과학기술원, 부교수

[ Mazak INTEGREX I-400 장비 기반 하이브리드 공정 예시 ]

- 초정밀/초미세 하이브리드 가공시스템은 나노정밀도를 갖는 운동요소의 개발이 필수적인 요소로, 하이브리드 가공시스템의 성능지표를 결정함. 따라서, 초정밀 가공시스템의 개발이 먼저 시작된 일본과 미국, 독일 등의 유럽에서는 관련 요소의 개발이 이루어졌으며, 이를 실제 하이브리드 가공시스템에 적용하고 있음
- 공작기계 관련 기술 선진국인 일본의 경우 여러 기업에서 관련 기술을 개발 중임
  - FANUC의 터닝기반 5축 가공기인 Robo Nano에 적용된 공기베어링 스피들과 이송계는 회전정밀도 50nm와 나노미터의 이송분해능을 갖는 요소들을 적용하였으며, 회전과 직선이송이 동시에 가능한 공기테이블, 공기 베어링을 이용한 스크류 동력전달 등의 기술을 가지고, 일본의 초정밀 가공기술을 한 단계 발전시킨 모델로 평가받고 있으며, 한편으로는 일본 외에는 판매하지 않고 있음
  - Toshiba 기계는 V-V 롤러를 이용하는 독자기술을 개발하여 이를 초정밀 가공기에 적용하였으며, 이를 통하여 진직도 300nm를 달성했음
  - Sodick은 초정밀 머시닝센터인 Nano 100을 통하여 최대 5축의 초정밀 가공기를 개발하였으며, 이 외에 워터젯과 와이어 방전의 Hybrid 가공시스템 및 모듈 등을 개발하였음
  - 기타 Toyoda 공업(현 JTEKT), Nagase 등의 전통적 공작기계업체들이 상대적으로 이후에 초정밀 가공기를 개발하였으나 대부분의 다축 초정밀 가공기의 일본외 수주는 어려운 편임
- 미국의 초정밀 가공기용 운동요소는 로렌스 리버모어 국립연구실의 초정밀 가공기 연구개발을 시작으로 시작되었으며, 실제 공기베어링 및 이를 이용한 운동요소에 있어서는 가장 성공적으로 상용화 시키고 다수의 모듈기업이 활동하고 있음
  - Danaher motion, Aerotech, Professional Instruments, Precitech, Moore, Nelson air, Newway 등의 전문기업들이 미국의 초정밀기술의 근간임
  - 스피들의 경우 Professional Instruments의 공기스핀들은 최대속도 10만 rpm 모델이 존재하며, 회전정밀도는 최대 50nm의 제품을 보유하여 Precitech의 초정밀 가공기 등에 적용되고 있음

## 나. 주요업체별 기술개발동향

### (1) 해외업체동향

- 공작기계 관련 기술 선진국인 일본의 경우 여러 기업에서 관련 기술을 개발 중임
  - FANUC의 터닝기반 5축 가공기인 Robo Nano에 적용된 공기베어링 스피들과 이송계는 회전정밀도 50nm와 나노미터의 이송분해능을 갖는 요소들을 적용하였으며, 회전과 직선이송이 동시에 가능한 공기테이블, 공기 베어링을 이용한 스크류 동력전달 등의 기술을 가지고, 일본의 초정밀 가공기술을 한 단계 발전시킨 모델로 평가받고 있으며, 한편으로는 일본 외에는 판매하지 않고 있음
  - Toshiba 기계는 V-V 롤러를 이용하는 독자기술을 개발하여 이를 초정밀 가공기에 적용하였으며, 이를 통하여 진직도 300nm를 달성했음
  - Sodick은 초정밀 머시닝센터인 Nano 100을 통하여 최대 5축의 초정밀 가공기를 개발하였으며, 이 외에 워터젯과 와이어 방전의 Hybrid 가공시스템 및 모듈 등을 개발하였음
  - 기타 Toyoda 공업(현 JTEKT), Nagase 등의 전통적 공작기계업체들이 상대적으로 이후에 초정밀 가공기를 개발하였으나 대부분의 다축 초정밀 가공기의 일본외 수주는 어려운 편임
- 미국의 초정밀 가공기용 운동요소는 로렌스 리버모어 국립연구실의 초정밀 가공기 연구개발을 시작으로 시작되었으며, 실제 공기베어링 및 이를 이용한 운동요소에 있어서는 가장 성공적으로 상용화 시키고 다수의 모듈기업이 활동하고 있음
  - Danaher motion, Aerotech, Professional Instruments, Precitech, Moore, Nelson air, Newway 등의 전문기업들이 미국의 초정밀기술의 근간임
  - 스피들의 경우 Professional Instruments의 공기스피들은 최대속도 10만 rpm 모델이 존재하며, 회전정밀도는 최대 50nm의 제품을 보유하여 Precitech의 초정밀 가공기 등에 적용되고 있음
- 친환경 가공시스템은 하드터닝 등 공정레벨과 에너지절감 가공장비, 상위 가공Shop 레벨 에너지 관리 등의 전반에서 활발한 연구가 진행 중이며, 특히 티타늄·CGI·CFRP 등 고경도/경량 신소재 관련 기술은 글로벌 3강 국가의 업체와 연구소·대학 중심으로 연구가 활발히 진행 중
  - 초음파를 사용하여 난삭재(타타늄, 세라믹) 가공 기술에 사용한 예는 선진국(독일)이외에는 거의 없는 초기 연구단계로 향후 자동차 시장, 의료시장 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 기술
- Mazak(일), DMG/Mori-Seiki 등 선진사는 단일 플랫폼에, One-Chucking Multi-Machining, Done-In-One(All-In-One) 등 융복합 장비를 개발하였고 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미(Assist)하여, 가공 품질과 생산성을 향상
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)에서 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통을 일체화된 복합가공기는 기존의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급
  - 최근의 고능률 복합화의 개념은 과거 이종 공정의 복합화(일체화)와 고속화를 떠나, 다양한 제품요구 변화에 대응할 수 시스템 변경·확장에 요구되는 Ramp-Up 시간을 최소화
- 난삭재 가공장비 업체인 MAG(프)는 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템 (through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도

- 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- 독일의 Trumpf는 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 시장주도하고 독일 외 EU·대만·미국 등 생산기지화로 글로벌 시장경쟁력 확보
- Fastems(핀), Mazak(일), DCT(독일) 등 FMS 가공시스템 제공 업체는 최근 장비, 유연 자동화 주변장치/셀, 운영·제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템 Turnkey 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화를 진행
  - 일본의 선도 공작기계 업체는 고객(사)에 납품된 기계·장비에 대한 토탈 A/S 지원을 위한 기계·장비 생산업체 서비스센터와 연결된 원격 A/S 네트워크 지원망 시범지원하고 있으며, 향후 실시간 장비 서비스 환경으로 진화될 것으로 전망
- 유럽에서는 독일이 전통적인 초정밀기술을 가지고 있는 나라이며, 대표적으로 독일의 Kugler Precision 사는 3축에서 5축의 다양한 구성이 가능한 초정밀 가공기를 개발하고, 이송계 모듈 및 회전 테이블 등의 요소들을 상품화했음
- 아시아 권역에서는 일본 이외에 한국과 싱가포르, 대만 등이 관심을 가지고 개발을 하고 있으며, 특히 싱가포르의 관련기술 개발을 주목할 필요가 있음. 싱가포르의 Mikrotool는 하이브리드 가공이 가능한 마이크로 가공시스템을 최근 상용화하였고, 대만에서는 관련 연구기관 및 대학에서 하이브리드 가공 및 초정밀 마이크로 가공장비의 개발을 수행하고 있음
- 초미세 하이브리드 공정에 대한 모델과 평가에 있어서는 대학과 연구소를 중심으로 연구가 진행되고 있으며, 연삭과 절삭, 전기화학, 에너지 등의 하이브리드 공정 최적화를 위한 연구가 미국의 Nebraska 대학에서 연구되고 있으며, 일본의 고베 대학, 독일의 공작 기계연구소 및 영국의 Cranfield 대학 등지에서 진행되고 있음
- Kummer 사의 경우 하드터닝 시 필요한 높은 강성을 구현하기 위해서 롤러 방식의 Preload 가이드를 채택했으며, 또한 Backlash 효과를 줄이기 위해서 linear motor를 사용하였으며, 그와 동시에 부가적인 가공을 위해서 100,000rpm 그라인드 스피들을 장착하여 하이브리드 하드터닝 시스템을 개발하였음



[ 연도별 국외 하이브리드 가공장비 개발 현황 ]

Date	Process name	Institute or Company	Machine tool type	Processing head mounting position
1996	Combined Metal Build Up (CMB)	Fraunhofer Institute of Production Technology & Fraunhofer Institute of Laser Technology	3-axis vertical	Fixed to side of spindle
1990's	Laser Aided Manufacturing Process (LAMP)	University of Missouri	5-axis vertical	Fixed to side of spindle
2000	Selective Laser Cladding (SLC) and milling	National Taiwan University of Science and Technology	3-axis vertical	Fixed optics (separate station)
2004	Hybrid Manufacturing	Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Austria	5-axis vertical	Fixed to side of spindle
2006	System and method for fabricating and repairing part	Southern Methodist University	Multi-axis	Attached to a robot
2008	Hybrid Manufacturing	De Montfort University & The Manufacturing Technology Centre	3-axis vertical	In spindle stored in tool magazine
September 2013	Hybrid Manufacturing	Hamuel & Hybrid Manufacturing Technologies	Retrofit	In spindle stored in tool magazine
December, 2013	Hybrid Manufacturing	DMG Mori	5-axis vertical	In spindle stored in own compartment
November, 2014	Hybrid Manufacturing	Mazak & Hybrid Manufacturing Technology	5-axis horizontal	In spindle stored in tool magazine
April, 2015	Additive Manufacturing	WFL Millturn Technologies	5-axis slantbed lath	Unknown
May, 2015	LENS®	Optomec	Retrofit	Fixed to side of spindle
June, 2015	Hybrid Manufacturing	ELB & Hybrid Manufacturing Technologies	millGrind Creep Feed 5 axis	Fixed to side of spindle

\* 자료: 하이브리드 가공용 공작기계 현황 및 전망, 박형욱 울산과학기술원, 부교수

- 유럽의 경우 마이크로 생산, 가공에 대한 연구개발을 대학 연구기관과 기업들을 통합하여 수행하며, 특히 FP6의 EUPASS, MASMICRO, 4M-Project 등 범유럽 연구개발 프로그램인 Framework Program에 포함하여 연구개발을 수행하여 관련 산업계에 전파시키고 있음
- 또한, 하이브리드 가공시스템의 성능평가기술에 있어서는 다양한 측정시스템을 가지고 있는 선진국에서 보유하고 있으나, 다축의 동시 평가와 하이브리드 가공시스템의 평가기술에 대한 표준화는 아직 진행되고 있지 않으며, 기술개발의 진행상황으로 볼 때, 곧 관련 움직임이 있을 것으로 예측됨

## (2) 국내업체동향

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며, 특히, 두산인프라코어와 현대위아는 국내 공작기계시장에서 점유율 1~2위를 다투며 국내 공작기계 산업을 주도
  - 두산인프라코어는 세계공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스톤, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
  - 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응
  - 두산인프라코어는 글로벌 금융그룹인 스탠다드차타드 산하 사모펀드 회사인 스탠다드차타드 프라이빗에쿼티를 공작기계 사업 부문 매각을 위한 우선협상대상자로 선정하여, 매각절차를 진행
- 국내 절삭공구 시장은 2.2조 원(2011)이며 꾸준히 시장이 확대되고 있으나 세계 절삭공구시장의 약 4.8%에 불과하며 세계시장 점유율은 3%로 세계 10위권 밖에 머무르고 있음
  - 또한 국내 공구업체는 공구 원자재의 해외수입 의존도가 매우 높고 영세하여 주로 초경 엔드밀과 코팅공구에 집중하고 있어 해외 선진국과의 격차 존재
  - 원천기술 부족으로 글로벌 트렌드에 발빠르게 대응하지 못하고 있음(신소재 및 난삭재 가공기술)

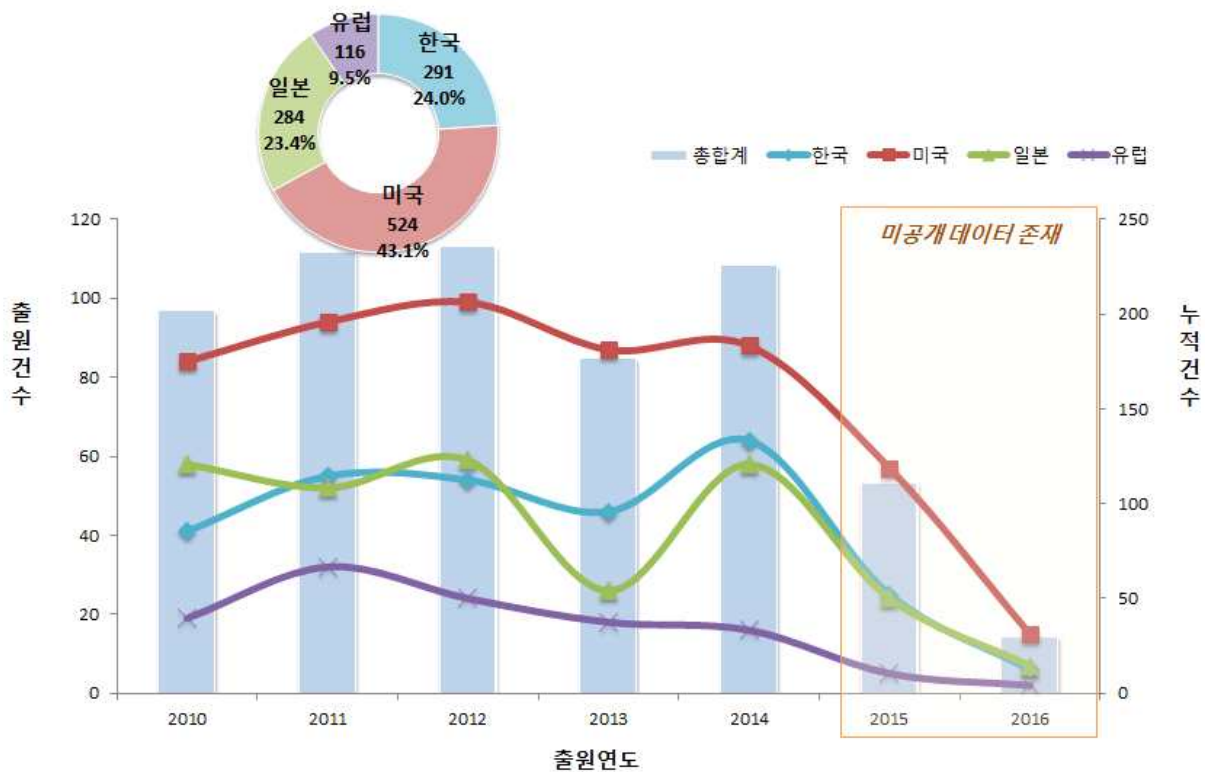
## 다. 기술인프라 현황

- 국내 공작기계분야에서는 기업규모의 열세로 선진국 대비 R&D 투자와 마케팅능력 열위로 차세대 기술개발 여건이 취약하고, 업계의 낮은 전업도와 전문화 미흡으로 역량집중이 안되고 있으며, 내수의존/수출지역 편중 및 수입의존도가 심화되고 있음. 또한 핵심부품을 주경쟁국에서 수입하므로 국제시장에서의 경쟁력이 열위이고 기술 인프라 체제의 구축이 미흡하며, 전문인력이 부족함
- 이에 정부는 ISO위원회 활동 확대 및 부품공용화사업 추진에 자금등을 지원하고, B2B사업의 인프라 구축을 위한 부품모듈화 기술개발 지원하고 있음
- 또한 민간차원에서 아래와 같은 노력이 필요한 실정
  - 전문인력양성 및 확보
  - 국제공인 품질인증(ISO, CE) 획득시스템 기반 구축
  - 성능평가 및 품질인증 관련 기술하부구조 구축
  - 해외제품 분석 및 비교시험 능력개발(시험, 기술개발, 사양 및 설계검증, Sales point 작성)
- 이러한 노력으로 국내 공작기계 기술시장에서 선진 각국의 성능평가 및 시험인증기관과의 상호인증 기반을 구축하고, 공인 성능평가 및 시험인증기관의 품질인증으로 대외신인도 및 경쟁력을 제고하며, 해외제품분석 및 비교시험을 통한 최고수준의 경쟁사 제품 분석 및 우위를 확보할 필요가 있음

## 라. 특허동향 분석

### (1) 연도별 출원동향

- 하이브리드 가공시스템 기술의 지난 7년('10~'16) 간 출원동향<sup>16)</sup>을 살펴보면 연도별로 출원경향이 증가, 감소를 반복하고 있어 지속적으로 하이브리드 가공시스템 관련 기술개발 활발
  - 각 국가별로 살펴보면 일본 출원경향은 증감을 반복하는 추세, 미국은 증가-감소-증가 추세, 유럽은 소폭 감소하나 전반적으로 유지하는 경향을 보이고 있으며, 한국은 꾸준히 출원건수를 유지
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 43.1%로 최대 출원국으로 하이브리드 가공시스템 기술을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 한국이 23.4%, 일본이 23.4%로 비슷한 수준의 출원비중을 보이고 있으며 전반적으로 미국의 출원이 두드러짐

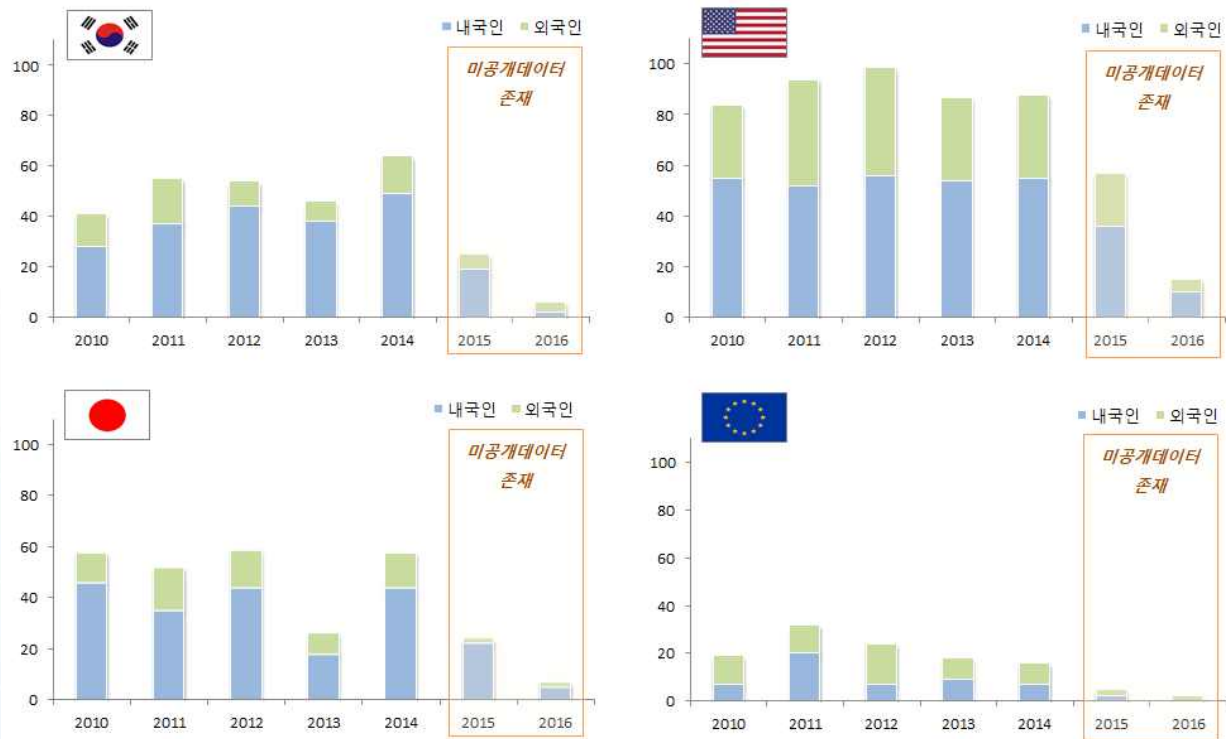


[ 하이브리드 가공시스템 분야 연도별 출원동향 ]

16) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터가 존재하여 2015, 2016년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 '13년을 제외하고는 출원이 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있으며, 외국인의 출원비중 또한 일정 수준이 유지되고 있음
  - 외국인의 출원비중이 유지되는 이유를 살펴보면 하이브리드 가공시스템 기술의 국내 시장에 대한 외국인의 선호도가 지속적으로 존재하고 있는 것으로 추정
- 일본의 출원현황은 증감을 반복하다가 '13년에 큰 폭으로 출원량이 감소하였으나, '14년에 다시 회복하는 모습을 보임. 외국인의 출원비중 또한 일정수준이 유지되고 있음
- 미국과 유럽의 출원현황은 전반적으로 지속적으로 유지되고 있는 추세를 보이고 있음. 특히 미국은 출원인의 상당부분이 외국인으로, 미국 기술시장 선점을 위한 출원 경쟁이 심화되고 있음을 알 수 있음



[ 국가별 출원현황 ]

### (3) 투입기술 및 융합성 분석

- 하이브리드 가공시스템 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code<sup>17)</sup>를 통하여 살펴본 결과 하이브리드 가공시스템 분야의 가장 높은 IPC는 B23K 기술분야가 315건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 B24B가 135건, B23Q가 84건으로 다수를 차지
  - 이외에 B23B 70건, B23H 68건, B26D 50건, B23C 48건, H01L 45건, B23P 44건, B24D 40건 순으로 기술이 투입되어 있어 하이브리드 가공시스템 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 B23B 기술분야의 수명이 13.18년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, H01L 기술분야는 7.29년으로 가장 짧은 것으로 분석

[ 하이브리드 가공시스템 분야 상위 투입기술 ]

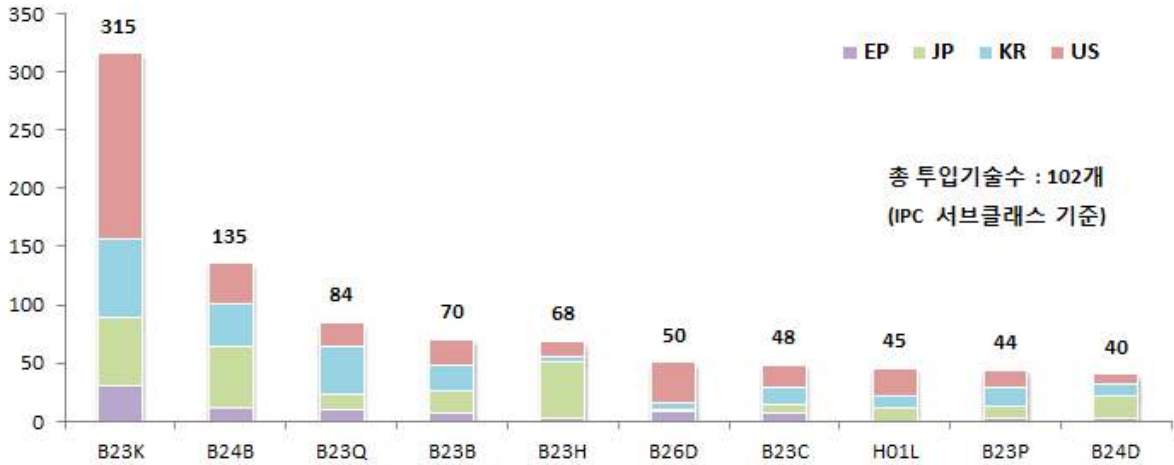
IPC	기술내용	특허인용수명(TCT) <sup>18)</sup>
B23K	납땜 또는 비납땜; 용접; 납땜 또는 용접에 의하여 클래딩 또는 피복; 국부가열에 의한 절단	11.00년
B24B	연삭 또는 연마하기 위한 기계, 장치 또는 공정; 마모면의 드레싱 또는 정상화; 연삭제, 연마제 또는 랩핑제의 공급	9.37년
B23Q	공작 기계의 세부, 구성부분, 또는 부속 장치	10.59년
B23B	선삭; 보오링	13.18년
B23H	공구의 전극을 사용, 공작물에 고밀도의 전류를 사용하는 것에 의해서 행해지는 금속 가공; 이와 같은 가공과 다른 형식의 금속 가공을 복합한 것	9.18년
B26D	절단; 구멍뚫기, 편칭, 잘라내기, 형빼기 또는 절삭을 위한 기계에 공통된 세부	13.07년
B23C	밀링	11.34년
H01L	반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치	7.29년
B23P	금속의 다른 가공; 복합 작업; 만능 공작 기계	10.58년
B24D	그라인딩, 버핑 또는 날연삭용 공구	12.21년

17) 전세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)를 통해 특허정보 기술분야에서 공지 기술을 조사할 수 있으며, 기술 및 권리정보에 용이하게 접근 가능

18) 특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

□ 투입기술이 가능 많은 B23K 분야와 융합이 높게 이루어진 기술은 B23P 분야로 나타났으며, B23B, H05H 분야와도 융합된 기술의 건수가 높은 것으로 분석

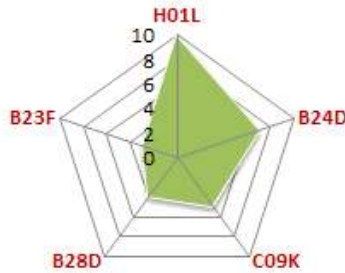
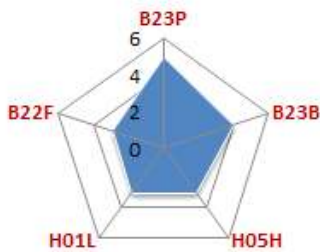
- 이외에 B24B 분야는 H01L, B24D, C09K 분야와 융합된 기술이 많은 것으로 나타났으며, B23Q 분야와 융합된 기술은 B23C, B23B, B23P 기술로 분석



**B23K**

**B24B**

**B23Q**



[ 하이브리드 가공시스템 분야 IPC 기술 및 융합성 ]

#### (4) 주요출원인 분석

- 세계 주요출원인을 살펴보면 일본 및 미국의 출원인이 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남
  - 주요 일본 출원인을 살펴보면 DISCO ABRASIVE SYST LTD, OKAMOTO MACHINE TOOL WORKS, JTEKT CORP, CANON MARKETING JAPAN INC 등이 다수 출원을 하고 있는 것으로 나타났으며, 이들 일본 출원인은 주로 일본 본국에 출원건수가 높은 것으로 나타남
  - 한국 출원인으로는 한국기계연구원이 상위출원인으로 나타나 하이브리드 가공시스템 관련 기술을 다수 보유

[ 주요 출원인의 출원현황 ]

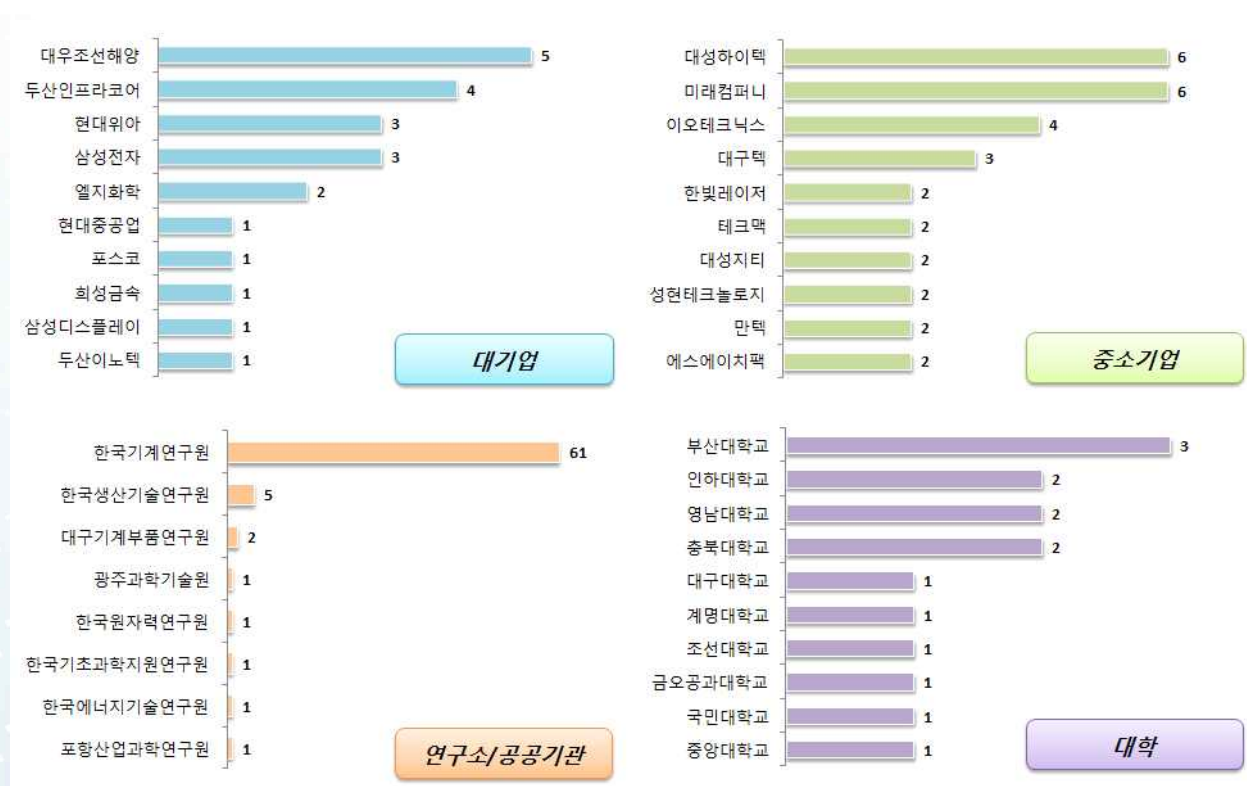
주요출원인	국가	주요 IP시장국 (건수 %)					3극 패밀리 리수 (건)	피인용 지수	주력기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시 장국 종합			
한국기계연구원	한국	55	0	0	0	한국	5	0	레이저 응용 초음파 응용 공정개선
		100%	0%	0%	0%				
3M INNOVATIVE PROPERTIES CO	미국	9	2	14	2	일본	21	0.19	레이저 응용 공정개선
		33%	7%	52%	7%				
DISCO ABRASIVE SYST LTD	일본	0	0	26	0	일본	1	0	레이저 응용 초음파 응용
		0%	0%	100%	0%				
OKAMOTO MACHINE TOOL WORKS	일본	5	0	17	0	일본	0	0	초음파 응용 공정개선
		23%	0%	77%	0%				
APPLIED MATERIALS INC	미국	0	17	4	1	미국	1	4.07	레이저 응용 초음파 응용
		0%	77%	18%	5%				
GENERAL ELECTRIC COMPANY	일본	0	13	0	8	일본	15	1.75	레이저 응용 공정개선
		0%	62%	0%	38%				
JTEKT CORP	일본	0	4	9	3	일본	10	0	공정개선
		0%	25%	56%	19%				
CANON MARKETING JAPAN INC	일본	0	3	12	0	일본	0	1	레이저 응용
		0%	20%	80%	0%				
KENNAMETAL INC	미국	3	6	3	1	미국	9	3.67	레이저 응용
		23%	46%	23%	8%				
ILLINOIS TOOL WORKS INC	미국	0	13	0	0	미국	0	1.38	레이저 응용
		0%	100%	0%	0%				



- 한국기계연구원이 가장 많은 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났으며, 3M INNOVATIVE PROPERTIES CO의 3극 패밀리수가 21건으로 다국적으로 시장을 확보하며 출원을 하고 있는 것으로 보이며, GENERAL ELECTRIC COMPANY도 176건으로 다국적 시장을 확보 중
- 미국 기업인 APPLIED MATERIALS INC가 확보한 특허의 피인용지수가 4.07로 가장 높게 나타나 기술의 파급성이 높은 원천기술을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

**(5) 국내 출원인 동향**

- 국내 출원인 동향을 살펴보면 대기업은 대우조선해양의 출원건수가 가장 높게 나타났으며, 중소기업에서는 대성하이텍 및 미래컴퍼니의 출원건수가 높게 나타남
  - 대기업의 주요 출원인은 대우조선해양, 두산인프라코어, 현대위아, 삼성전자, 엘지화학 등이 있으며, 중소기업의 주요 출원인은 대성하이텍, 미래컴퍼니, 이오테크닉스, 대구텍, 한빛레이저 등이 주요 출원인인 것으로 나타남
- 기업 이외의 주요출원인을 살펴보면 한국기계연구원, 한국생산기술연구원등 연구소/공공기관의 출원이 다수 나타났으며, 대학은 부산대학교, 인하대학교, 영남대학교, 충북대학교의 출원이 높은 것으로 분석됨



[ 국내 주요출원인의 출원 현황 ]

## 5. 중소기업 환경

### 가. 중소기업 경쟁력

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있음
  - 두산인프라코어는 세계공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스톤, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
  - 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응

[ 하이브리드 가공시스템 분야 중소기업 현황 ]

기술 분류	주요 기술	대기업	중소기업	중소기업 참여영역	중소기업 참여정도
레이저 응용 하이브리드 가공	Roll to Roll 기반 초고속 고정밀 laser direct patterning 기술 PCB Sheet 적용 가능 Laser Cutting 및 시스템 UV-A 대역 정밀 가공 기기용 자외선 반도체 레이저 기술 Deep UV 대역의 가공기기용 레이저 광원 기술	두산인프라코어, 현대위아	한국정밀, 아메코, 한광, 대원씨엠에스	laser direct patterning 기술 PCB Sheet 적용 가능 Laser Cutting 기술	●
기타 하이브리드 가공	초음파 진동자 및 용착 이용 초극세사 자동 절단 시스템 노즐캡 보완의 가공액 회수성 향상된 와이어컷 방전가공기 다결정다이아몬드 가공 가능 고속 및 고정밀급 와이어 컷 방전 가공기	두산인프라코어, 현대위아	SKEM, 세스코	초음파 이용한 자동 디버링 시스템 플라즈마 집속 이온빔 활용 미세 성형 및 가공용 시스템	●
하이브리드 가공 공정 개선	고정밀 Via hole 레이저드릴링 공정기술 레이저 트리밍 공정기술, 레이저 패터닝 공정기술 LED/Glass 레이저커팅 공정기술	두산인프라코어	SKEM, 우진플라임	초음파 가공기술의 공정개선 및 확대적용	●

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계(●, ●), 높은 단계: ●)

## 나. 중소기업 기술수요

- 하이브리드 가공시스템 분야의 중소기업의 기술수요를 파악하기 위하여 중소기업 기술수요조사 및 중소기업청 R&D신청과제(2013~2015년)를 분석한 결과 아래 표의 내용과 같은 수요들이 다수 있는 것으로 분석
- 하이브리드 가공시스템 분야 중소기업은 최근에 3D프린팅 기술과 관련된 기술개발에 다수 수요가 있는 것으로 나타났으며, 이는 최근 기술트렌드인 ICT기술과의 융복합 기술에 관심이 높아지고 있는 추세를 반영한 것으로 분석됨

[ 하이브리드 가공시스템 분야 과제신청현황 및 수요조사결과 ]

전략제품	기술 분류	관심기술
하이브리드 가공시스템	레이저 응용 하이브리드 가공	Gas-Laser Hybrid 절단기 대면적 연속 해칭 가능 갈바노미터-스테이지 하이브리드 레이저 가공장비 CO2 LASER SCRIBER, 레이저 가공기용 slag Cleaner Roll to Roll 기반 초고속 고정밀 laser direct patterning 기술 PCB Sheet 적용 가능 Laser Cutting 및 시스템 UV-A 대역 정밀 가공 기기용 자외선 반도체 레이저 기술 Deep UV 대역의 가공기기용 레이저 광원 기술 금속소재 정밀가공용 마킹 및 절단 가능 복합형 레이저 가공장치 등
	기타 하이브리드 가공	6축 다관절 로봇 및 3D CAM을 적용 고효율 플라즈마 커팅 시스템 신소재 가공용 고속고정밀 와이어방전가공기 초음파 진동자 및 용착 이용 초극세사 자동 절단 시스템 노즐캡 보완의 가공액 회수성 향상된 와이어컷 방전가공기 다결정다이아몬드 가공 가능 고속 및 고정밀급 와이어 컷 방전 가공기 초음파 이용한 자동 디버링 시스템 플라즈마 집속 이온빔 활용 미세 성형 및 가공용 시스템 초음파 이용한 반도체용 showerhead 홀 가공 기술 등
	하이브리드 가공 공정 개선	고정밀 Via hole 레이저드릴링 공정기술 레이저 트리밍 공정기술, 레이저 패터닝 공정기술 LED/Glass 레이저커팅 공정기술 Fiber Laser Splitter 생산성 향상을 위한 Vacuum Fiber Holder 공정개선기술 초음파 가공기술의 공정개선 및 확대적용

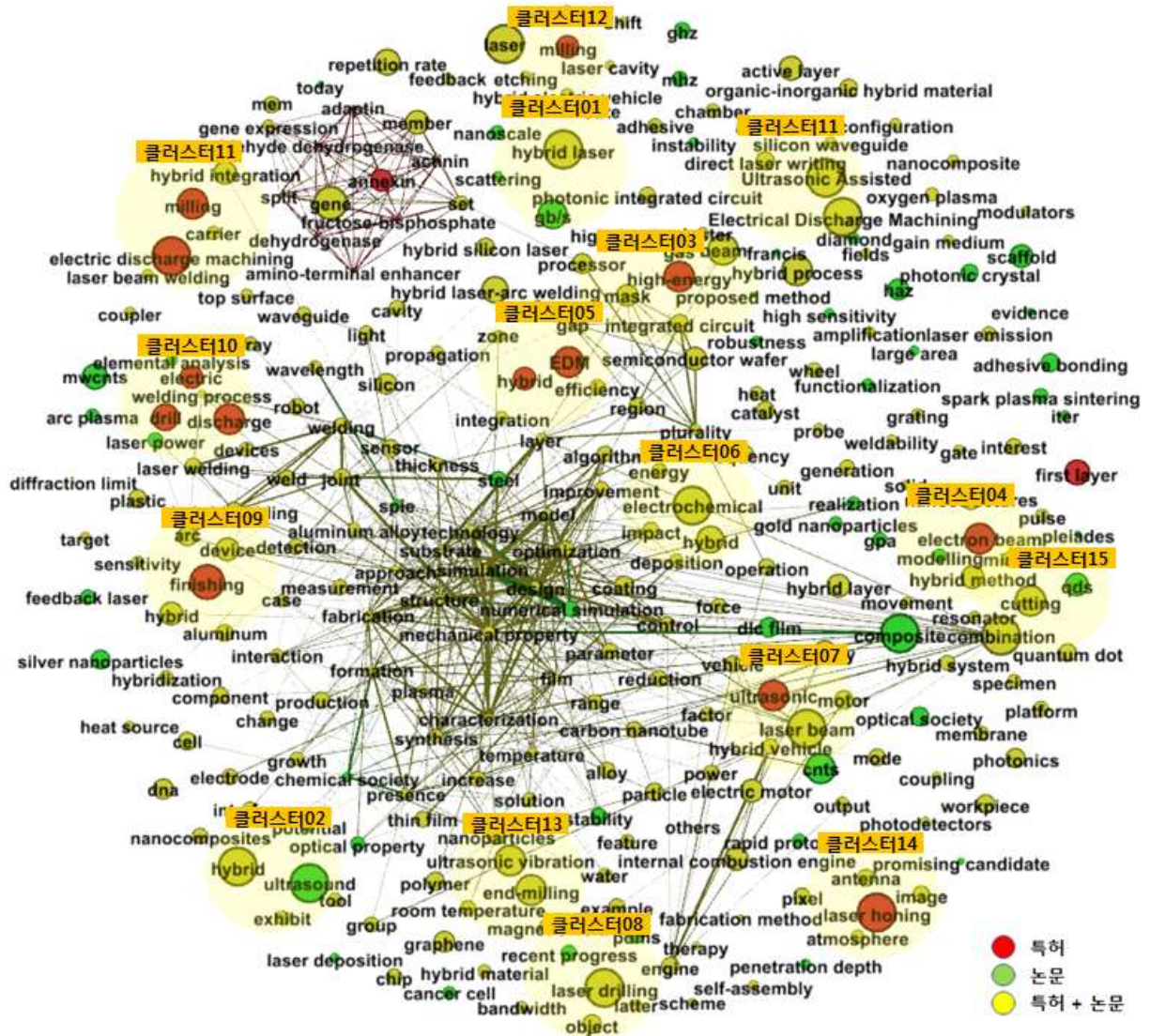
## 다. 중소기업 핵심기술

### (1) 데이터 기반 요소기술 발굴

- 하이브리드 가공기술의 특허 및 논문데이터 검색을 통해 도출된 유효데이터를 대상으로 데이터 마이닝 기법(Scientometrics 기법)을 통해 클러스터링된 키워드의 연관성을 바탕으로 요소기술 후보군을 도출
  - 하이브리드 가공기술의 특허 및 논문 유효데이터를 기반으로 키워드 클러스터링을 통하여 요소기술 후보군을 도출
  - 제품별 dataset 구축 : 하이브리드 가공기술 관련 특허/논문 데이터를 추출하여 노이즈 제거 후 제품별 dataset 구축
  - 1차 클러스터링 : 키워드 맵을 통한 고빈도 키워드 확인-빈도수(tf-idf)<sup>19)</sup>가 상위 30%에 해당하는 키워드를 대상으로 1차 추출
  - 2차 클러스터링 : 1차 클러스터링에서 추출된 고빈도 키워드 사이에서 고연관도 키워드를 2차 추출 (고연관도 기준은 연관도수치<sup>20)</sup>가 일정수준 이상인 클러스터로 제한)
- 다음 그림은 키워드 간 연관네트워크를 시각화한 것으로, 각 키워드를 나타내는 원과 키워드 간의 연관도를 나타내는 직선으로 구성
  - 각 키워드가 특허와 논문 중 어느 데이터에서 도출되었는지 원의 색으로 구분하였으며, 키워드로 도출된 클러스터는 황색음영으로 표시
  - 키워드를 나타내는 원은 고빈도의 키워드일수록 원의 크기가 크게 표현되며, 연관도를 나타내는 선은 키워드 사이의 연관도수치가 높을수록 굵게 표현
- 하이브리드 가공기술 전략제품의 특허·논문 유효데이터에 대하여 키워드 클러스터링 결과를 기반으로 요소기술 도출
- 데이터 기반의 요소기술 도출은 키워드 클러스터링을 통해 도출된 요소기술에 대하여 전문가의 검증 및 조정을 통하여 요소기술을 도출

19) 빈도수(tf-idf) : 각 키워드가 출현되는 특허 또는 논문수를 의미

20) 연관도수치: 두 개 이상의 키워드 사이의 특허 또는 논문수를 의미



[ 하이브리드 가공시스템 분야 키워드 클러스터링 ]

[ 하이브리드 가공시스템 분야 주요 키워드 및 관련문헌 ]

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 01	hybrid, laser machining	10~15	1. Hybrid Laser Machining System using Vibrating Element 2. HYBRID LASER PROCESSING DEVICE AND METHOD USING DUAL WAVELENGTH 3. A hybrid laser-plasma ablation method for improved nanosecond laser machining of heavy flint glass
클러스터 02	hybrid, ultrasonic, machining	14	1. Hybrid Laser Machining using Ultrasonic Vibration 2. Device and method of hybrid process for micro electrical discharge machining assisted ultrasonic vibration
클러스터 03	high-energy beam, hybrid, machining	12~18	1. System and method for hybrid polarized/non-polarized plasma beam coagulation for variable tissue effects 2. METHOD FOR GENERATING ELECTRON BEAMS IN A HYBRID LASER-PLASMA ACCELERATOR

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 04	electron beam, machining	10~12	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. FABRICATION OF HYBRID SOLID-POROUS MEDICAL IMPLANTABLE DEVICES WITH ELECTRON BEAM MELTING TECHNOLOGY</li> <li>2. FABRICATION AND SELECTIVE PATTERNING OF THIN FILMS USING ION BEAM-ENHANCED ATOMIC AND MOLECULAR LAYER DEPOSITION</li> <li>3. METHOD FOR GENERATING ELECTRON BEAMS IN A HYBRID LASER-PLASMA ACCELERATOR</li> </ol>
클러스터 05	hybrid, EDM, machining	10~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. COMPACT ELECTRONIC DEVICE FOR PROTECTING FROM ELECTROSTATIC DISCHARGE</li> <li>2. Hybrid machining of microstructures using a combination of electrical discharge machining milling and laser ablation</li> <li>3. Device and method of hybrid process for micro electrochemical discharge machining equipped with electrolytic polishing and electrode cleaning</li> </ol>
클러스터 06	hybrid, ECM, machining	14~17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Development of micro co-axial diamond wheel-tool array using a hybrid process of electrochemical co-deposition and RWEDM technique</li> <li>2. Device and method of hybrid process for micro electrochemical discharge machining equipped with electrolytic polishing and electrode cleaning</li> </ol>
클러스터 07	laser, ultrasonic, machining, vibration	12~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hybrid Laser Machining using Ultrasonic Vibration</li> <li>2. Hybrid Laser Machining System using Vibrating Element</li> </ol>
클러스터 08	laser, drilling, hybrid	14~18	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. LASER DRILLING METHOD AND SYSTEM FOR PRODUCING SHAPED HOLES</li> <li>2. Laser drilling apparatus and laser drilling method</li> <li>3. Laser drilling manufacturing method</li> </ol>
클러스터 09	finishing, hybrid, machining	14~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Surface Finishing Technology and Surface Engineering II</li> <li>2. POLYURETHANE FLOOR FINISHES WITH HYBRID PERFORMANCE</li> </ol>
클러스터 10	EDM, drilling, machining	15~17	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Device for controlling the discharge pulse of electric discharge machine drill apparatus</li> <li>2. Electrode Replacement Apparatus of Supper Drilling Electric Discharge Machining</li> <li>3. Cooling System for Supper Drilling Electric Discharge Machining</li> </ol>
클러스터 11	EDM, ultrasound, hybrid	15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ultrasound-assisted electrical discharge grinding method for electrical discharge machining of rectangular metal workpiece, involves controlling predetermined depth and predetermined feed rate based on observed voltage and observed current</li> <li>2. A retrospective study based on the soft computing approach in combined Ultrasonic Assisted Electrical Discharge Machining</li> </ol>
클러스터 12	laser, milling, machining, hybrid	10~15	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Additive joins subtractive on advanced all-in-one machines: New levels of hybrid multifunction machines are here, as five-axis milling mixes with laser deposition welding technologies</li> <li>2. Fundamental investigations and a system technology for Laser-Assisted Milling of titanium alloys</li> <li>3. Process capability study of laser assisted micro milling of a hard-to-machine material</li> </ol>

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 13	milling, ultrasound, machining	14~17	1. New production technologies in aerospace industry - 5th machining innovations conference (MIC 2014) helical milling of carbon fiber reinforced plastics using ultrasonic vibration and liquid nitrogen 2. The effects of ultrasonic vibration on surface finish and tool wear in end-milling machining
클러스터 14	laser, honing, hybrid, machining	12~15	1. Method of laser honing 2. Laser adaption honing system and method
클러스터 15	laser, lathe, hybrid, machining	36	1. Computer Aided Taguchi-Fuzzy Multi-Optimization of laser cutting process 2. Hybridization of response surface methodology and genetic algorithm optimization for CO2 laser cutting parameter on AA6061 material

[ 하이브리드 가공시스템 분야 데이터 기반 요소기술 ]

No	요소기술명	키워드
요소기술01	하이브리드 레이저가공	hybrid, laser machining
요소기술02	하이브리드 초음파가공	hybrid, ultrasonic, machining
요소기술03	고에너지빔응용 하이브리드가공	high-energy beam, hybrid, machining
요소기술04	전자빔가공	electron beam, machining
요소기술05	하이브리드 방전가공	hybrid, EDM, machining
요소기술06	하이브리드 전해가공	hybrid, ECM, machining
요소기술07	레이저+초음파 진동가공	laser, ultrasonic, machining, vibration
요소기술08	레이저+드릴링 하이브리드가공	laser, drilling, hybrid
요소기술09	융·복합 피니싱 가공	finishing, hybrid, machining
요소기술10	방전+드릴링 하이브리드가공 (EDM+드릴링)	EDM, drilling, machining
요소기술11	EDM+초음파 하이브리드가공 (초음파가진 방전가공)	EDM, ultrasound, hybrid
요소기술12	레이저+밀링 하이브리드가공	laser, milling, machining, hybrid
요소기술13	밀링기 탑재 초음파가공	milling, ultrasound, machining
요소기술14	레이저+호닝 하이브리드가공	laser, honing, hybrid, machining
요소기술15	레이저 열처리 탑재 복합선반가공	laser, lathe, hybrid, machining

## (2) 요소기술 도출

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

[ 하이브리드 가공시스템 분야 요소기술 도출 ]

분류	요소기술	출처
다공정 가공 시스템	레이저 열처리 탑재 복합 선반가공	특허/논문 클러스터링
	Multi-Grinding 공정 및 시스템 기술	기술/시장 분석, 기술수요, 특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	초고속 연삭/연마 시스템 기술	기술/시장 분석, 전문가 추천
	고효율 연삭 공정 및 시스템 기술	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	초대형 (다축) 가공시스템 기술	기술/시장 분석, 전문가 추천, 특허/논문 클러스터링
하이브리드 가공시스템	초음파 응용 절연삭 시스템 기술	전문가추천, 특허/논문 클러스터링
	레이저+방전복합가공	특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	레이저+초음파진동가공	기술/시장 분석, 기술수요, 타부처로드맵
	고속 하이브리드 레이저 가공시스템 기술	기술수요, 특허/논문 클러스터링



### (3) 핵심기술 선정

- 확정된 요소기술을 대상으로 산·학·연 전문가로 구성된 핵심기술 선정위원회를 통하여 중소기업에 적합한 핵심기술 선정
- 핵심기술 선정은 기술개발시급성(10), 기술개발파급성(10), 단기개발가능성(10), 중소기업 적합성(10)을 고려하여 평가

[ 하이브리드 가공시스템 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
다공정 가공 시스템	Multi-Grinding 공정 및 시스템 기술	다수의 연삭휠로 가공물을 동시가공 하거나, 두가지 이상의 연삭공정 또는 부가공정을 융합한 절연삭 메커니즘 기술을 적용한 절연삭시스템
	초고속 연삭/연마 시스템 기술	연삭 주속도의 초고속화 및 All-In-One 개념의 자동화 기술 등 적용을 통해 기존 연삭/연마 메커니즘의 공정을 단축시킬 수 있는 시스템 기술
	고효율 연삭 공정 및 시스템 기술	새로운 슷돌, 드레싱 메커니즘 등을 적용하거나 시스템의 고강성화, 새로운 요소 적용 등을 통해, 토탈 연삭공정 효율성을 향상시킨 시스템
	초대형 (다축) 가공시스템 기술	10m 이상의 고부가가치 초대형 부품 가공을 위한 포탈형 이송계 등 요소 및 구조설계 기술, 초대형 베드연삭/방전 등의 대형화 절삭메커니즘 기술
하이브리드 가공시스템	초음파 응용 절연삭 시스템 기술	기존 절삭공정에 초음파 진동을 부가하거나 대체하여, 기존 절연삭 공정으로 불가능한 형상/소재 가공 또는 고품위 가공을 실현한 복합가공 공정 및 시스템 기술
	고속 하이브리드 레이저 가공시스템 기술	기존 레이저 공정의 복합화 또는 고효율화 하거나, 기존 절삭공정에 레이저를 부가하여 새로운 소재의 가공성을 혁신할 수 있는 하이브리드 가공/시스템 기술

## 6. 기술로드맵 기획

### 가. 하이브리드 가공시스템 기술로드맵

- 최종 중소·중견기업 기술로드맵 은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

하이브리드 가공시스템 기술의 중소기업형 기술로드맵				
Time Span	2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표	연삭연마의고속화	다중가공기술개발	가공효율성향상	다양한 재료의가공이가능하고 효율가공시스템
하이브리드 가공시스템 핵심기술	다공정 가공 시스템 Multi Grinding 공정 및 시스템 기술 초고속 연삭연마 시스템 기술 고효율 연삭 공정 및 시스템 기술 최첨단 (다축) 가공 시스템 기술			가공물의 동시 또는 복합 가공 시스템 개발
	하이브리드 가공 시스템 초음파 응용 절연삭 시스템 기술 고속 하이브리드 레이저 가공 시스템 기술			특수 방법을 이용한 가공 시스템
기술/시장 니즈	가공 시스템의 속도 향상	가공 시스템의 에너지 소비 절감	다양한 재료의 가공이 가능한 시스템	

## 나. 연구개발 목표 설정

- 로드맵 기획 절차는 산·학·연 전문가로 구성된 로드맵 기획위원회를 통해 선정된 핵심기술을 대상으로 기술요구사항, 연차별 개발목표, 최종 목표를 도출

[ 하이브리드 가공시스템 분야 핵심기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
다공정 가공 시스템	Multi-Grinding 공정 및 시스템 기술	One-Chuckin g 대응 공정수	5 개	6 개	7 개	가공물의 동시 또는 복합 가공 시스템 개발을 통한 생산성 향상
	초고속 연삭/연마 시스템 기술	주속도(㎥/s)	370 이상	380 이상	400이상	초고속 연삭기술 개발을 통한 생산성 향상
	고효율 연삭 공정 및 시스템 기술	재료제거율(mi/ mi)	5,000 이상	5,500 이상	6,000 이상	연삭 성능의 효율화를 통한 생산성 향상
	초대형 (다축) 가공시스템 기술	최대 스트로크(m)	10 이상	12 이상	15 이상	대형 부품의 다축 공정 개발을 통한 생산성 향상
하이브리드 가공시스템	초음파 응용 절연삭 시스템 기술	초음파 응용 절삭메커니즘	2차원형상- 복합가공기 개발	3차원형상- 복합가공기 개발	초음파 절연삭 메커니즘 모듈화	초음파를 활용한 가공 시스템 개발
	고속 하이브리드 레이저 가공시스템 기술	하이브리드 레이저 공정타입	2D 고속 패터닝/트리 밍 공정 개발	3D 형상대응 하이브리드 공정 (절단+트리 밍) 개발	3D 형상대응 하이브리드 공정 (패터닝) 개발	레이저 가공의 효율화 및 가공성 혁신 기술 개발

# 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술





## 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술

### 정의 및 범위

- 나노/마이크로 표면, 미세 복합형상/구조체 제조 기술
- 표면처리(도금)기술은 응용범위에 따라 반도체·디스플레이용 표면처리, 광학·필름용 표면처리, 자동차용 표면처리, 인체·의료용 표면처리로 분류

### 정부지원 정책

- 기술로드맵 수립 및 R&D 투자 규모를 꾸준히 늘리며 관련 산업을 지원
- 해외 의존도가 매우 높은 국산화 필요 기술뿐만 아니라 미래 핵심동력 및 신산업을 발굴하여 연구개발에 집중 투자 및 지원
- 정부 R&D 사업으로는 양산라인에 적용 및 상품화가 쉽지 않음과 동시에 기초 원천기술 연구 또한, 외면되고 있어 R&D 하부구조가 취약

### 중소기업 시장대응전략

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 적용분야 확대</li> <li>• 뿌리기술의 파급효과 큼</li> <li>• 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술개발 활발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 중소기업의 선행기술개발 인식 부족</li> <li>• 뿌리기업의 3D 인식 지속</li> </ul>
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정부의 뿌리산업 지원정책 확대</li> <li>• 전방산업의 성장에 따른 시장확대</li> <li>• 수입대체효과 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 글로벌 선진기업의 국내 진출</li> <li>• 에너지절감 요구 확대</li> <li>• 환경문제 부각</li> </ul>

### 중소기업의 시장대응전략

- ➔ 부품의 고기능화, 장수명화 수요에 대응하는 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술개발을 통한 해외 시장 진출
- ➔ 정뿌리산업의 에너지 효율성 향상을 위한 관련 기술 개발
- ➔ ICT기술과의 융복합화를 통한 스마트 공정을 개선

핵심기술 로드맵

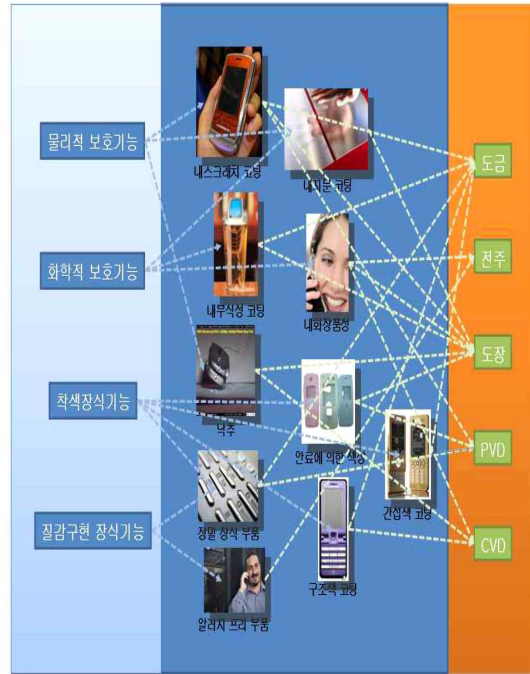
초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 중소기업형 기술로드맵				
Time Span	2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표	나노급프린팅기술 개발	나노급공구개발	나노급가공공정개발	초미세패터닝및가공기술개발
초정밀 표면/박막 제조 및 성형 핵심기술	접착특성 옵셋인쇄시스템 기술 나노마이크로 복합각인공정시스템 기술			초미세패터닝인쇄기술
	나노스케일 초정밀 형상공구 기술 나노패턴 절삭가공장비 기술 나노패턴 절삭가공공정 기술			초정밀 절삭가공을 통한 패턴성형기술
기술/시장 니즈	스마트다바이스의사용증가로 디스플레이 및반도체부품수요증가	새로운디스플레이및반도체개발 수요증가	나노구조의스마트소재개발활발	

# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

- 소재·부품의 미관 및 내구성을 개선시키거나 기능성을 부여하기 위하여 금속 및 비금속을 물리/화학적으로 부착시키거나 표면의 특성을 변화시키는 기술로 정의
- 습식표면처리기술은 단일금속 및 합금도금, 복합도금 등의 기술형태로 기계부품, 자동차, 디스플레이, 전기·전자, 정보통신, 배터리, 태양전지 등의 산업전반 부품·소재에 적용기술
- 건식코팅 기술 역시, 자동차, 공구 및 금형, 디스플레이산업, 에너지 및 환경, 의료산업 및 항공우주산업 등 전 산업 분야에서 활발히 적용
- 맴스(Micro electro mechanical system) 분야에서는 다양한 응용분야에 맞게 기계적인 움직임이 가능하게 애어 갭을 가지고 떠 있는 미세 구조체의 제작이 필수적이며, 응용분야에 따라서 반도체·디스플레이용 표면처리, 광학·필름용 표면처리, 자동차용 표면처리, 인체·의료용 표면처리로 분류
- 도금기술은 단일금속 및 합금도금, 복합도금 등의 기술형태로 기계부품, 자동차, 디스플레이, 전기·전자, 정보통신, 배터리, 태양전지 등의 산업전반 부품·소재에 적용되며, 자동차, 공구 및 금형, 디스플레이산업, 에너지 및 환경, 의료산업 및 항공우주산업 등 전 산업 분야에서 적용
- 전자기기용 미세 구조체 도금기술은 반도체, 디스플레이, LED, 태양전지, PCB 등 전자기기의 성능향상을 목적으로 이용되는 표면처리 기술을 의미하고 도금기술에는 건식코팅기술과 습식도금기술이 있으며, 습식도금기술에는 전해도금, 무전해도금, 화학도금, 특수도금, 양극산화 피막 등이 있고, 건식코팅기술에는 용융도금, 화학증착, 진공증착, 박막증착 등의 코팅기술이 주로 사용
- 전자기기의 성능은 증착 박막의 물성에 크게 좌우될 뿐만 아니라 박막 증착 기술은 일부 선진 기업들이 선점하고 있어, 전자기기용 고기능 도금기술의 국산 및 글로벌 경쟁력 확보를 위한 기술개발 전략 수립이 필요
- 습식도금기술은 단일금속 및 합금도금, 복합도금 등의 기술형태로 기계부품, 자동차, 디스플레이, 전기·전자, 정보통신, 배터리, 태양전지 등의 산업전반 부품·소재에 적용
- 건식코팅기술은 자동차, 공구 및 금형, 디스플레이산업, 에너지 및 환경, 의료산업 및 항공우주산업 등 전 산업 분야에서 활발히 적용. 하드코팅용 건식코팅기술은 자동차 분야 적용을 통해 시장이 급격히 성장
- 도장/세정기술은 습식 및 건식으로 나눌 수 있으며, 도금, 증착, 패키징 등의 공정에 처리하는 전/후처리 개념으로 표면에 유·무기 수지를 코팅하거나, 유·무기 오염물을 제거하고, 밀착력을 향상시키기 위한 공정으로 산업 전 분야에 걸쳐 적용
- 미세 구조체 표면도금은 일반 장식용부터 현재 국가의 주요 수출산업인 자동차, 기계, 전기전자, 철강 및 조선 등의 핵심부품에 적용되는 고부가가치 기반기술로서 소재, 부품의 미관 및 내구성을 개선하거나 기능성을 부여





자료 : 소재기술백서, 2013

[ 미세 구조체 도금 표면처리 기술 분류 및 요구기능에 따른 적용기술 ]

## 나. 범위

### (1) 제품분류 관점

- 미세 구조체 성형기술에는 건식코팅기술과 습식도금기술이 있으며, 습식도금기술에는 전해도금, 무전해도금, 화학도금, 특수도금, 양극산화 피막 등이 있고, 건식코팅기술에는 용융도금, 화학증착, 진공증착, 박막증착 등의 코팅기술 등이 존재

[ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
초정밀 표면/박 막 제조 및 성형	건식성형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저마찰 코팅기술</li> <li>• 무 절삭유 고속기계가공용 나노입자코팅 공구</li> <li>• 크롬대체 코팅기술</li> <li>• 금형 코팅기술</li> <li>• 내장 플라스틱 부품 건식도금 기술</li> <li>• 폴리카보네이트(PC) 글레이징 코팅</li> <li>• 고경도 투명박막 형성 기술</li> <li>• COF(Chip on Film)용 전극 밀착력 향상 기술</li> <li>• 터빈 블레이드 열차폐 코팅</li> </ul>
	습식성형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6가 크롬 대체 및 CN-free 공정 기술(환경 친화적 도금용액 및 도금기술)</li> <li>• 자동차 내외장재 도금</li> <li>• Mg, Al 아노다이징 기술</li> </ul>
	외장성형	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 범퍼</li> <li>• 외장</li> </ul>

### (2) 공급망 관점

- 미세 구조체 성형기술은 산업분야에 따라 수요기술이 결정되는데, 주요 전자기기 분야는 반도체, 디스플레이, LED, 태양전지, PCB 등으로 분류할 수 있으며, 전자기기용 미세구조체 성형기술은 각각의 분야에서 제품 성능 향상을 목적으로 적용되는 표면처리 기술을 모두 포함

[ 공급망 관점 기술범위 ]

전략제품	공급망 관점	세부기술
초정밀 표면/박막 제조 및 성형	표면처리설비	진공기술, 파워, 전극, 자동제어, 시스템조립 및 제작
	원료물질	Target, gas, chemical
	도금공정	Plasma CVD, ion plating, sputteing, 전해/무전해도금, 아노다이징, 도장

## 2. 산업환경분석

### 가. 산업특징 및 구조

#### (1) 산업의 특징

- 국내 전방산업의 글로벌화에 따라 완성품 품질에 결정적인 역할을 하는 표면처리 기술의 첨단화가 함께 진행 중
  - 부분적으로는 세계적 수준에 도달하였으나 표면처리 원천기술 및 양산 장비 기술의 추가 확보가 필요한 상황
- 표면처리 분야는 반도체, 디스플레이, 자동차, 기계산업 분야 등 전 산업에 적용 가능한 기술로서, 기존의 기술대비 높은 발전 속도가 특징
  - 주기성이 매우 빠른 산업 분야임에도 불구하고, 표면처리 기술은 소재의 특성 및 응용 분야에 따라 처리 기술이 차이가 나기 때문에 기초 및 원천기술이 없이는 경쟁력 확보가 어려운 산업 분야
  - 단순 비용절감이나 개선을 뛰어넘어 첨단 기술경쟁력 확보가 시급하며, 환경규제 강화로 폐수 무방류, 유해 작업환경 개선이 필수적
- Hi-Tech 기술에 의한 기술집약적 산업분야
  - 반도체 및 디스플레이에 적용하는 표면처리 기술은 세계적인 수준인 반면 자동차 및 기계 소재 등에 적용하는 기술은 미흡
  - 연구자들의 중소기업 기여 부분을 강화하고, 대기업의 적극적인 기술개발 참여를 통해 기술을 안정화 시키는 것이 필요
- 주조산업과 더불어 대표적 공해유발업종으로 인식되어 각종 환경규제가 강화되고 있는 추세
  - 선진국 환경규제(RoHS) 대상산업인 동시에 폐액배출 등으로 작업환경이 열악하여 국내 기능 인력의 기피 업종 인식
  - 산업단지 내 산·증설 제약으로 공동폐수시설을 갖춘 협동화단지 조성이 필요
- 표면처리 분야는 현재 작업장의 유해가스 및 유독액의 접촉, 작업장의 불결함 등 3D 업종의 대표적인 기업유형으로서 작업환경의 개선과 공해업종으로서의 탈피를 위한 기술개발이 필요
  - RoHS, ELV, WEEE 환경규제 물질인 6가 Cr, Pb, Cd, Hg 등 유해원소에 대한 사용규제와 지구 환경 보호를 위한 무역규제가 진행 중
  - 환경 규제 대응을 위한 연구개발과 대체 공정 도입이 필수적으로 요구
- 고부가가치 산업의 핵심 도금산업분야
  - 미세 구조체 도금기술은 반도체, 디스플레이, 자동차, 기계산업 분야 등 전 산업에 적용 가능한 기술로서, 기존의 기술대비 높은 발전 속도 특징

- 주기성이 매우 빠른 산업 분야임에도 불구하고, 미세 구조체 표면처리 기술은 소재의 특성 및 응용 분야에 따라 처리 기술이 차이가 나기 때문에 기초 및 원천기술이 없이는 경쟁력 확보가 어려운 산업 분야
  - 단순 비용절감이나 개선을 뛰어넘어 첨단 기술경쟁력 확보가 시급
  - 환경규제 강화로 폐수 무방류, 유해 작업환경 개선이 필수
- Hi-Tech 기술에 의한 기술집약적 산업분야
- 반도체 및 디스플레이에 적용하는 미세 구조체 표면처리 기술은 세계적인 수준인 반면 자동차 및 기계 소재 등에 적용하는 기술은 미흡
  - 연구자들의 중소기업 기여를 강화하고, 대기업의 적극적인 기술개발 참여로 기술 안정화가 필요
- 주조산업과 더불어 대표적 공해유발업종으로 인식되어 각종 환경규제가 강화되고 있는 추세
- 선진국 환경규제 대상산업인 동시에 폐액배출 등으로 작업환경이 열악하여 국내 기능 인력의 기피 업종 인식
  - 산업단지 내 신·증설 제약으로 공동폐수시설을 갖춘 협동화단지 조성이 필요
- 미세 구조체 도금기술 분야는 현재 작업장의 유해가스 및 유독액의 접촉, 작업장의 불결함 등 3D 업종의 대표적인 기업유형으로서 작업환경의 개선과 공해업종으로서의 탈피를 위한 기술개발이 필요
- RoHS, ELV, WEEE 환경규제 물질인 6가 Cr, Pb, Cd, Hg 등 유해원소에 대한 사용 규제와 지구 환경 보호를 위한 무역규제가 진행 중인 상황에서 환경 규제 대응을 위한 연구개발과 대체 공정 도입이 필수적으로 요구

## (2) 산업의 구조

- 주문자 방식의 생산구조
- 자동차 부품, PCB, 도장, 도금 등 대부분 다품종 소량생산 체제이며, 주문자 방식에 의한 하청업체 구조
  - 다양한 제품의 적용을 위해서는 적용공정의 친화경성, 효율성, 에너지 저감성 등을 고려하여 기술 안정화 시급
  - 수요기업에 종속된 제조업체에서 지속적인 신제품, 신기술을 개발하는 표면처리 전문회사로 도약 필요
- 국내 미세 구조체 도금업체의 적용 기술 분포는 전기도금업이 약 60%, 기계·통신산업의 발달로 무전해도금 및 건식표면처리 수요가 증가되는 추세



자료 : 기술자립도 높은 미세구조체 도금기술 유망, 중기이코노미  
**[ 국내 표면처리산업 적용 기술 분포 ]**

**[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 산업구조 ]**

후방산업	초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야	전방산업
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원 부재료</li> <li>- 피처리재(금속, 비금속)</li> <li>- 도금액, 화공약품, 용제, 염료, Gas, Sputter target 등</li> <li>• 표면처리 설비</li> <li>- 건식코팅장치</li> <li>- 습식도금장치</li> <li>- 자동화 및 컨트롤러</li> <li>- 파워공급장치</li> </ul>	<p style="text-align: center;">전해/무전해 도금                      건식코팅(CVD/PVD 등) 도장                      화성처리, 양극산화 등                      세정 및 전처리</p>	<p style="text-align: center;">반도체 및 디스플레이 산업                      전자 및 전기 산업                      신재생 에너지 산업                      자동차, 항공, 선박                      광학, 필름 산업                      의료산업                      환경 및 건설산업                      기계 및 부품산업</p>

## 나. 경쟁환경

- 자동차기계부품 미세 구조체 도금분야는 기계소재부품의 미세 구조체 표면처리로서 PVD/CVD 등의 건식, 전해/무전해도금 및 아노다이징 등의 습식 표면처리를 포함하고, 기술적으로는 표면 처리 설비 제조기술, 표면처리 물질 제조기술, 표면처리 공정기술 등으로 구성

### ▣ 세계업체 및 제품 현황

- 미국, 독일, 일본 중심으로 시장이 구성되어 있으며, 최근 중국의 자동차산업이 빠르게 성장함에 따라 중국기업의 성장이 빠르게 진행
- 건식표면처리의 경우 유럽의 루빅, 발저스, 메타플러스, 이온본드, 일본의 울박 등 업체가 장비 및 공정시장을 점유
- 도장 원소재의 경우 PPG, Dupon, BASF, Akzo-Nobel, Kansai Paint 등이 세계 시장의 90%를 점유하고 있는 실정
- PCB 표면처리 분야에 있어 독일의 아토텍은 PCB 동도금액, 패키지 솔더링을 비롯한 전자산업 뿐만 아니라 장식도금 등 일반 도금액까지 판매하는 폭넓은 도금액 생산업체로 최근에는 TSV 및 미세구리배선 등 반도체 산업으로의 진입 시도

### ▣ 국내업체 및 제품 현황

- 국내의 경우 대부분의 업체가 중소기업으로 기술력과 인력부분에서 열악한 조건에 있으며, 국내에 진출한 유럽 등의 다국적 기업과 건식코팅시장에서 힘겹게 경쟁하고 있는 상황
- 솔브레인으로 상호를 변경한 테크노세미켄은 국내에서 유일하게 반도체 미세구리배선용 도금액을 판매 중이며 현재 BASF의 미세구리배선 도금용 유기첨가제의 국내 판매를 담당하고 있으며, 계속적으로 유기첨가제 개발에 대한 관심 지속
- 국내의 경우 건식코팅장비의 기술부족으로 유럽의 장비를 도입하여 제품을 생산하고 있으나 초기 투자비용 부담이 크고, 국내제작 장비의 경우 가격적 이점은 있으나 공정의 안정성 확보가 제한적으로 코팅제품의 신뢰성확보에 어려움 존재
- 국내 자동차기계부품 도금관련 기업은 영세한 중소기업 위주이며, 후발기업들이 시장에 진입하면서 경쟁이 치열
- 자동차 분야에서는 유럽의 루빅, 발저스 등의 코팅회사에서 장비 및 공정을 공급하고 있으며, 대형제품의 도금표면처리 및 코팅은 독일의 메타플러스가 세계시장을 독점하고 있으며, 국내에서도 발저스 등의 다국적 기업이 진출하여 자동차 부품 코팅시장을 점유하고 있는 실정

[ 제품분류별 경쟁자 ]

구분	경쟁환경				
기술분류	건식도금장비, 습식도금장비	도금물질	건식도금 공정	습식도금 공정	도금공정
주요 품목 및 기술	진공기술, 파워, 전극, 자동제어	target, gas, chemical	Plasma CVD, sputtering, ion plating	전해/무 전해도금 아노다이징	페인팅 불소수지코팅
해외기업	Ruebig, Hill, Metaplas, 에드워드, 베리안, 울박	Merck, Adlich, Du Pont, Toyobo, Bayer, Fluka, Junsei, Kanto	Sulzer Metco Metaplas Balzers, 데구사	Nippon Steel Dow Chemical	PPG, Dupon, BASF, Akzo-Nobel, Kansai Paint
국내기업	삼한진공 코리아바쿰 아텍시스템 에이티 한국진공 우성진공, 한수산업 대일도금기계	KCC 솔브레인 노루비케미칼 코랄코 한국진공야금	올리콘발저스 코리아 제이앤엘테크 인터테크 동우, 신성하이테크	포스코, 현대하이스코 대한지엠피 에이치피씨 진일테크 서전테크	현대차, 기아차, 삼성르노차 대우라이프 대영티앤씨 대동산업

#### 다. 전후방산업 환경

- 표면처리분야의 응용범위는 반도체, 디스플레이 및 공구, 금형과 자동차, 인체의료 등의 산업 분야에 매우 다양하게 적용
- 새로운 신기술과 신물질 개발에 의한 추진력으로 많은 부분에서 습식 표면처리가 지니는 환경 및 해외 의존도를 탈피하고, 고품질의 제품을 확보하기 위한 방법으로 건식 표면처리 방법으로 대체
- 표면처리는 제품 또는 부품의 마무리 공정이며, 대기업에서는 실시하지 않는 분야이고, 중소기업 전문화 업종으로 지정되어 주문 방식에 의한 생산이 이루어지는 형태
- 자동차 부품, PCB, 도장, 도금 등 대부분 다품종 소량생산 체제이며, 주문자 방식에 의한 하청 업체 구조
  - 다양한 제품의 적용을 위해서는 적용공정의 친화경성, 효율성, 에너지 저감성 등을 고려하여 기술 안정화 시급
- 국내 표면처리업체의 적용 기술 분포는 전기도금업이 약 60%, 기계·통신산업의 발달로 무전해도금 및 건식표면처리 수요가 증가되는 추세
- 세계적으로 습식표면처리 시장은 대기업이 진출하는 산업 분야는 아니고 중소기업 위주의 산업 형태이며, 선진국의 경우 전문 인력의 확보로 고부가가치의 제품을 생산

- 표면처리 국내 산업의 특징은 규모별 분석에서 약 74%가 20인 미만규모의 소기업이며, 국내 기업들의 약 24%가 20~50인 규모의 중기업 군으로 특징은 인당 매출액이 약 1.2억 원이며 생산제품 중 주문생산율이 80%를 넘는 대기업 하청 형태
- 국내 표면처리 업체는 약 5,500개로 추산되며, 그중 습식 표면처리 업체가 55%, 건식표면 처리 업체가 45%정도 차지하고 있으며, 특히, 건식표면 처리 업체는 주로 겸업(주조, 단조, 가공 조립업체)으로 산업을 형성

### 3. 시장환경분석

#### 가. 세계시장

- 세계 표면처리 시장은 2000년대 중반까지 10% 이상의 급성장세를 보이다가 세계시장 침체기 이후 2010년대에는 5~6%의 성장세. 2014년에는 3,184억 달러이며, 2015년에는 3,571억 달러로 매년 5.2%의 성장을 보여 2018년에는 3,900억 달러에 이를 것으로 예상
- 적용분야별로 보면, 미래의 기술 집약적인 산업인 반도체 및 디스플레이, 휴대폰, 태양전지, 자동차와 광학 필름, PCB 산업이 증가세를 띠고 있으며, 매년 10 %의 높은 성장 추세
  - 특히 최근 건식 분야의 경우 자동차 분야 적용 및 환경에 의한 규제에 대응하기 위한 기술로서 크게 성장할 것으로 기대
  - 현재까지 크게 시장 형성이 되지 않았던 인체, 의료관련 표면처리 시장 향후 21% 이상의 고성장 기대
- (반도체용 도금) 향후 450 mm 웨이퍼 대응 대면적 미세 구조체 도금표면처리 장비 개발이 지속적으로 이루어질 것으로 사료. 또한, 건식 표면처리 기술의 낮은 생산효율 및 공정능력으로 인하여 기존 표면처리 기술의 전해도금 및 무전해도금의 습식 표면처리 기술로의 전환이 확대
- (태양전지용 도금) 글로벌 경제위기 이후에 태양전지 산업이 위축되어 고효율 태양전지용 미세 구조체 도금표면처리 기술개발을 통한 고부가가치 실현이 절실
  - 양산형 태양전지의 전극 형성 기술로 기존 Ag paste를 이용한 전극형성 기술 대신 도금기술을 이용한 전극 형성 기술 활용할 경우 광효율 증가 및 원가 경쟁력 확보 가능할 것으로 기대
- (디스플레이용 도금) IT 제품의 경박단소화 추세 및 소비자의 고사양 선호 경향에 따라 고해상도 디스플레이 제품의 니즈가 증가하고 있는 상황
  - TFT 및 디스플레이 소자의 요구조건이 증가하여 기존 표면처리 방식만으로는 대응이 힘들어 新표면처리 기술의 개발이 요구
  - 디스플레이의 대면적화에 따른 기존 ITO 투명전극을 대체하기 위한 금속나노선, 금속메쉬 등에 대한 요구가 급격하게 증가하고 이를 위한 Roll-to-Roll 기반 연속생산 기술 개발이 요구
  - 산화물 반도체 증착기술 및 장비, 그리고 원가 절감을 위한 대면적 OLED 증착장비 등에 대한 수요가 증가하고 있으며, 향후 고사양 디스플레이 시장 확장에 따른 전망은 양호하다고 판단



- (LED용 도금) 국내의 LED 산업구조는 에피나 칩보다 조명분야에 편중되어 있어, 경쟁력 강화 및 건실한 LED 산업생태계 조성을 위하여 LED 에피·칩·패키지 관련기술 개발이 필요
  - 특히, 국내 GaN 에피 기판을 제공하는 업체는 삼성, 엘지 외에 3개사가 있었으나 시장가격 하락으로 인하여 현재 공급을 중단한 상황으로 혁신적인 저비용 에피 성장기술 개발이 필요
  - 또한 LLO 공정 활용 수직형 LED 제작에 있어 접합소재로 사용되는 AuSn 소재의 고비용으로 경쟁력 약화를 해결할 수 있는 표면처리 기술 개발이 요구
- (PCB용 도금) 전자산업의 질적·양적 성장에 따라 PCB 수요는 증가할 전망이며, 지난 10년간 연평균 6.1%로 성장. 특히, 아시아 지역이 전세계 PCB 시장의 약 90%(중국, 일본, 대만, 한국 순)을 점유
  - 중국은 수요업체가 많아 내수만으로도 시장 확보와 안정적인 성장이 가능하고, 일본은 부품·소재에 강점이 있어 원자재 경쟁력이 높고 다수의 수요업체 보유

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야의 세계 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만달러, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
세계시장	350,800	440,900	551,500	690,100	864,100	1,082,000	24.9

\* 자료: BCC research, 고기능/표면처리 코팅 최신 기술&산업 동향 세미나, 2015 재구성

- 표면처리 분야에서 가장 유망한 시장은 중국 시장으로서 2014년 현재 80조 시장에서 매년 15% 이상의 높은 성장세를 보일 것으로 기대되어 2018년에는 143조의 거대 시장으로 성장할 것으로 기대

## 나. 국내시장

- 국내 표면처리 시장은 반도체 디스플레이, 자동차, 핸드폰 분야의 지속적인 성장으로 지속적으로 10% 이상의 성장세를 보이고 있으며 2014년 13.8조 원의 시장 규모이며 2017년 18.4조 원 시장 추정되고, 향후 상승률 또한 증가할 것이라 예상

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야의 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억원, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
국내시장	155,580	195,230	235,530	285,900	346,200	417,980	20.8

\* 자료: BCC research, 고기능/표면처리 코팅 최신 기술&산업 동향 세미나, 2015 재구성

## 다. 무역현황

- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 무역현황을 살펴보면, 수출량은 지속적으로 증가하는 추세이며, 수입량은 소폭 증가하는 추이를 보임
  - 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 수출현황은 '11년 50억 3,510만 달러에서 '15년 57억 9,398만 달러 수준으로 감소하였으며, 수입현황은 '11년 45억 7,513만 달러에서 '15년 46억 4,878만 달러 수준으로 소폭 증가하여 무역수지 흑자폭이 증가
  - 최근 5년('11~'15년)간 연평균 성장률을 살펴보면 수출금액은 3.6%로 증가하였으며, 수입금액은 0.4%로 소폭 증가하여 전체 무역수지는 25.6% 증가한 것으로 나타남
- 무역특화지수는 '11년(0.05)부터 '15년(0.11)까지 증감을 반복한 것으로 나타남

### [ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 관련 무역현황 ]

(단위 : 천\$)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
수출금액	5,035,103	5,250,474	5,388,479	5,374,761	5,793,976	3.6%
수입금액	4,575,130	4,150,786	4,417,302	4,828,325	4,648,777	0.4%
무역수지	459,973	1,099,688	971,177	546,436	1,145,199	25.6%
무역특화지수*	0.05	0.12	0.10	0.05	0.11	

\* 무역특화지수 = (상품의 총수출액-총수입액)/(총수출액+총수입액)으로 산출되며, 지수가 0인 경우 비교우위는 중간정도이며, 1이면 완전 수출특화상태를 말함. 지수가 -1이면 완전 수입특화 상태로 수출물량이 전혀 없을 뿐만 아니라 수입만 한다는 뜻

\* 자료 : 관세청 수출입무역통계 HS-Code(6자리 기준) 활용

## 4. 기술환경분석

### 가. 기술개발 트렌드

#### ㉞ 복합도금

- 산업기계나 항공기, 운송기계의 고기능화, 고속화에 따라 사용되는 재료에는 지금까지 이상으로 다양한 기능성이 요구되고 있으며, 이에 따른 표면처리 기술로서 주목되고 있는 것이 콤포지트(composite)도금임. Composite도금이란 도금액 중에 불용성의 미립자를 첨가하여 균일한 현탁상을 만들고, 금속의 석출과 함께 입자를 공석시키는 기술이며, 분산도금이나 복합도금이라고도 함
- 공석 가능한 미립자는 다이아몬드나 세라믹스, 카본나노튜브, 4불화에틸렌수지(PTFE; Poly Tetra Fluoro Ethylene) 등 다방면에 걸쳐, 얻은 분산도금피막은 막중에 공석한 미립자 효과에 의해 고경도나 고내식성, 윤활성의 다양한 기능을 나타냄. 이미 금형이나 공구용 드릴, 피스톤에 실용화 되고 있지만, 뛰어난 기능성 피막을 얻기 위하여 나날이 연구 개발되고 있음
- 일본에서는 Suzuki 자동차공업이 수냉용 회전자나 실린더에 니켈도금과 SiC복합도금을 2사이클 엔진에 NiP도금과 BN(Boron Nitride)의 복합도금을 채용하고 있음. 현재는 사출성형용 기계부품이나 대형기어, 의료기기에까지 용도가 확대되고 있음. 장식도금 분야에서는 우단(velvet)이나 진주(pearl) 풍의 외관도금도 실용화되고 있음. 이는 계면활성제를 분해시켜 도금액을 현탁시킴으로써, 현탁한 계면활성제를 도금막에 넣는 기술임
- 복합도금막은 기지인 도금막에 분산미립자를 조합시킴에 따라서 아래의 형태로 분류할 수 있음
  - 단일의 니켈도금 기지에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>분산입자를 공석시키는 것
  - Ni-P도금기지에 PTFE분산입자를 공석시키는 것
  - 니켈기지에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 MoS<sub>2</sub> 2종류 이상의 분산상이 함유되는 것
  - 니켈기지에 알루미늄분말 분산입자를 도금한 후에 열처리에 의해 합금화 하는 것
- 복합도금 기지에는 니켈, 코발트, 크롬이 사용됨. 현재 널리 실용화되고 있는 복합도금 기지와 미립자, 피막특성은, 전기니켈도금에서는 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, WC가 내마모성, 내열성을 나타냄. 무전해 니켈도금에서는 MoO<sub>3</sub>, C, BN이 자기윤활성을, 무전해 코발트 도금에서 PTFE는 비점착성을 나타냄. 분산제로서 사용되고 있는 미립자와 기능에 있어서, 내마모성의 요동부품에는 SiC와 다이아몬드가, 금형과 의료 기구에는 윤활성의 PTFE가 사용되고, 도장밀착성을 중시하는 도장강판에는 실란커플링제와 SiO<sub>2</sub>미립자가 사용됨. SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> 미립자는 내식성의 자동차강판에, 카본나노튜브는 접촉저항이 낮은 접점부품에 사용됨
- SiC, 다이아몬드, 알루미늄 등의 고순도 미립자를 도금피막 속에 공석시켜서 도금막을 딱딱하게 하여 내마모성 피막을 형성시킬 수 있으며, 특히, 니켈합금도금막에 분산입자로서 SiC를 사용한 복합도금이 널리 개발되고 있고, 자동차나 항공기의 접동 부품에 적용되고 있음

- 자기윤활피막은 금형에 이형성을 부여하기 위한 피막으로서 이용되고 있음. 성형할 때 발생하는 가스나, 성형재료와 반응하기 어려운 금속기지 및 분산제가 사용되고 있으며 도막과 도금막의 접착강도를 향상시키는 피막으로서는 실란 커플링제나 실리카 입자를 사용한 복합도금이 있음. 또, 스티렌·부타디엔 공중합체 등의 고분자 입자를 함유한 복합도금도 도로밀착성 향상에 사용되고 있음
- 자동차용 강판에서는 높은 내식성은 물론, 고내식성 아연복합도금도 광범위하게 검토되고 있음. 특히, 아연 도금막에 알루미늄 분말을 공석시킴으로써 내식성이 향상된 피막이 폭넓게 사용되고 있으며, 카본나노튜브를 분산시켜서 낮은 접촉저항을 실현한 피막이나 나노규모 미립자 분산강화 합금피막이 잇달아 개발되고, 복합도금의 용도가 확대되고 있음
- 경질크롬 도금은 도금액 중에 6가 크롬을 함유하기 때문에, 작업자나 환경에의 부하가 커서 대체 기술 개발이 급선무인 상황임. 일본 Kanto대학에서는 고내식성의 무전해 Ni-W-P도금피막 속에 SiC를 분산시킨 Ni-W-P/Si 복합도금 개발을 진행하고 있음. SiC입자를 분산시킨 무전해 니켈 도금은 고경도, 고내마모 특성이 있기 때문에, 자동차, 항공기 부품에 응용되고 있음
- 복합도금에서는 도금액을 구성하는 착화제나 pH 등 도금처리 조건에 따라서 입자의 공석량이 변화함. 임의의 도금막 조성이 제어가능한 산화제를 선정하고, 도금액은 차아린산을 환원제로서 사용한 일반 무전해 니켈도금액을 사용하고, 착화제로서는 질산, 구연산, 호박산, 사과산, 글리신을 사용함
- 복합도금은 80년 이상의 역사가 있는 기술이지만, 아직도 개발의 여지가 많이 남아 있어, 도금 종류나 분산입자의 선택에 따라서 무한한 가능성이 확대되고 있음

#### ▣ 전해착색 기술

- 전자제품 케이스의 외관부품으로 사용되고 있는 금속제품의 친환경, 소형화, 슬림화 추세에 따라 표면처리기술의 고품질화 요구가 강해지고 있음. 특히 소재의 선택, 표면처리 착색관련 칼라구현, 내구성, 내후성 향상에 관한 연구개발에 관심이 집중되고 있음
- 착색은 표면처리공정에서 제기되는 유해성이나 폐수처리 문제를 해결하기 위한 기술로서도 각광 받고 있음. 전자케이스, 자동차부품 및 친환경 레저용품, 가전제품 등은 유럽의 유해물질 제한 지침(RoHS, Restriction of the Hazardous Substances)에 따라 발암물질인 기존의 6가 크롬(Cr6+), 크로메이트 처리 부품이 수출에 제한을 받고 있음
- 알루미늄, 알루미늄합금, 티타늄, 마그네슘 소재의 고기능 첨단화에 따라 고부가가치의 제품을 대량생산으로 수입대체 효과를 이룩할 수가 있음
- 현재 중국의 전자, 자동차 도금표면처리분야 산업의 급성장, 저가제품이 국내에 수입되고 있음
- 전해착색의 원리는 투명피막의 공공 속으로 금속이 석출하면 분산한 금속의 미립자에 의하여 입사광이 산란, 간섭하여 착색함. 입사광에 대하여 금속입자의 반경이 충분히 작은 경우에는 Ryleigh 광산란강도가 미립자의 전체에 분포하여 옅은 베이지색을 띠

## ▣ 용사 기술

- 최근 용사기술은 도금기술과는 달리 폐수처리가 필요 없으며 금속재료 표면에 내마모성이나 단열, 내열성, 전기절연 등의 기능을 부여하여 표면에 막을 형성하는 표면개질 기술로서 오래전부터 사용되고 있음
- 용사는 분말이나 봉상의 고체를 가열하여 용융시키는 방법으로서, 수 마이크로메타에서부터 백수십 마이크로메타 범위의 액체미립자를 소재표면에 고속도로 충돌시키는 원리를 적용한 기술 이임 편형미립자를 적층하여 피막을 금속표면에 형성시켜서 플라즈마 제트 분위기 중에 각종 용사분말을 투입한 후 용융과 가열을 하고, 액체미립자를 금속표면에 적층하여 막을 형성하는 방법이 플라즈마 용사임
- 용사피막의 정밀 연삭가공도 표면조도, 원통도, 진원도, 평면도 등의 형상 정밀도가 수치제어 롤 연삭반, 경면연삭반, 평면연삭반 등의 가공기기를 구사하여 부여하고 있음. 더욱이 현미경 시료 조절기, 광학현미경, 전자현미경, 표면형상 측정기, 부식시험기, 만능시험기, X선 회절장치, 레이저 표면형상 측정 장치, 3차원 형상측정 장치 등의 조사·평가 기기가 광범위한 요구에 대응하여 이용되고 있음
- 현재까지의 용사공정에서는 원재료의 고 순도, 재료를 복합화 할 때의 미세화, 제조공정의 오염저하 등의 요소기술 개발이 진행되고 있음. 용사피막을 공업적으로 활용하기 위하여 재료의 구성성분, 특히 금속원소에서 전기화학적인 귀(noble)·비(base)에 의한 용출, 전자방출에 의한 산화환원의 이해가 필요함
- 용사제품에서 지르코니아 재료는 열전도율이 낮아서 가스터빈의 열 차폐 동력부재에 대표적으로 사용되며 전기절연성과 유전성, 체적저항률이 높음. 편평 적층재는 수증기 분압이 높기 때문에 유전율을 낮추기 위하여 봉공처리를 함. 용사피막제품은 유전율이 높고, 친화성이 높으며, 향후 자동차 엔진의 발전용 가스터빈, 철강 연속 어닐링 로 내부의 롤, 반도체 액정용 정전지그, 플라즈마 에칭 용기 내부의 각종부재, 에너지 가스터빈 고온피복부재나 보일러 열교환용 강관, NaS 전지용기 등에 적용됨

## ▣ PVD

- 진공증착법, 스퍼터링법, 이온도금법을 크게 물리증착법(PVD, Physical Vapor Deposition)라 부르고 이 PVD기술의 특징은 목적에 따라 모재의 온도를 임의로 조절하여 사용할 수 있고 모재와 코팅 층의 열적특성의 불일치로 인한 코팅 층의 미세조직 조절 및 모재와의 계면 조절이 매우 용이하여 그 활용범위가 급격히 증가하는 추세임
- 국내에서는 EBPVD법과 전기화학방법으로 Zn-Cr 필름을 형성하여 이들의 구조와 부식특성을 금속조직학적으로 연구한 결과가 발표되면서 Cr함량이 합금도금 층의 물성에 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었음. 최근 포스코에서는 스트립형 AZ31 마그네슘 판재를 건식표면처리공정을 마그네슘 판재의 표면처리에 활용할 수 있는 방안도 제시하였음

## ▣ CVD

- 가스 상의 열역학적 분해결합을 이용하는 화학증착법(CVD, Chemical Vapor Deposition)이 개발되어 금속 및 세라믹 코팅층 제조에 널리 응용되고 있음. CVD법의 응용분야는 내부식용 Ta, 내마모용 TiC, TiN, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 내열성 ZrO<sub>2</sub>, 장식용 TiN 박막제조 및 반도체, 초전도체, 투명 전극, 자성재료 제조 등에 폭 넓게 이용되고 있음

## ▣ MOCVD, PECVD

- CVD의 단점을 극복하기 위해서 증착온도를 낮추는 방법이 모색되고 있음. 최근 연구개발한 금속유기화합물을 사용하는 MOCVD(Metallic Organic Vapor Deposition)법과 플라즈마 에너지를 이용하는 PECVD(Plasma Enhanced CVD)법임 PECVD법은 500oC 이하의 저온에서도 증착이 가능하며, 활성화된 이온과 기들의 에너지를 조정할 수는 있으나 반응생성물이 완전히 분리되지 않고 남아 있으므로 순수한 코팅 층을 제조하는데 어려움
- 높은 온도가 요구되는 CVD의 단점을 개선한 플라즈마에너지를 이용하는 PECVD법은 낮은 온도에서 DC방전, RF방전, Microwave방전 등을 이용하여 기체들의 비평형상태를 만들어 열역학적으로는 증착이 불가능한 온도범위에서도 증착반응을 가능하게 하여 증착 층을 얻는 방법임

## 나. 주요업체별 기술개발동향

### (1) 해외업체동향

- 미국, 독일, 일본 중심으로 시장이 구성되어 있으며, 최근 중국의 자동차산업이 빠르게 성장함에 따라 중국기업의 성장이 빠르게 진행
- 건식표면처리의 경우 유럽의 루빅, 발저스, 메타플러스, 이온본드, 일본의 울박 등 업체가 장비 및 공정시장을 점유
- 도장 원소재의 경우 PPG, Dupon, BASF, Akzo-Nobel, Kansai Paint 등이 세계 시장의 90%를 점유하고 있는 실정
- PCB 표면처리 분야에 있어 독일의 아토텍은 PCB 동도금액, 패키지 솔더링을 비롯한 전자산업 뿐만 아니라 장식도금 등 일반 도금액까지 판매하는 폭넓은 도금액 생산업체로 최근에는 TSV 및 미세구리배선 등 반도체 산업으로의 진입 시도

## (2) 국내업체동향

- 국내의 경우 대부분의 업체가 중소기업으로 기술력과 인력부분에서 열악한 조건에 있으며, 국내에 진출한 유럽 등의 다국적 기업과 건식코팅시장에서 힘겹게 경쟁하고 있는 상황
- 솔브레인으로 상호를 변경한 테크노세미켄은 국내에서 유일하게 반도체 미세구리배선용 도금액을 판매 중이며 현재 BASF의 미세구리배선 도금용 유기첨가제의 국내 판매를 담당하고 있으며, 계속적으로 유기첨가제 개발에 대한 관심 지속
- 국내의 경우 건식코팅장비의 기술부족으로 유럽의 장비를 도입하여 제품을 생산하고 있으나 초기 투자비용 부담이 크고, 국내제작 장비의 경우 가격적 이점은 있으나 공정의 안정성 확보가 제한적으로 코팅제품의 신뢰성확보에 어려움 존재

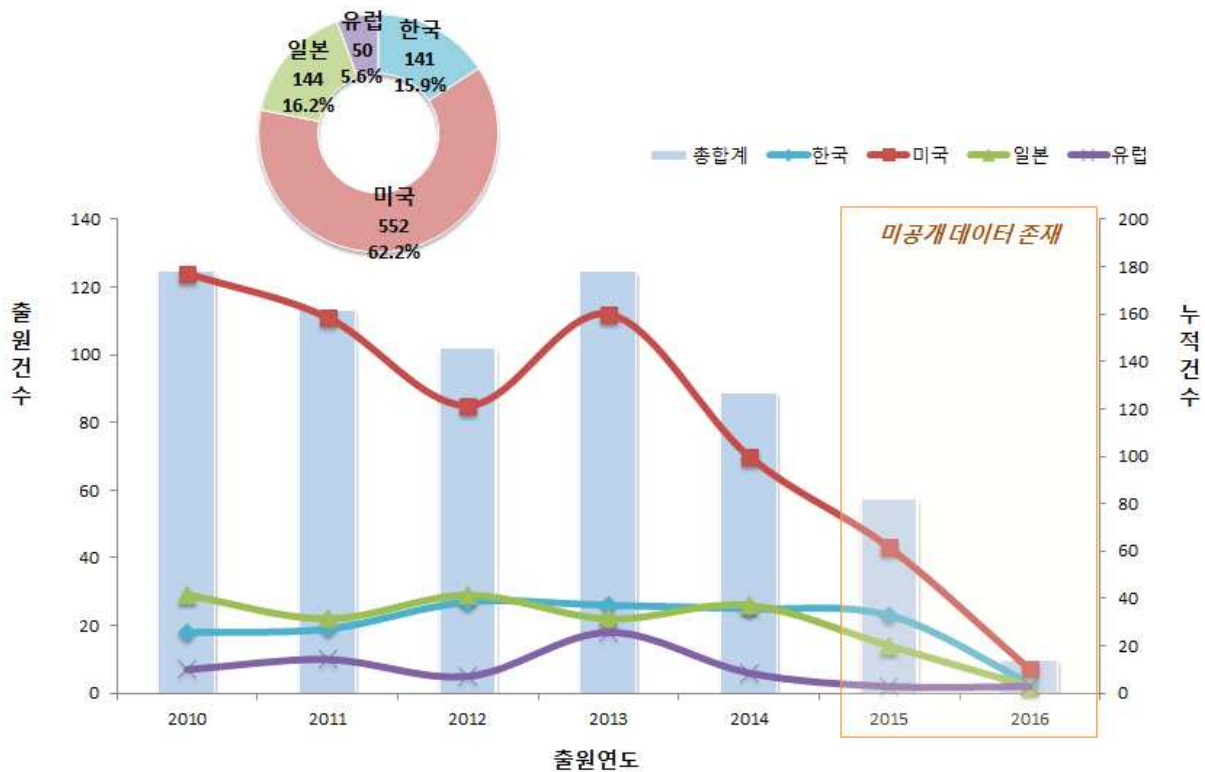
## 다. 기술인프라 현황

- 국내 공작기계분야에서는 기업규모의 열세로 선진국 대비 R&D 투자와 마케팅능력 열위로 차세대 기술개발 여건이 취약하고, 업계의 낮은 전업도와 전문화 미흡으로 역량집중이 안되고 있으며, 내수의존/수출지역 편중 및 수입의존도가 심화되고 있음. 또한 핵심부품을 주경쟁국에서 수입하므로 국제시장에서의 경쟁력이 열위이고 기술 인프라 체제의 구축이 미흡하며, 전문인력이 부족함
- 이에 정부는 ISO위원회 활동 확대 및 부품공용화사업 추진에 자금등을 지원하고, B2B사업의 인프라 구축을 위한 부품모듈화 기술개발 지원하고 있음
- 또한 민간차원에서 아래와 같은 노력이 필요한 실정
  - 전문인력양성 및 확보
  - 국제공인 품질인증(ISO, CE) 획득시스템 기반 구축
  - 성능평가 및 품질인증 관련 기술하부구조 구축
  - 해외제품 분석 및 비교시험 능력개발(시험, 기술개발, 사양 및 설계검증, Sales point 작성)
- 이러한 노력으로 국내 공작기계 기술시장에서 선진 각국의 성능평가 및 시험인증기관과의 상호인증 기반을 구축하고, 공인 성능평가 및 시험인증기관의 품질인증으로 대외신인도 및 경쟁력을 제고하며, 해외제품분석 및 비교시험을 통한 최고수준의 경쟁사 제품 분석 및 우위를 확보할 필요가 있음

## 라. 특허동향 분석

### (1) 연도별 출원동향

- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 지난 7년('10~'16) 간 출원동향<sup>21)</sup>을 살펴보면 연도별로 출원경향이 감소세인 것으로 나타남
  - 각 국가별로 살펴보면 미국 출원경향은 '13년을 제외하고는 급격히 감소추세, 미국, 유럽, 한국은 증감을 반복하나 전체적인 출원건수는 유지하는 경향을 보이고 있음
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 62.2%로 최대 출원국으로 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술을 리드하고 있는 것으로 나타났으며, 한국이 15.9%, 일본이 16.2%로 비슷한 수준의 출원 비중을 보이고 있음



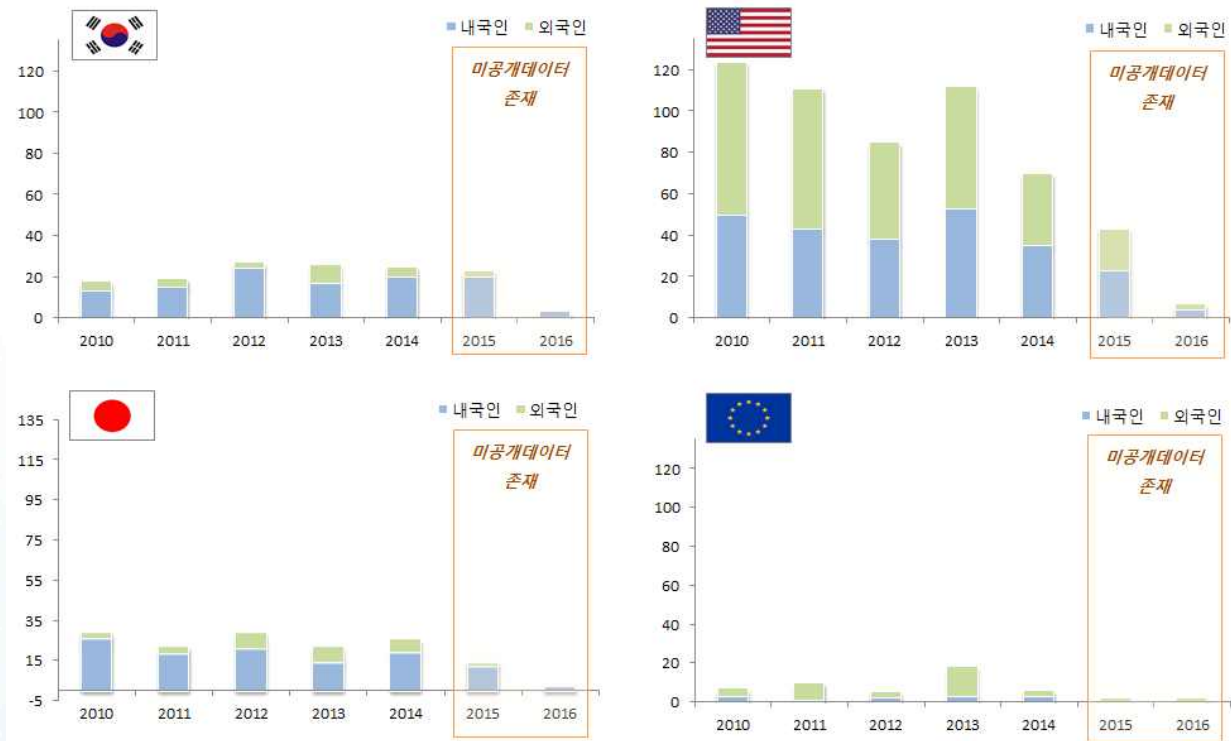
[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 연도별 출원동향 ]

21) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미 공개데이터가 존재하여 2015, 2016년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함



## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 전체적으로 꾸준히 출원건수를 유지하고 있는 것으로 조사되었으며, 최근 외국인의 출원이 점차 감소
  - 외국인의 출원 감소현상의 이유를 살펴보면 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 국내 시장에 대한 외국인의 선호도가 감소하고 있는 것으로 추정
- 미국의 출원현황은 '13년을 제외하고는 지속적으로 감소하는 추세를 보이는 것으로 조사되었으며, 출원인 대부분이 외국 출원으로 기술시장 선점을 위한 출원경쟁이 존재함을 알 수 있음
- 일본과 유럽의 출원현황은 소폭 감소하고 있는 추세를 보이고 있으며, 일본은 출원인 대부분이 자국민이며, 일본은 출원인 대부분이 외국인임



[ 국가별 출원현황 ]

### (3) 투입기술 및 융합성 분석

- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code<sup>22)</sup>를 통하여 살펴본 결과 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야의 가장 높은 IPC는 B23K 기술 분야가 283건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 B24B가 211건, H01L가 125건으로 다수를 차지
  - 이외에 B23B 80건, B23P 78건, B23Q 65건, B24D 45건, B23H 43건, B23C 36건, B29C 32건 순으로 기술이 투입되어 있어 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 B23B 기술분야의 수명이 13.18년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, H01L 기술분야는 7.29년으로 가장 짧은 것으로 분석

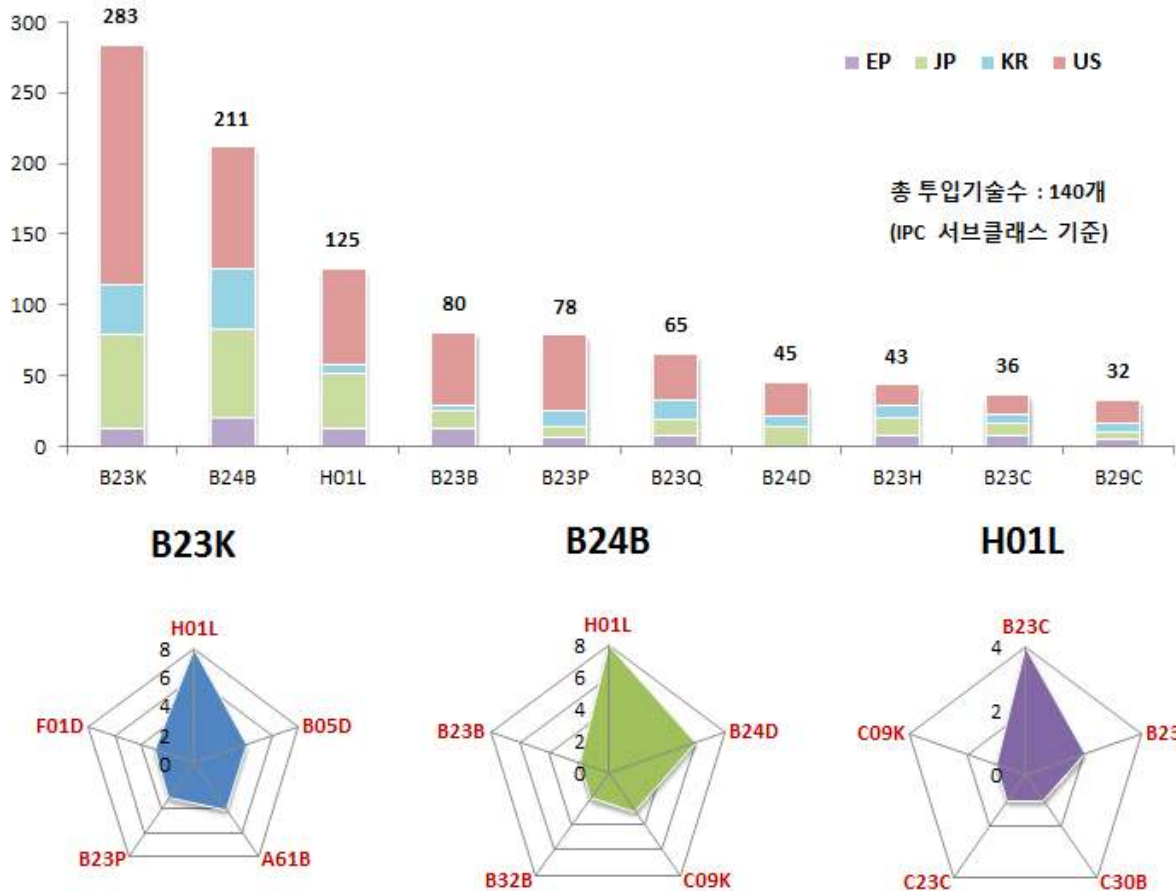
[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 상위 투입기술 ]

IPC	기술내용	특허인용수명(TCT) <sup>23)</sup>
B23K	납땜 또는 비납땜; 용접; 납땜 또는 용접에 의하여 클래딩 또는 피복; 국부가열에 의한 절단	11.00년
B24B	연삭 또는 연마하기 위한 기계, 장치 또는 공정; 마모면의 드레싱 또는 정상화; 연삭제, 연마제 또는 랩핑제의 공급	9.37년
H01L	반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치	7.29년
B23B	선삭; 보오링	13.18년
B23P	금속의 다른 가공; 복합 작업; 만능 공작 기계	10.58년
B23Q	공작 기계의 세부, 구성부분, 또는 부속 장치	10.59년
B24D	그라인딩, 버핑 또는 날연삭용 공구	12.21년
B23H	공구의 전극을 사용, 공작물에 고밀도의 전류를 사용하는 것에 의해서 행해지는 금속 가공; 이와 같은 가공과 다른 형식의 금속 가공을 복합한 것	9.18년
B23C	밀링	11.34년
B29C	플라스틱의 성형 또는 접합; 가스 상태에 있는 물질의 성형 일반; 성형품의 후처리	11.47년

22) 전세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)를 통해 특허정보 기술분야에서 공지 기술을 조사할 수 있으며, 기술 및 권리정보에 용이하게 접근 가능

23) 특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

- 투입기술이 가능 많은 B23K 분야와 융합이 높게 이루어진 기술은 H01L 분야로 나타났으며, B05D, A61B 분야와도 나타 융합된 기술의 건수가 높은 것으로 분석
- 이외에 B24B 분야는 H01L, B24D, C09K 분야와 융합된 기술이 많은 것으로 나타났으며, H01L 분야와 융합된 기술은 B23C, B23H, C30B 기술로 분석



[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 IPC 기술 및 융합성 ]

#### (4) 주요출원인 분석

- 세계 주요출원인을 살펴보면 주로 미국 및 일본의 출원인이 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났음
- 주요 일본 출원인을 살펴보면 HAMAMATSU PHOTONICS K.K., MITSUBISHI HEAVY IND LTD 등의 기업이 다수 출원을 하고 있는 것으로 조사되었으며, 주요 미국 출원인의 경우에는 GENERAL ELECTRIC COMPANY, 3M INNOVATIVE PROPERTIES CO, APPLIED MATERIALS, INC. 등의 기업이 다수 출원을 하고 있는 것으로 나타남
- 한국 출원인으로는 한국기계연구원이 상위출원인으로 나타나 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 관련 기술을 다수 보유

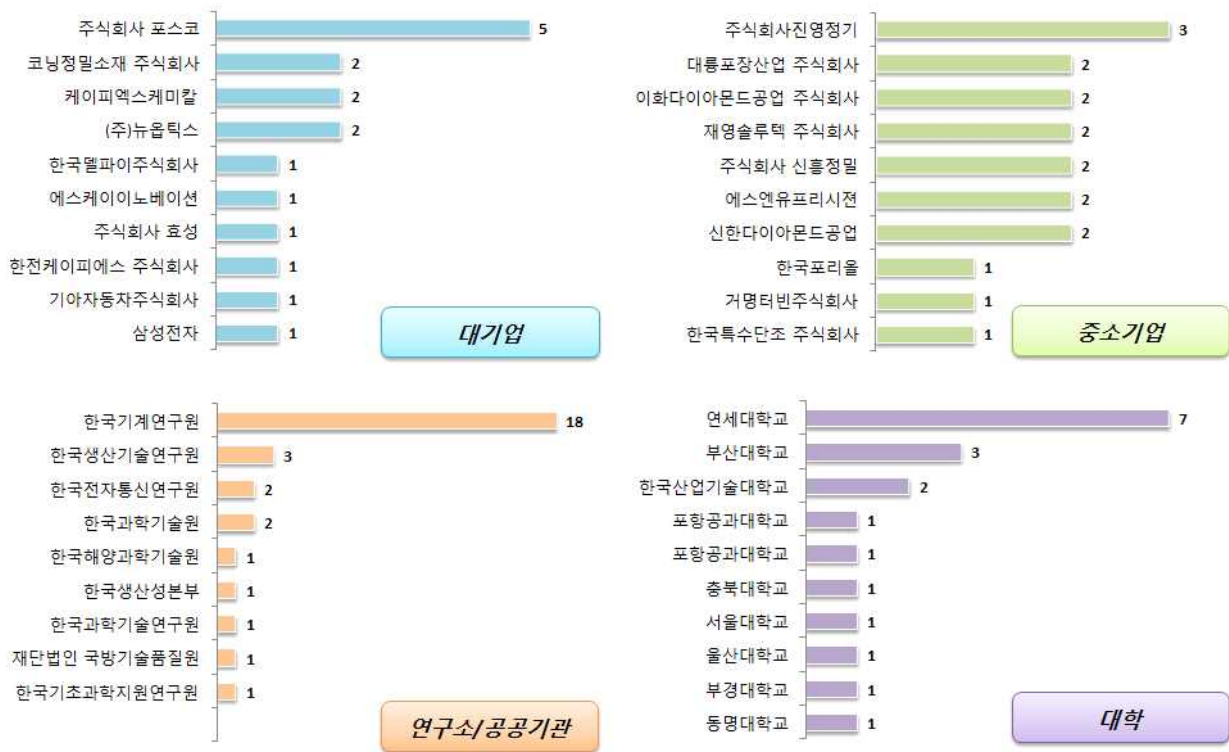
- 일본 국적의 출원인인 HAMAMATSU PHOTONICS KK의 3극 패밀리수가 17건으로 다국적으로 시장을 확보하며 출원을 하고 있는 것으로 보이며, 미국 국적의 출원인인 3M INNOVATIVE PROPERTIES CO도 16건으로 다국적 시장을 확보
- 일본 기업인 HAMAMATSU PHOTONICS KK이 확보한 특허의 피인용지수가 46.07로 가장 높게 나타나 기술의 파급성이 높은 원천기술을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

[ 주요 출원인의 출원현황 ]

주요출원인	국가	주요 IP시장국 (건수 %)					3극 패밀리 수 (건)	피인용 지수	주력기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시 장국 종합			
HON HAI PRECISION INDUSTRY CO. LTD	대만	0	25	0	0	대만	7	0.94	제조설비 제조공정
		0%	100%	0%	0%				
GENERAL ELECTRIC COMPANY	미국	0	18	0	2	미국	6	3.75	제조설비 제조공정
		0%	90%	0%	10%				
한국기계연구원	한국	18	0	0	0	한국	0	0	제조설비 원료물질 제조공정
		100%	0%	0%	0%				
HAMAMATSU PHOTONICS K.K.	일본	0	15	0	3	일본	17	46.07	제조설비 제조공정
		0%	83%	0%	17%				
3M INNOVATIVE PROPERTIES CO	미국	10	0	6	0	미국	16	0	원료물질 제조공정
		63%	0%	38%	0%				
CANON	일본	0	5	8	1	일본	5	4.5	제조설비 원료물질 제조공정
		0%	36%	57%	7%				
APPLIED MATERIALS, INC.	미국	0	13	0	0	미국	6	4.18	원료물질 제조공정
		0%	100%	0%	0%				
ELECTRO SCIENTIFIC INDUSTRIES INC	미국	0	8	4	0	미국	3	9.71	제조설비 제조공정
		0%	67%	33%	0%				
MITSUBISHI HEAVY IND LTD	일본	0	6	3	2	일본	6	0.4	제조설비
		0%	55%	27%	18%				
DISCO ABRASIVE SYST LTD	일본	0	0	11	0	일본	2	0	제조공정
		0%	0%	100%	0%				

### (5) 국내 출원인 동향

- 국내 출원인 동향을 살펴보면 대기업은 포스코의 출원건수가 가장 높게 나타났으며, 중소기업에서는 진영전기의 출원건수가 높게 나타남
  - 대기업의 주요 출원인은 포스코, 코닝정밀소재, 케이피엑스케미칼, 뉴옵틱스 등이 있으며, 중소기업의 주요 출원인은 진영전기, 대룡포장산업, 이화다이아몬드공업, 재영솔루텍 등이 주요 출원인인 것으로 나타남
- 기업 이외의 주요출원인을 살펴보면 한국기계연구원, 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원, 한국과학기술원 등 연구소/공공기관의 출원이 다수 나타났으며, 대학은 연세대학교, 부산대학교, 한국산업기술대학교의 출원이 높은 것으로 분석됨



[ 국내 주요출원인의 출원 현황 ]

## 5. 중소기업 환경

### 가. 중소기업 경쟁력

- 국내의 경우 대부분의 업체가 중소기업으로 기술력과 인력부분에서 열악한 조건에 있으며, 국내에 진출한 유럽 등의 다국적 기업과 건식코팅시장에서 힘겹게 경쟁하고 있는 상황
- 솔브레인으로 상호를 변경한 테크노세미켄은 국내에서 유일하게 반도체 미세구리배선용 도금액을 판매 중이며 현재 BASF의 미세구리배선 도금용 유기첨가제의 국내 판매를 담당하고 있으며, 계속적으로 유기첨가제 개발에 대한 관심 지속
- 국내의 경우 건식코팅장비의 기술부족으로 유럽의 장비를 도입하여 제품을 생산하고 있으나 초기 투자비용 부담이 크고, 국내제작 장비의 경우 가격적 이점은 있으나 공정의 안정성 확보가 제한적으로 코팅제품의 신뢰성확보에 어려움 존재

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 중소기업 현황 ]

기술 분류	주요 기술	대기업	중소기업	중소기업 참여영역	중소기업 참여정도
제조설비	진공기술, 파워, 전극, 자동제어		삼한진공 코리아바쿰	SPUTTER, ION PLATING SYSTEM, 진공필터 제작 설비	●
원료물질	target, gas, chemical	KCC	솔브레인 노루비케미칼	고강도 소재, 반도체 재료	●
제조공정	Plasma CVD, sputtering, ion plating, 전해/무전해도금 아노다이징, 페인팅 불소수지코팅	포스코 현대 기아 삼성	울리콘발저스 코리아 제이앤엘테크 인터테크 동우 신성하이테크 현대하이스코 대한지엠피 에이치피씨 진일테크 서전테크 대영티앤씨 대동산업	온도 Uniformity 향상 및 표면처리 기술, 평탄도 향상 및 표면처리 기술, Hole 가공 및 표면처리 기술	●

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계(●, ●, ●) 높은 단계: ●)

## 나. 중소기업 기술수요

- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술 분야의 중소기업을 대상으로 유망기술에 대한 기술수요조사를 실시하여 중소기업이 현재 기술개발을 추진 중이거나 추진할 계획이 있는 기술에 대한 기술개발현황을 살펴보면 다음과 같은 수요가 있는 것으로 확인
- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술 분야에 중소기업이 관심 있는 기술개발과제에 대한 수요 분석 결과, 다음과 같은 기술의 개발에 대한 수요 요구

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 과제신청현황 및 수요조사결과 ]

전략제품	기술 분류	관심기술
초정밀 표면/박막 제조 및 성형	반도체 및 디스플레이 표면제조 및 성형	반도체용 가스 스크러버 및 진공펌프 부품에 적용하기 위한 Ni-W-P 합금도금 기술개발 휴대폰내장형안테나 도금 제품 기술개발 고효율 이리듐 복합 전극 개발 반도체용기판 도금라인의 CuO 정량공급 및 분진제거장치 개발
	광학및필름 표면제조 및 성형	LED반사판 성능 개선(내식성,반사효율)을 위한 도금 기술 개발 모바일 기기용 및 웨어러블용 사파이어 Glass의 미세 가공을 위한 다이아몬드 전착 공구 기술개발 광폭 광학 필름용 Roll 금형 기술개발
	자동차 표면제조 및 성형	자동차용 FASTNER부품의 DIP-SPIN COATING공정 SYSTEM 개발 스프레이 방법을 이용한 자동차 휠의 은 코팅 용 프라이머(하도)의 개발 자동차 토크컨버터에 장착되는 펌프 임펠라의 특수도금공정 개발

## 다. 중소기업 핵심기술

### (1) 데이터 기반 요소기술 발굴

- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술 분야의 특허 및 논문데이터 검색을 통해 도출된 유효데이터를 대상으로 데이터마이닝 기법(Scientometrics 기법)을 통해 클러스터링된 키워드의 연관성을 바탕으로 요소기술 후보군을 도출
  - 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술 분야의 특허 및 논문 유효데이터를 기반으로 키워드 클러스터링을 통하여 요소기술 후보군을 도출
  - 제품별 dataset 구축 : 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술 분야 관련 특허/논문 데이터를 추출하여 노이즈 제거 후 제품별 dataset 구축
  - 1차 클러스터링 : 키워드 맵을 통한 고빈도 키워드 확인-빈도수(tf-idf)<sup>24</sup>가 상위 30%에 해당하는 키워드를 대상으로 1차 추출
  - 2차 클러스터링 : 1차 클러스터링에서 추출된 고빈도 키워드 사이에서 고연관도 키워드를 2차 추출 (고연관도 기준은 연관도수치<sup>25</sup>가 일정수준 이상인 클러스터로 제한)
- 다음 그림은 키워드 간 연관네트워크를 시각화한 것으로, 각 키워드를 나타내는 원과 키워드 간의 연관도를 나타내는 직선으로 구성
  - 각 키워드가 특허와 논문 중 어느 데이터에서 도출되었는지 원의 색으로 구분하였으며, 키워드로 도출된 클러스터는 황색음영으로 표시
  - 키워드를 나타내는 원은 고빈도의 키워드일수록 원의 크기가 크게 표현되며, 연관도를 나타내는 선은 키워드 사이의 연관도수치가 높을수록 굵게 표현
- 초정밀 표면/박막 제조 및 성형기술 분야 전략제품의 특허·논문 유효데이터에 대하여 키워드 클러스터링 결과를 기반으로 요소기술 도출
- 데이터 기반의 요소기술 도출은 키워드 클러스터링을 통해 도출된 요소기술에 대하여 전문가의 검증 및 조정을 통하여 요소기술을 도출

24) 빈도수(tf-idf) : 각 키워드가 출현되는 특허 또는 논문수를 의미

25) 연관도수치: 두 개 이상의 키워드 사이의 특허 또는 논문수를 의미





No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 03	nanoparticle, nanofiber	4~8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Synthesis of silver nanofibers via an electrospinning process and two-step sequential thermal treatment and their application to transparent conductive electrodes</li> <li>2. Direct production of carbon nanofibers decorated with Cu<sub>2</sub>O by thermal chemical vapor deposition on Ni catalyst electroplated on a copper substrate</li> <li>3. NANOFIBERS CONTAINING LATENT REACTIVE GROUPS</li> </ol>
클러스터 04	fabrication, structure, development	3~7	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thin film solar cells from nanocrystal inks of quaternary semiconductors</li> <li>2. Fabrication of ZnO nanorods by atmospheric-pressure solid-source CVD using ethanol- assisted low-temperature vaporization</li> <li>3. Surface plasmon enhancement of photon extraction efficiency by silver nanoparticles: With applications in laser cooling of semiconductors</li> <li>4. Fabrication of transparent conductive thin film electrodes based on Ag nanowire on transparent substrates using the spray method for photovoltaic applications</li> </ol>
클러스터 05	drug, nanocapsules, delivery	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ORALLY DISINTEGRATING TABLETS AND METHODS OF MANUFACTURE</li> <li>2. Nanocapsules: The weapons for novel drug delivery systems</li> <li>3. METHOD FOR PRODUCTION OF NANOPOROUS MULTI-LAYER BIODEGRADABLE POLYMERIC COATINGS AND PRODUCTS THEREOF</li> <li>4. Nanocrystallization by evaporative antisolvent technique for solubility and bioavailability enhancement of telmisartan</li> </ol>
클러스터 06	conductive film, carbon	3~6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CONDUCTIVE FILM, MANUFACTURING METHOD THEREOF, AND TOUCH SCREEN INCLUDING THE CONDUCTING FILM</li> <li>2. High Purity Carbon Nanotube, Process For Preparing The Same And Transparent Conductive Film Using The Same</li> <li>3. METHOD OF TRANSFERRING CARBON CONDUCTIVE FILM</li> </ol>
클러스터 07	insulating layer, nano,	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Taxel-addressable matrix of vertical nanowire piezotronic transistors</li> <li>2. Surface-plasmon-mediated emission from glancing-angle-deposition- functionalized ZnO nanowires</li> <li>3. FOUR TERMINAL NANO-ELECTROMECHANICAL SWITCH WITH A SINGLE MECHANICAL CONTACT</li> <li>4. TOUCH PANEL AND MANUFACTURING METHOD THEREOF</li> </ol>
클러스터 08	nanocrystal, polymer, semiconductor, film	3~6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thin film solar cells from nanocrystal inks of quaternary semiconductors</li> <li>2. Method for Increasing Efficiency of Semiconductor Photocatalysts</li> <li>3. Nanocrystal floating gate memory with indium gallium zinc oxide channel and Pt- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> core-shell nanocrystals</li> </ol>

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 09	active layer, electrode	4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigation of the morphology and electrical characteristics of hybrid blends based on poly(3-hexylthiophene) and colloidal CuInS<sub>2</sub> nanocrystals of different shapes</li> <li>2. HIGHLY EFFICIENT POLYMER SOLAR CELL BY POLYMER SELF-ORGANIZATION</li> <li>3. Enhanced performance of poly(3-hexylthiophenes) based thin film transistors using double-coated active layer</li> </ol>
클러스터 10	mixture, material, combination	3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Effects of annealing temperature on morphology and Crystallinity of nitrogen doped zinc oxide (ZnO:N) nano films</li> <li>2. Synthesis of superhydrophobic PTFE-like thin films by self-nanostructuration in a hybrid plasma process</li> <li>3. Ultrananocrystalline diamond nano-pillars synthesized by microwave plasma bias-enhanced nucleation and bias-enhanced growth in hydrogen-diluted methane</li> </ol>
클러스터 11	nanocomposite, coating, nanoparticle	3~5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Effect of plasma pretreatment on adhesion and mechanical properties of sol-gel nanocomposite coatings on polycarbonate</li> <li>2. Mechanical and anti-corrosion properties of TiO<sub>2</sub> nanoparticle reinforced Nicoating by electrodeposition</li> <li>3. Antimicrobial activity of nanocomposite zirconium nitride/silver coatings to combat external bone fixation pin infections</li> <li>4. SYNTHESIS, CAPPING AND DISPERSION OF NANOCRYSTALS</li> </ol>

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 데이터 기반 요소기술 ]

No	요소기술명	키워드
요소기술01	접착특성 옵셋 인쇄시스템 기술	offset printing
요소기술02	나노표면 형상제어기술	surface, morphology, formation
요소기술03	반도체 나노입자 활용 표면 처리 기술	nanocrystal, polymer, semiconductor, film
요소기술04	나노/마이크로 복합 각인공정시스템 기술	micro, Imprinting
요소기술05	나노스케일 초정밀 형상공구 기술	nanoscale, morphology, formation
요소기술06	나노패턴 절삭가공장비 기술	Nano patterning, cutting
요소기술07	나노패턴 절삭가공공정 기술	Nano patterning, cutting
요소기술08	반도체 표면결함 제어기술	active layer, electrode
요소기술09	반도체 나노입자 활용 표면 처리 기술	nanocrystal, polymer, semiconductor, film

**(2) 요소기술 도출**

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

**[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 요소기술 도출 ]**

분류	요소기술	출처
초미세 패턴 프린팅시스템	접착특성 옵셋 인쇄시스템 기술	특허/논문 클러스터링
	나노/마이크로 복합 각인공정시스템 기술	기술/시장 분석, 기술수요, 특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	코팅층 균일도 제어기술	특허분석, 전문가추천
	초미세 3차원 형상 전주기술	특허/논문 클러스터링
	반도체 나노입자 활용표면처리기술	기술수요, 전문가추천
나노패턴 절삭가공시스템	나노스케일 초정밀 형상공구 기술	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	나노패턴 절삭가공장비 기술	기술/시장 분석, 전문가추천, 특허/논문 클러스터링
	나노패턴 절삭가공공정 기술	전문가추천, 특허/논문 클러스터링
	내식성 향상 억제제 균일 분산제어기술	기술수요, 전문가추천
	표면 균일도 제어기술	특허/논문 클러스터링

### (3) 핵심기술 선정

- 확정된 요소기술을 대상으로 산·학·연 전문가로 구성된 핵심기술 선정위원회를 통하여 중소기업에 적합한 핵심기술 선정
- 핵심기술 선정은 기술개발시급성(10), 기술개발파급성(10), 단기개발가능성(10), 중소기업 적합성(10)을 고려하여 평가

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
초미세 패턴 프린팅시스템	접착특성 옵셋 인쇄시스템 기술	초미세 금속패턴 위의 박막의 잉크를 기판으로 전이하여 인쇄하는 기술
	나노/마이크로 복합 각인공정시스템 기술	기판에 열과 압력을 직접 각인하여 초미세패턴을 만드는 기술
나노패턴 절삭가공시스템	나노스케일 초정밀 형상공구 기술	수백나노급 미세패턴 가공이 가능한 다이아몬드 공구의 초미세형상 가공기술
	나노패턴 절삭가공장비 기술	수백나노급 미세패턴 가공을 위한 초정밀 가공장비 설계/제작/평가 기술
	나노패턴 절삭가공공정 기술	수백나노급 미세패턴의 고균일 절삭가공 공정기술

## 6. 기술로드맵 기획

### 가. 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술로드맵

- 최종 중소·중견기업 기술로드맵 은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

초정밀 표면/박막 제조 및 성형 기술의 중소기업형 기술로드맵				
Time Span	2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표	나노급프린팅기술 개발	나노급공구개발	나노급가공공정개발	초미세패터닝및가공기술개발
초정밀 표면/박막 제조 및 성형 핵심기술	접착특성 염색인쇄시스템 기술 나노/마이크로 복합각인공정시스템 기술			초미세패터닝인쇄기술
	나노스케일 초정밀 형상공구 기술 나노패턴 절삭가공장비 기술 나노패턴 절삭가공공정 기술			초정밀 절삭가공을 통한 패턴성형기술
기술/시장 니즈	스마트디바이스의사용증가로 디스플레이 및반도체부품수요증가	새로운디스플레이및반도체개발 수요증가	나노구조의스마트소재개발활발	

## 나. 연구개발 목표 설정

- 로드맵 기획 절차는 산·학·연 전문가로 구성된 로드맵 기획위원회를 통해 선정된 핵심기술을 대상으로 기술요구사항, 연차별 개발목표, 최종 목표를 도출

[ 초정밀 표면/박막 제조 및 성형 분야 핵심기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
초미세 패턴 프린팅 시스템	접착특성 읍셋 인쇄시스템 기술	미세패턴 크기( $\mu\text{m}$ )	3	2	1	마이크로미터 단위의 미세패턴 성형을 위한 기술개발
	나노/마이크로 복합 각인공정시스템 기술	패턴크기/각인율 ( $\mu\text{m}/\%$ )	5 / 85	3 / 85	2 / 85	마이크로미터 단위의 미세패턴 프레스성형을 위한 기술개발
나노패턴 절삭가공 시스템	나노스케일 초정밀 형상공구 기술	공구엣지(모서리) 반경(nm)	40	30	20	20nm 이하의 반경을 갖는 초미세 공구 제작 기술 개발
	나노패턴 절삭가공장비 기술	다축운동분해능( $\mu\text{m}$ )	0.03	0.02	0.01	나노미터 단위의 움직임이 가능한 가공장비 기술 개발
	나노패턴 절삭가공공정 기술	미세패턴 크기( $\mu\text{m}$ )	0.7	0.5	0.3	마이크로미터 단위 이하의 미세패턴 가공을 위한 공정 기술 개발









# 극청정/초정밀 가공기계

## 정의 및 범위

- 극청정/초정밀 가공기계 기술은 기존 절삭 가공공정에서 과다한 절삭유 사용으로 인한 가공비용 및 에너지소모 증가, 환경오염 및 낮은 효율성 등의 문제를 개선하기 위해 절삭유를 최소화하거나 절삭유를 사용하지 않으면서 가공효율을 높이는 가공기술
- 극저온 가공(cryogenic machining), MQL(Minimum Quantity Lubrication) 가공, LAM(Laser-Assisted Machining) 가공, PAM(Plasma-Assisted Machining) 가공, 하드터닝(Hard Turning) 등 친환경 가공을 위한 공구 및 가공기계가 포함

## 정부지원 정책

- 기술로드맵 수립 및 R&D 투자 규모를 꾸준히 늘리며 관련 산업을 지원
- 해외 의존도가 매우 높은 국산화 필요 기술뿐만 아니라 미래 핵심동력 및 신산업을 발굴하여 연구 개발에 집중 투자 및 지원
- 중소·중견기업을 위한 R&D 기회를 확대하여 히든 챔피언을 육성하는 등 중소·중견기업의 기술력 확보 및 국내외 시장진출 확대를 견인
- 정부 R&D 사업으로는 양산라인에 적용 및 상품화가 쉽지 않음과 동시에 기초원천기술 연구 또한, 외면되고 있어 R&D 하부구조가 취약

## 중소기업 시장대응전략

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"><li>• 극청정/초정밀 가공기계 기술의 적용분야 확대</li><li>• IT산업의 발달로 인터넷 기반 기술 확보</li><li>• 극청정/초정밀 가공기계 기술개발 활발</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 극청정/초정밀 가공기계 중소기업의 선행기술 개발 인식 부족</li><li>• 경쟁국에 비해서 국제적인 판매 및 A/S망 취약</li></ul>
기회(Opportunity)	위협(Threat)
<ul style="list-style-type: none"><li>• IT관련 금형산업 수요 및 자동차부품 수출 확대</li><li>• 전방산업의 성장에 따른 시장확대</li><li>• 수입대체효과 향상</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 글로벌 선진기업의 국내 진출</li><li>• 일본의 경기 장기침체에 따른 적극적인 한국시장 진출 노력</li><li>• 선진국의 고급기술 이전기피</li></ul>

## 중소기업의 시장대응전략

- 정부의 R&D 전략 수립 및 연구 자금 확대로 공작기계 분야는 꾸준히 성장
- IT융합 기술 및 서비스 기술의 확보로 High-tech 장비로의 전환
- 다품종 소량제품에 대응하기 위한 유연생산시스템 기술 확보로 국내외 가공시장 확대 필요

극청정 초정밀 가공기계 기술의 중소기업형 기술로드맵

Time Span		2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표		가공공정의 에너지효율향상	가공대상재료의 다양화	난삭재가공효율향상	재료의정밀가공이가능한 고효율가공시스템
극청정 초정밀가공기계 핵심기술	고효율 그린 성형시스템	에너지 절감가공시스템 기술 초고압 정수압 성형시스템 기술 고효율 서보프레스 시스템 기술			정밀가공시스템의 에너지효율향상
	그린소재 가공공정 및 시스템	고경도 그린소재 고능률가공 기술 하드 터닝공정 및시스템 기술 고능률사미도 공구기술			난삭재가공공정의 에너지효율향상
기술/시장 니즈		가공시스템의정밀도향상	가공시스템의에너지소비절감	다양한재료의가공이가능한시스템	

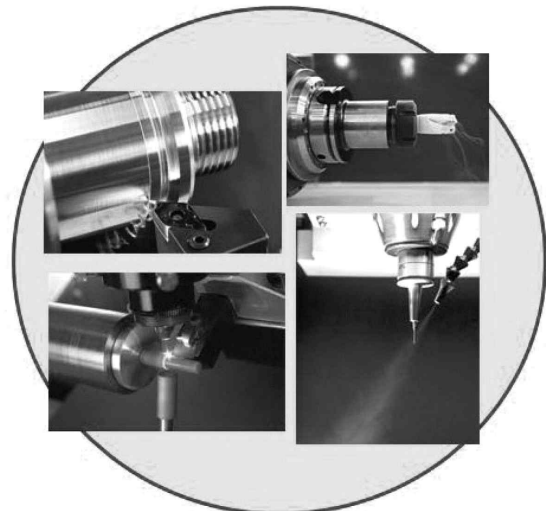
# 1. 개요

## 가. 정의 및 필요성

- 친환경 가공기술은 기존 절삭 가공공정에서 과도한 절삭유 사용으로 인한 가공비용 및 에너지 소모 증가, 환경오염 및 낮은 효율성 등의 문제를 개선하기 위해 절삭유를 최소화하거나 절삭유를 사용하지 않으면서 가공효율을 높이는 가공기술
  - 특히, 난삭재 가공 시 발생하는 높은 가공온도는 공구의 마모와 소재의 표면품질을 저하시키는 주요 원인이 되기 때문에, 이 온도를 낮추기 위해 주로 절삭유(cutting fluids)를 사용하고 있음
  - 그러나, 이러한 절삭유의 사용에 따른 악취, 연기 및 박테리아 등은 작업자의 건강을 위협하는 요인이 되고 있고, 절삭유의 폐기에 따른 환경오염의 원인이 되고 있음
  - 따라서, 기존의 절삭유 가공방식을 탈피한 고효율 · 친환경 가공을 위한 가공기술개발이 필요하게 되었으며, 이와 관련된 활발한 연구가 진행 중임



(Flood Cooling)



(Dry/Near dry machining)

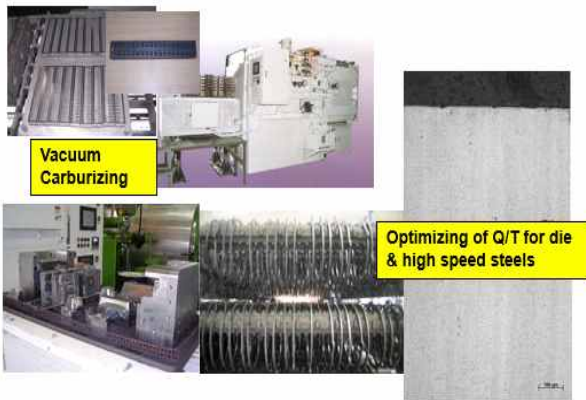
\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

### [ 가공 공정의 친환경화 ]

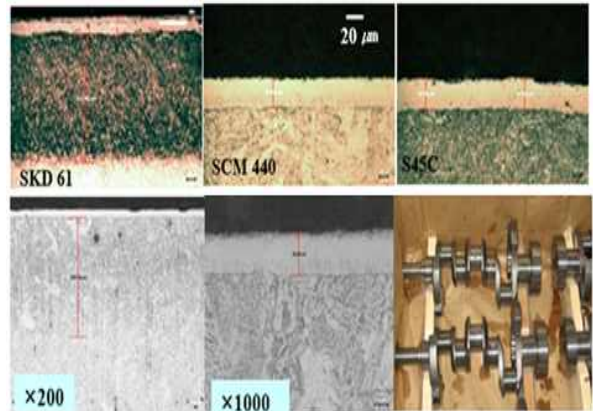
- 친환경 가공기술개발로는 건식가공 또는 극소량의 절삭유를 사용하는 친환경가공기술관련 개발과 친환경 가공을 위한 공구개발로 나눌 수 있음
  - 친환경 가공기술로는 액체질소(-196°C)를 사용하는 극저온 가공기술, 레이저 보조가공(Laser assisted machining) 기술, 극소량윤활(Minimum Quantity Lubrication)가공기술 등이 있음
  - 공구개발은 공구의 소재개발, 마찰계수가 작거나 윤활기능이 있는 코팅개발 등이 있음
- 국내의 경우 난삭재 가공과 관련된 원천기술 부족으로 신규 시장 진입에 어려움을 겪고 있음
  - 에너지 저감과 그린 운송수단의 요구로 고경도 경량소재의 사용량이 급격히 증가

- 난삭재의 가공(공구, 소재, 공정기술)을 위한 원천기술 부족으로 고경도 소재의 사용이 제한적이고 신공정 개발이 어려움
  - 특히, 항공/우주 등 첨단산업용 고부가가치 부품시장 진입이 어려움
- 기계가공기술은 대표적 기술 집약 산업으로 관련 산업으로의 파급효과가 큼
- 기계가공기술은 공작기계와 절삭공구의 바탕위에 가공 공정기술을 통해서 그 효과가 극대화됨
  - 공작기계와 절삭공구는 첨단 장비 및 소재 산업에까지 영향을 미칠 수 있음
  - 기계가공 공정기술 발전은 공작기계와 절삭공구의 첨단화를 견인함
- 기계가공부품 기술투자 미비에 따른 주력산업 경쟁력 저하 우려
- 기계가공 분야는 연관 산업에 근간이 되는 기반 기술임
  - 최근 가공공정 원천기술 개발을 위한 투자 미비로 관련분야 인력 부족 심화

진공침탄처리제품 및 조직



플라즈마 질화 처리 제품 및 조직



\* 출처 : 한국생산기술연구원

[ 화학적 극청정/초정밀 가공기계기술 ]

## 나. 범위

### (1) 제품분류 관점

- 친환경 가공기술개발로는 건식가공 또는 극소량의 절삭유를 사용하는 친환경가공기술관련 개발과 친환경 가공을 위한 공구개발로 나눌 수 있음
  - 극저온 가공은 액체질소(Liquid nitrogen)의 낮은 비등점(-198 )을 이용하여 절삭가공 부위에 발생하는 열을 냉각시키는 친환경 가공 방법(무색, 무취, 무독성, CO2가스 배출 없음)
  - MQL(Minimum Quantity Lubrication, 최소윤활) 가공은 기존의 습식가공에 비해 극미량 (1-100ml/min이하)의 윤활유를 압축공기와 혼합하여 절삭 부위에 미스트(mist) 형태로 분사하는 윤활가공 방법으로 가공비용을 낮출 수 있고, 공구 수명을 늘릴 수 있음
  - 고에너지빔 융합 가공 시스템은 극초단 고에너지 빔 응용 초정밀 하이브리드 가공 시스템, 마이크로 방전 기반 하이브리드 다축 가공 시스템, 비전도성 하이브리드 가공기, PCD 마이크로 공구용 5축 CNC 공구연삭기를 포함

#### [ 제품분류 관점 기술범위 ]

전략제품	제품분류 관점	세부기술
극청정/초정밀 가공기계	친환경 난삭재 가공기술	가공 시 발생하는 높은 온도로 인해 물리적, 화학적 작용으로 공구 부착(BUE 또는 adhesion)과 공구 마모가 급격히 진행되는 현상을 방지하기 위한 신소재 코팅, 최적 공구형상, 및 윤활가공용 공구 기술 포함
	극저온 가공	터닝, 밀링, 연삭 및 BUE(Built-Up Edge) 형성 억제, 표면조도 향상, 공구수명 및 소재제거율(Material Removal Rate(MRR)) 향상
	최소윤활 가공	터닝, 밀링, 연삭 등 일반 절삭 가공
	레이저 및 플라즈마 보조 가공	세라믹 레이저 가공, 금속 및 복합 재료 가공, 마이크로 밀링, 반도체 제조, 합성재료, 용접, 고분자, 방식코팅(anti-corrosion coatings) 시스템



## (2) 공급망 관점

- 극청정/초정밀 가공기계의 공급망 관점의 범위는 고속·복합 가공기계, 공구, 가공 공정 개선 산업으로 구분
  - 고속 복합 가공기계는 12축 드릴머신, 고출력 마그네틱 드릴링머신, 고속 및 정밀가공용 호빙머신, 천공용 수평 보링머신, 복합형 브로칭 머신, 가공용 대형수직선반, 고속절삭 호빙머신 기술 등을 세부기술로 포함
  - 공구 기술은 스피들 속도 개선 기술, 백페이스 홀용 보링공구장치, 스피들 간편속도제어 무단변속기구, 어셈블리 유닛, 공작기계용 ATC 에어스피들, Multi Stamping unit 등을 세부기술로 포함
  - 가공 공정 개선기술은 펀칭방식 공정개선 기술, 제조공정과 품질 개선 기술, 최적의 머시닝 개발 및 가공 공정 개선 기술 등을 포함

[ 공급망 관점 기술범위 ]

전략제품	공급망 관점	세부기술
극청정/ 초정밀 가공기계	고속·복합 가공기계	12축 드릴머신, 고출력 마그네틱 드릴링머신, 고속 및 정밀가공용 호빙머신, 천공용 수평 보링머신, 복합형 브로칭 머신, 가공용 대형수직선반, 고속절삭 호빙머신 기술 등
	공구	스피들 속도 개선 기술, 백페이스 홀용 보링공구장치, 스피들 간편속도제어 무단변속기구, 어셈블리 유닛, 공작기계용 ATC 에어스피들, Multi Stamping unit 등
	가공 공정 개선	펀칭방식 공정개선 기술, 제조공정과 품질 개선 기술, 최적의 머시닝 개발 및 가공 공정 개선 기술 등

## 2. 산업환경분석

### 가. 산업특징 및 구조

#### (1) 산업의 특징

- 공작기계 기술의 흐름은 고속화, 다축화, 복합화, 정밀화의 추세이며, 오늘날 제조업은 다품종 소량생산, 변종변량생산, 짧은 납기, 원가절감, 경량화, 기능의 복합화에 따른 복잡형상부품의 증가, 숙련된 작업자 및 기능공의 부족 등이 진행되고 있어 이러한 환경을 반영할 수 있는 제조장비로서 복합가공기계가 개발되고 있음
- 산업 구조의 고도화와 제조업의 경쟁력강화를 실현하기 위한 핵심 산업으로 전후방 산업관련 효과가 매우 큼. 특히, IT, BT, NT 등 융복합 기술 및 초정밀 공작 기술 기반의 미래 신산업 분야의 핵심 기반 산업
- 공정이동 간 발생하는 비가공시간, 공정교체 시 발생하는 치공구 오차 등을 제거하기 위해 1대의 기계에서 다양한 기능성 가공을 수행하는 가공기계가 보편화
- 공작기계의 고속화에 따른 절삭공구의 개발은 필연적인 관심대상, 고속가공용 공구 재종은 고향 절력(인성)의 초경재종과 코팅박막 적용하여 고온에서의 안정성 확보 요구
- 대기업을 중심으로 브랜드 이미지 중심으로 발전시키는 전략, 설계인력의 전략적 양성 등을 통해 고속·복합 가공시스템 관련 산업의 국가 경쟁력 획득이 필요
- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 정밀 가공 · 소성 등 기반공정기술, 메카트로닉스 등 기계분야의 공통기반 원천기술 혁신을 위한 진흥전략을 추진
  - 주력산업과 신성장산업 분야에서는 소재의 경량화, 고강성화(복합재) 등을 요구하고 있는 바, 이러한 첨단소재의 가공공정기술에 대한 지원 및 원천 기술 확보 필요
  - 대외의존도가 높은 핵심 소재 · 부품 분야를 중심으로 공정기술을 확보하지 못하면 향후 장비도 해외에 의존하여야 하므로, 공정기술과 장비기술 간 상호 보완이 필요
- 친환경기술 개발로 가공 생산성 확보 및 가공기술의 친환경화
  - 공구수명 및 가공품질의 향상뿐만 아니라 그린 제조 환경의 구축으로 제조 생산성을 확보하여 제조업의 글로벌 경쟁력 키워야 함
- 대학 연구기반 확대를 위한 기초연구 프로그램의 병행 추진
  - 최근의 국가지원 과제는 제품개발에 초점을 맞추고 있어 생산의 근간이 되는 공정 원천기술에 대한 지원이 열악하여, 기업에서 요구하는 공정기술과 관련된 인력의 공급에 차질이 우려

- 직접적인 제품 판매와 직결되지 않지만 다양한 제품, 장비 및 공구 등의 개발 기초가 되는 공정기술의 지속적인 발전 및 원활한 인력 공급을 위하여 연구 및 교육기관을 대상으로 지속적인 지원 필요
- 대학을 통한 인력양성과 더불어 전문가DB 활용 ‘상시 멘토링 시스템’, ‘산업체 기술인력 재교육’ 등의 프로그램을 통해 “교육 ↔ R&D ↔ 고용”의 긴밀한 양방향적 산·학·연 연계를 강화할 수 있는 방안을 모색
- 기업의 R&D 참여를 위한 산·학·연 공동연구, 기술선진국과의 공동 R&D 및 인력교류 등 Open Innovation 정착

□ 공통 기반기술과 연관 산업의 연계 강화

- 산·학·연 연계 프로그램과 연구 인프라 구축으로 글로벌 경쟁에 공동 대응하여 경쟁력 확보 필요
- 첨단산업에 사용되는 신소재에 대한 공정기술의 지속적 개발 및 데이터 축적 등을 통하여 미래 산업 발전 대비
- 산업별 소재, 공구, 공정 및 품질 관리 기술을 특화하여 제품 개발 지원

**(2) 산업의 구조**

- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
  - 공작기계 투자수요를 유발시키는 연관성은 전방산업의 발전보다는 후방산업의 발전에 보다 큰 영향
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상
- 산업연관표의 168 분류를 기준으로 할 때, 공작기계 주요 후방산업으로는 금속가공용 기계가 약 16%로 가장 큰 비중을 차지
  - 이는 공작기계산업의 발전을 위해서는 공작기계 자체의 경쟁기반이 전제되어야 함을 의미
  - 다음으로는 선철 및 합금철, 조강, 열간압연강재, 냉간압연강재, 주단강품, 기타 철강1차제품 등 철강 산업의 중간투입비율이 전체의 8.9%로 큰 비중을 차지
  - 이외에 의료 및 측정기기부문이 4.9%로 상당히 높게 나타났는데 이는 공작기계가 전반적으로 NC화 되면서 수치제어용 부품의 중요성이 큰 것을 의미

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 산업구조 ]

후방산업	극청정/초정밀 가공기계 분야	전방산업
부품소재, 철강, 공구업종, 선반, 밀링, 엔지니어링 산업 (CAD/CAM/CAE) 등	고속·복합 가공시스템, 초정밀 가공시스템, 극청정/초정밀 가공기계 등 정밀가공시스템	자동차, 항공, 전기전자, 반도체, 가전, 조선, 금형, 건축자재, 샤프, 파이프 등

## 나. 경쟁환경

### ㉠ 친환경 난삭재 가공 기술 현황

- 난삭재의 가공기술과 관련된 기술개발은 크게 공작기계, 공구 및 新 가공기술로 나누어 생각할 수 있음
  - 공작기계의 경우 독일과 일본을 중심으로 고성능 난삭재 가공을 위한 공작기계 개발을 주도하고 있는 반면, 국내에서는 아직까지 연구개발 실적이 미흡
  - 난삭재 가공을 위한 공구개발의 경우 미국, 스위스 및 일본을 중심으로 공구의 코팅 및 형상개발 위주의 개발을 진행하고 있으며, 국내에서도 일부기업을 중심으로 연구가 진행 중
  - 초음파, 레이저 등을 이용한 新 가공기술은 대만과 호주, 독일을 중심으로 연구가 진행되고 있고, 국내의 경우 일부 대학과 연구소에서 연구가 진행 중
- 친환경 가공시스템은 하드터닝 등 공정레벨과 에너지절감 가공장비, 상위 가공Shop 레벨 에너지 관리 등의 전반에서 활발한 연구가 진행 중이며, 특히 티타늄·CGI·CFRP 등 고경도/경량 신소재 관련 기술은 글로벌 3강 국가의 업체와 연구소·대학 중심으로 연구가 활발히 진행 중
  - 초음파를 사용하여 난삭재(타타늄, 세라믹) 가공 기술에 사용한 예는 선진국(독일)이외에는 거의 없는 초기 연구단계로 향후 자동차 시장, 의료시장 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 기술
- Mazak(일), DMG/Mori-Seiki 등 선진사는 단일 플랫폼에, One-Chucking Multi- Machining, Done-In-One(All-In-One) 등 융복합 장비를 개발하였고 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미(Assist)하여, 가공 품질과 생산성을 향상
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)에서 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통을 일체화된 복합가공기는 기존의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급
  - 최근의 고능률 복합화의 개념은 과거 이종 공정의 복합화(일체화)와 고속화를 떠나, 다양한 제품요구 변화에 대응할 수 시스템 변경·확장에 요구되는 Ramp-Up 시간을 최소화

[ 친환경 난삭재 가공 기술 개발 현황 ]

기술명	개발 내용	연구기관	
공작기계	고성능 난삭재 가공을 위한 공작기계 개발	국외	(독) MAG (일) Makino (일) Mazak (독/일) DMG/MoriSeiki 외 다수
		국내	한국기계연구원, 대구텍
공구개발	공구 개발(코팅 및 형상)	국외	(미) Kennametal Inc. (미) Seco Tools (스) Sandvik Coromant Co (일) 미쯔비시 (일) 쓰미모토 외 다수
		국내	대구텍, 한국야금, YG -1, OSG
	가공특성 연구	국외	(미) Michigan State Univ. (독) Franunhofer CCL (미) Newtech Ceramics
		국내	UNIST, 서울대, 성균관대, KAIST, 현대자동차 외 다수
新 가공기술	초음파, 레이저 등 하이브리드 가공기술	국외	(대) 싱가포르 국립대 (대) SIM-Tech. (호) Industrial Laser Application Lab. (독) Franunhofer IPT
		국내	한국생산기술연구원, 기계연구원, 국민대, 삼척대, 창원대

\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

- 난삭재 가공장비 업체인 MAG(독일)는 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템(through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도
  - 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- 독일의 Trumpf는 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 시장주도하고 독일외 EU·대만·미국 등 생산기지화로 글로벌 시장경쟁력 확보
- Fastems(핀), Mazak(일), DCT(독일) 등 FMS 가공시스템 제공 업체는 최근 장비, 유연 자동화 주변장치/셀, 운영·제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템 Turnkey 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화를 진행
  - 일본의 선도 공작기계 업체는 고객(사)에 납품된 기계·장비에 대한 토탈 A/S 지원을 위한 기계·장비 생산업체 서비스센터와 연결된 원격 A/S 네트워크 지원망 시범지원하고 있으며, 향후 실시간 장비 서비스 환경으로 진화될 것으로 전망

### ▣ 친환경 가공 기술 현황

- 친환경 가공기술은 주로 극저온가공, 레이저보조가공, 최소윤활가공(MQL) 및 하드터닝 위주로 개발되고 있고, 친환경 가공을 위한 공구개발이 같이 이루어지고 있음
- 응용분야로는 항공, 바이오 및 자동차 등 산업 전반에 걸쳐 있음

[ 친환경 가공 기술 개발 현황 ]

기술명	연구기관	
극저온 가공	국외	(독) MAG, (영) Bath Univ., (미) U.of Massachusetts, (슬) U. of Ljubljana
	국내	
레이저 보조가공	국외	(미) Purdue Univ., Western Michigan Univ. (호) Swinburne Univ. of Tech.
	국내	창원대, 한국해양대, 국민대, 기계연구원
MQL	국외	(미) MSU.&Georgia Tech.&U of Mich. (미) UNIST, (미) Kennemetal, (스) Sandvik
	국내	성균관대(대학), (주)원앤텍코리아, (주)우남산업
하드터닝	국외	(독) Fraunhofer, Achen, (미) Makino, Georgia Tech.,
	국내	UNIST, 포항공대, 대구텍, 한국야금
친환경 공구	국외	(미) Kennemetal, (스) Sandvik, (일) 쓰미모토 외 다수
	국내	대구텍, 한국야금, YG-1

\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월



\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT, Vol 12-6, 2012년 6월  
[ 친환경 가공 기술 적용 분야 ]

[ 제품분류별 경쟁자 ]

구분	경쟁환경		
기술분류	공작기계	공구개발	新 가공기술
주요 품목 및 기술	고성능 난삭재 가공을 위한 공작기계 개발	공개개발(코팅 및 형상), 가공특성 연구	극저온 가공, 레이저 보조가공, MQL, 하드터닝, 친환경 공구
해외기업	MAG, Makino, Mazak, DMG/MoriSeiki 외	Kennametal Inc, Seco Tools, Sandvik Coromant Co, 미쯔비시, 쓰미모토, Michigan State Univ, Franunhofer CCL, Newtech Ceramics	MAG, Bath Univ., U.of Massachusetts, UNIST, Kennemetal, Sandvik Purdue Univ., Western Michigan Univ. Swinburne Univ. Fraunhofer, Achen, Makino, Georgia Tech, Kennemetal, Sandvik,
국내기업	한국기계연구원, 대구텍	대구텍, 한국야금, YG -1, OSG, UNIST, 서울대, 성균관대, KAIST, 현대자동차	창원대, 한국해양대, 국민대, 기계연구원, 성균관대(대학), (주)원앤텍코리아, (주)우남산업 포항공대, 대구텍, 한국야금, YG-1

## 다. 전후방산업 환경

- 공작기계는 핵심 기간재 산업으로 전후방 연관 산업과의 연관성은 타 산업에 비해 상대적으로 높은 수준
- 공작기계의 전방 산업으로는 자동차, 전기전자 및 통신기기, 조선, 금형업종 등이 해당되고 후방 산업으로는 부품소재, 철강, 공구업종 등이 해당
- 공작기계와 연관성이 가장 강한 업종으로는 전방산업은 자동차, 후방산업은 부품·소재로 이들 업종은 향후에도 변동이 없을 것으로 예상
- 산업연관표의 168 분류를 기준으로 할 때, 공작기계 주요 후방산업으로는 금속가공용 기계가 약 16%로 가장 큰 비중을 차지
  - 이는 공작기계산업의 발전을 위해서는 공작기계 자체의 경쟁기반이 전제되어야 함을 의미
  - 다음으로는 선철 및 합금철, 조강, 열간압연강재, 냉간압연강재, 주단강품, 기타 철강1차제품 등 철강 산업의 중간투입비율이 전체의 8.9%로 큰 비중을 차지
  - 이외에 의료 및 측정기기부문이 4.9%로 상당히 높게 나타났는데 이는 공작기계가 전반적으로 NC화 되면서 수치제어용 부품의 중요성이 큰 것을 의미



\* 자료: 월간 기계기술기자, 2013년 2월호

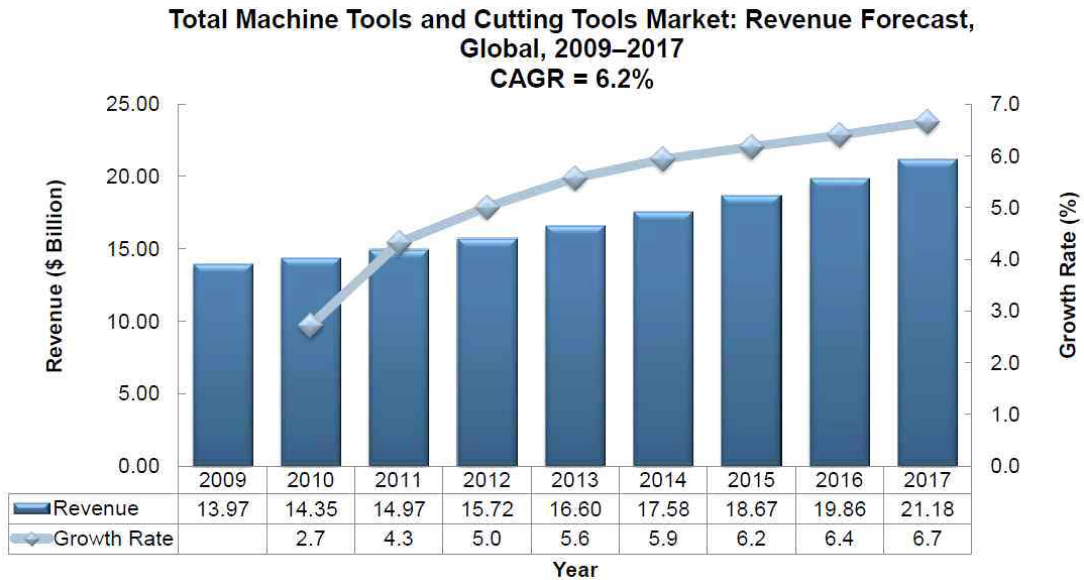
[ 공작기계산업의 전후방 연관산업 ]



### 3. 시장환경분석

#### 가. 세계시장

- 세계 가공공작기계업 시장은 2015년 약 180억 달러 규모에서 연평균 약 6.2%의 성장률을 기록하며 2017년에는 약 210억 달러 수준에 이를 전망



\* 자료: Frost & Sullivan analysis : Global Machine Tools and Cutting Tools Market

#### [ 전체 가공공작기계분야 시장현황 ]

- 초정밀 및 극청정/초정밀 가공기계 시장의 경우 2015년 256억 달러에서 2018년에는 387억 달러로 연평균 약 15%의 성장률을 유지할 것으로 예상

#### [ 극청정/초정밀 가공기계 분야의 세계 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 백만달러, %)

구분	'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)	
세계 시장	초정밀 및 하이브리드	25,592	29,092	33,232	38,734	44,606	51,368	15.16
	고속·복합 가공시스템	68,485	73,272	78,394	83,874	89,736	96,009	6.99
	전체 공작기계	102,304	111,225	121,169	132,886	145,311	158,897	9.35

\* 자료: 한국공작기계산업협회, “신성장동력장비산업 동향보고서 2012”, “Metal Working Insiders Reports 2012” (Gardner Publications, Inc.), “Machine Tools - A Global Strategic Business Report 2011”(Global Industry Analysts, Inc.) 등의 자료를 참고하여 전망치 추정

## 나. 국내시장

- 국내 가공공작공산업 시장의 경우, 2015년 13.7조 원에서 연평균 9.46%의 성장률을 기록하며 2018년에는 17.5조 원에 이를 전망
  - 공작기계 산업의 경우 2013년 기준 생산은 5조 8,000억원으로 세계 5위, 수출 및 수입은 각각 22억 달러, 14억 달러로 세계 7위, 소비의 경우 45억 달러로 세계 4위의 위상
- 가공시스템의 국내시장은 2015년 5.6조원에서 연평균 4.38%의 성장률을 기록하여 2018년에는 6조원 규모에 이를 것으로 전망
- 고속·복합 가공시스템의 국내시장은 2015년 5.6조원에서 연평균 13.67%의 성장률을 기록하여 2018년에는 8조원 규모에 이를 것으로 전망

### [ 극청정/초정밀 가공기계 분야의 국내 시장규모 및 전망 ]

(단위 : 억원, %)

구분		'15	'16	'17	'18	'19	'20	CAGR ('13~'15)
국내 시장	초정밀 및 하이브리드	56,510	56,820	60,050	56,820	59,310	61,910	4.38
	고속·복합 가공시스템	56,930	64,720	73,570	83,620	95,050	108,040	13.67
	전체 공작기계	137,430	147,910	159,280	174,960	159,280	174,350	9.46

\* 자료: 한국공작기계산업협회, "신성장동력장비산업 동향보고서 2012", "Metal Working Insiders Reports 2012" (Gardner Publications, Inc.), "Machine Tools - A Global Strategic Business Report 2011"(Global Industry Analysts, Inc.) 등의 자료를 참고하여 전망치 추정

## 다. 무역현황

- 극청정/초정밀 가공기계 수출현황 2011년 48억 1,660만 달러, 2015년 56억 1,487만 달러, 수입현황 2011년 41억 9,805만 달러, 2015년 43억 3,799만 달러로 수출은 꾸준히 증가하고 수입은 소폭 증가하는 추이
- 무역특화지수는 2011년(0.07)부터 2015년(0.13)까지 다소 증감을 반복하나 전반적으로 증가하고 있어, 극청정/초정밀 가공기계 산업은 무역흑자를 기록하고 있음. 향후 국제경쟁력을 갖춘 수출 특화 품목으로 성장할 가능성이 존재함

[ 극청정/초정밀 가공기계 관련 무역현황 ]

(단위 : 천\$)

구분	'11	'12	'13	'14	'15	CAGR ('11~'15)
수출금액	4,816,660	5,017,323	5,218,971	5,191,776	5,614,872	3.9%
수입금액	4,198,046	3,825,795	4,084,617	4,487,386	4,337,986	0.8%
무역수지	618,614	1,191,528	1,134,354	704,390	1,276,886	19.9%
무역특화지수*	0.07	0.13	0.12	0.07	0.13	

\* 무역특화지수 = (상품의 총수출액-총수입액)/(총수출액+총수입액)으로 산출되며, 지수가 0인 경우 비교우위는 중간정도이며, 1이면 완전 수출특화상태를 말함. 지수가 -1이면 완전 수입특화 상태로 수출물량이 전혀 없을 뿐만 아니라 수입만 한다는 뜻

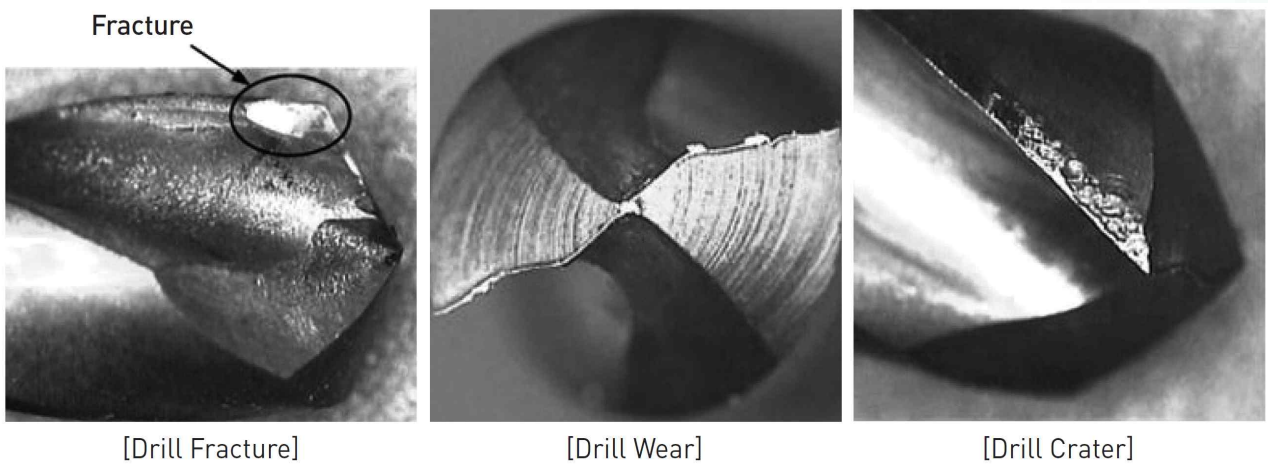
\* 자료 : 관세청 수출입무역통계 HS-Code(6자리 기준) 활용

## 4. 기술환경분석

### 가. 기술개발 트렌드

#### □ 티타늄(Titanium) 가공기술 현황

- 티타늄의 절삭가공에서 제일 큰 문제점은 낮은 열전도도로 인한 높은 가공온도와 공구에 절삭칩 부착이 심해 마모가 빠르게 진행되고 공구 파손이 쉽게 일어나는 것으로 알려져 있음
- 티타늄 절삭가공은 Ti-6Al-4V에만 집중되어있고 단순히 실험에 의한 결과만 기록 되어 있음
- 티타늄 가공을 위한 절삭공구는 대부분 비철계열 초경(Non-steel grade Carbide)과 다결정질의 다이아몬드(Polycrystalline Diamond, PCD)가 쓰이는데, PCD는 마모측면에서 카바이드보다 확실히 좋지만 부서지기 쉽고 매우 고가여서 한정된 범위 내에서만 사용되고 있음
- 따라서, 대부분 산업현장에서는 카바이드를 사용하는데 실험결과에 의하면 코팅된 카바이드는 코팅이 쉽게 벗겨져 실제로 비용측면에서 코팅이 안 된 카바이드가 사용되고 있지만, 최근 다이아몬드 코팅기술 개발에 힘입어 다이아몬드 코팅된 카바이드 사용 비중이 늘어남
- 미국 등 선진국에서는 공구의 마모메커니즘에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 중요 마모메커니즘 으로는 공구입자가 가공 칩으로의 용해/확산(dissolution-diffusion)에 의한 마모 또는 마찰에 의한 마멸(attrition) 등으로 확인되었으며 이에 따라 새로운 공구 코팅 개발이 진행되고 있음(나노복합 코팅, BAM 코팅 등)
- 또한, CBN(Cubic Boron Nitride, 입방정 질화 붕소)와 TiB<sub>2</sub>(티타늄 디보라이드) 코팅이 티타늄 절삭에 있어 용해/확산에 강한 것으로 알려짐
- 국내에서는 대구텍, 한국야금 등 공구회사를 중심으로 난삭재용 신소재 코팅을 개발하여 출시 중임

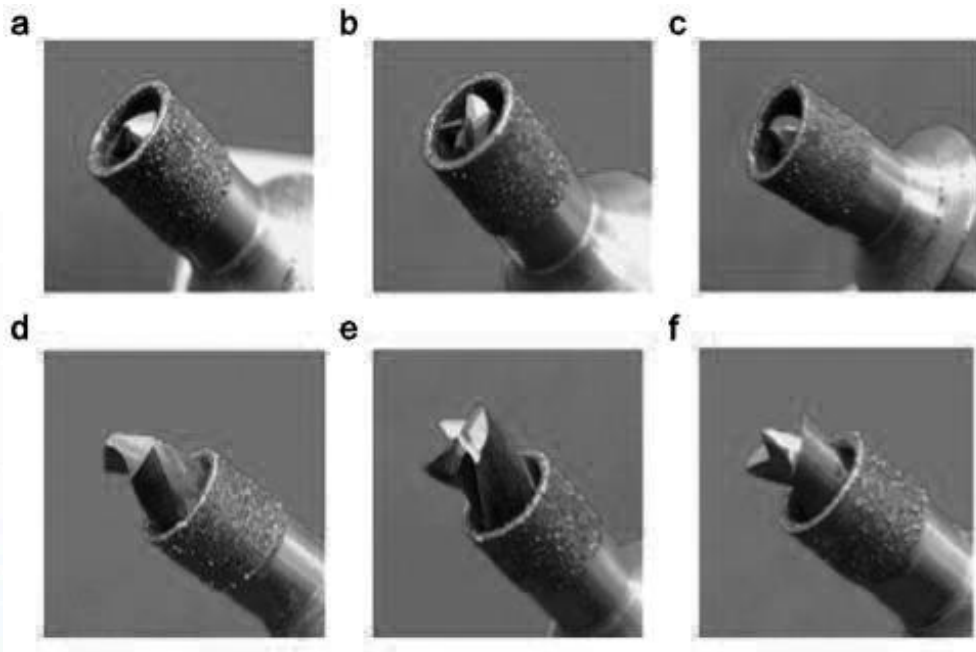


\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

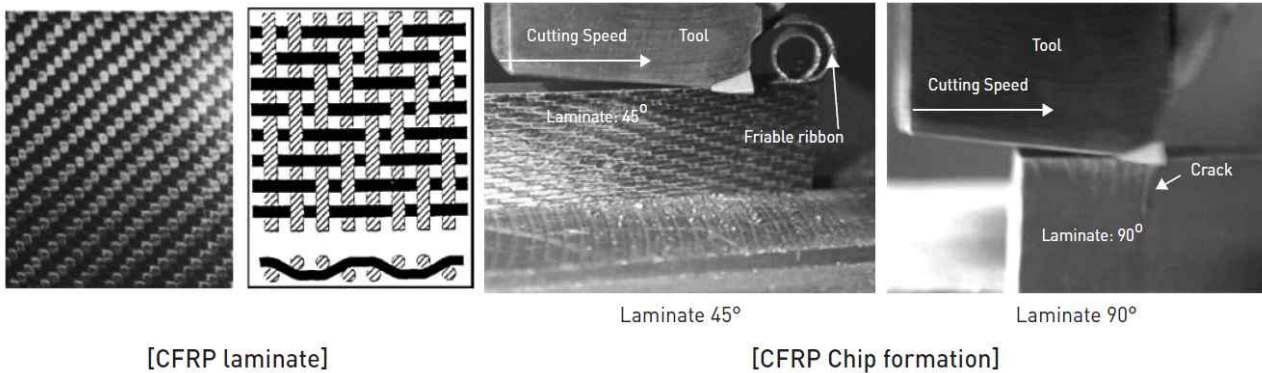
#### [ 티타늄 가공 시 공구마모 ]

□ 복합재료 가공기술 현황

- 복합재료의 절삭가공은 보통 드릴링이나 끝단 트리밍(edge trimming)이 많이 쓰이나 터닝과 밀링도 사용되고 항공 분야에서는 주로 드릴링 공정이 사용됨
- 드릴링에는 소재의 층분리(delamination), 표면조도 악화, 마찰 마모가 많이 발생함
- 복합재료 절삭가공에서는 공구가 파이버(fiber)를 자르므로 공구의 기하적인 특성이 매우 중요하며 특히, 끝단 반경은 공구의 성능을 결정하는 매우 중요한 기하특성임(stagger drill, core drill, step drill, candle stick drill)
- 미국 Pre-corp의 Vein-drill과 같은 초고가 드릴이 있지만 주로 카바이드가 쓰임(straight carbide가 steelgrade보다 좋음)
- 기존의 복합재료 가공에서 공구코팅(TiN과 DLC)은 공구수명에 도움이 안 되는 것으로 알려졌으나, 새로 개발된 다이아몬드 코팅은 복합재료 가공에 성공적으로 사용되고 있음
- 다이아몬드 코팅 드릴은 코팅이 안 된 초경드릴과 강도가 CBN만큼 좋은 AlMgB14(or BAM) 코팅 드릴보다 훨씬 성능이 뛰어나다고 증명되었음



\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월  
 [ 복합재료 가공용 드릴 공구 ]

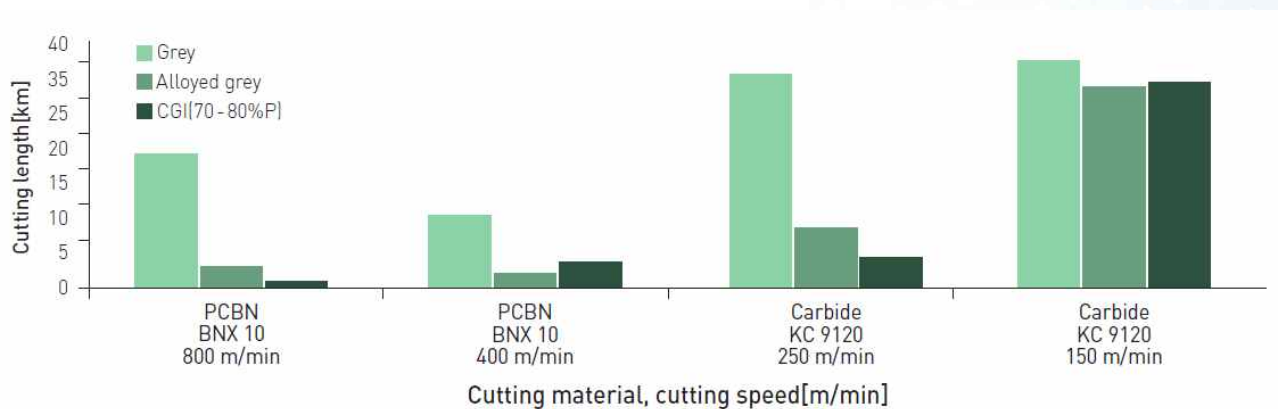


\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

[ CFRP 가공 ]

□ CGI(compacted graphite iron)

- CGI는 경량화 및 내수성 향상을 도모할 수 있지만 가공 속도를 고속화 할 수 없는 단점 때문에 Gray iron에 비해 가공시간이 약 3배 정도임
- CBN, 세라믹 및 다른 공구들은 미세조직 및 황성분의 부족으로 인해서 CGI 가공이 어려움
- 따라서, 일본의 Makino와 스웨덴의 Sandvik Coromet가 CGI 가공 생산성을 높이기 위한 연구를 수행 중이고, 특히 스웨덴의 Sandvik Coromet 사의 경우, CGI 가공 시 공구의 수명을 늘리기 위한 코팅 기술에 관해서 특허를 출원함
- \* 예) Face milling-rough 가공 시(가공조건:  $V_c=200\text{m/min}$ ,  $F_z=0.20\text{mm/rev}$ ,  $A_p=4\text{mm}$ ) 기존의 Sandvik GC 4020 공구보다 수명을 695 → 874로 향상시킴
- 일본, 유럽의 공구, 공작기계, 자동차 부품업체를 중심으로 CGI의 가공 생산성을 높이기 위한 연구를 진행하고 있지만 기존 회주철에 비해서는 생산성이 떨어지는 편임
- \* Cutting speed(Carbide 공구:  $150\text{m/min}$ 이상)가 높아질수록 gray iron에 비해서 생산성이 현저히 감소하는 경향성 있음
- 국내의 경우, 아직까지는 CGI 가공에 대한 연구는 미진한 편이지만 현대자동차에서 일부 CGI 가공 특성에 관한 연구가 진행됨



\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

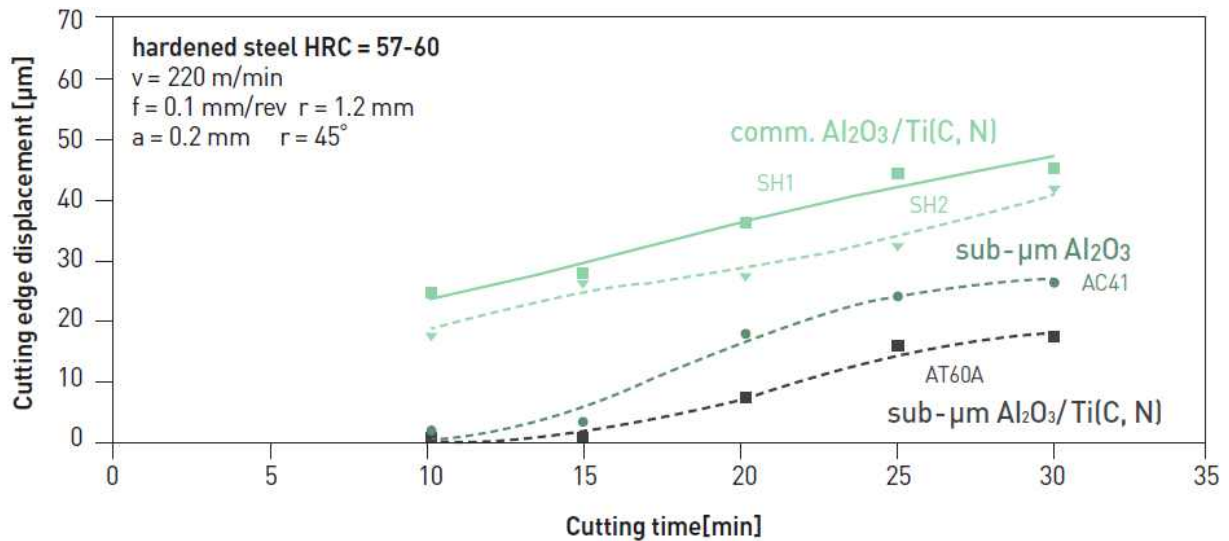
[ 가공 소재/속도별 가공거리에 대한 차이 ]

□ 니켈합금 가공기술 현황

- 니켈합금의 가공 시 발생하는 큰 문제점은 큰 발열, 공구파단 및 공구 홀더의 강성 부족으로 알려져 있음
- 특히, 니켈합금은 가공 시 표면의 열경화 현상이 발생하며 첫 가공면 이후로는 공구와 시편 모두에 소성변형을 일으켜 가공 품질의 문제점을 야기
- 니켈합금 중 주로 Inconel/Waspalloy/Rene/Nimonic/Hastelloy의 밀링, 드릴링 및 그라인딩에 관한 기술개발이 주로 진행되고 있고, 레이저, 방전가공(Electric Discharge Machining(EDM)) 및 전해가공(Electro-chemical Machining(ECM)) 등의 비전통적 가공 방식과 초음파를 이용한 하이브리드 가공에 관한 연구도 함께 진행 중임
- 기존의 코팅이 안된 초경공구의 단점(빠른 공구마모, BUE, 낮은 가공속도)을 극복하기 위해 티타늄질화물(TiN), 알루미나(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 티타늄알루미나질화물(TiAlN), 티타늄질화물/티타늄카바이드(TiN/TiC)와 같은 코팅을 주로 사용하였으나, 현재 높은 내산화성, 고온경도 및 높은 표면윤활성을 가진 신재종의 공구 코팅(PVD)이 개발되고 있음
- 국내의 경우 한국야금에서 니켈합금 및 스테인리스 강 등의 다양한 난삭재 각각에 적합한 공구 상용화
- 부산대 나노과학기술대학, 정밀정형 및 금형가공 연구소에서는 초고속 스피들을 적용하여 니켈-크롬합금의 밀링가공 특성 평가를 수행

□ 고경도강 가공기술 현황

- 일본 및 유럽의 경우 고경도강 가공 기술에 대해서 전통적으로 강점을 가지고 있으며, 특히 독일은 Fraunhofer 연구소를 중심으로 미세입자 알루미나 공구(submicrometer Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ti(C,O) cutting tool)를 개발하여 고경도강 (경도(HRC)=60) 가공에 적용하였음
- \* cutting force 및 공구 마모 감소, 가공 표면 조도 향상
- 미국 Makino 사의 경우는 가공 공정의 최적화를 통해서 일반적인 하드 밀링 공정 시간을 50%-67%까지 절감시켰음
- \* 예) Rc=60인 harden steel 하드밀링 가공 경우에 표면조도 7 $\mu$ m Ra 달성했음
- 현재 산업계에서 고경도강 가공에 가장 많이 채용되는 공정은 연삭이지만 상대적으로 높은 가공비와 환경적으로 좋지 않은 쿨링액을 많이 요구함에 따라서 상대적으로 생산성이 높고 건식 가공으로 친환경적인 하드 터닝 공정에 대한 연구가 2000년대 초부터 활발히 이루어지고 있음
- 하드 터닝의 경우에는 지금까지 많은 연구가 진행되어 왔으며 그 동안의 연구를 종합해보면 HRC45-60 고경도 소재의 건식 가공 시 최적 공정 조건 하에서 200-300nm 표면 조도를 달성할 수 있는 것으로 문헌에 보고되고 있음
- 국내의 경우 한국 야금 및 대구텍을 중심으로 연구를 진행하고 있으며, 크게 공구 코팅 기술을 적용하여 공구의 수명을 증대시키는 연구를 진행함
- 부산대, UNIST 등 국내 대학에서는 코팅과 압축 냉각공기를 이용한 하드터닝 연구를 진행하고 있음



\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

**[ Submicrometer Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ti(C, O) 공구 수명 ]**

□ 세라믹 가공기술 현황

- 세라믹은 경도가 높은 취성재료로 표면의 결함이나 크랙을 방지하기 위해서 주로 다이아몬드 가공과 연삭으로 소재를 가공함
- 특히, 자동차 부품 세라믹 재료인 밸브 시트링을 가공하기 위해서 주로 PCD 툴을 사용하고 초경은 낮은 생산성 때문에 사용하지 못함
- 세라믹 가공 공정의 낮은 소재제거율과 짧은 공구 수명의 단점을 보완하기 위해 초음파 보조 가공 (ultrasonic assisted machining(UAM)) 또는 레이저 보조 가공(Laser assisted machining(LAM))에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음
- 국내에서는 대학과 연구기관을 중심으로 하이브리드 가공(UAM, LAM) 기술이 개발 중임

□ 극저온 가공기술

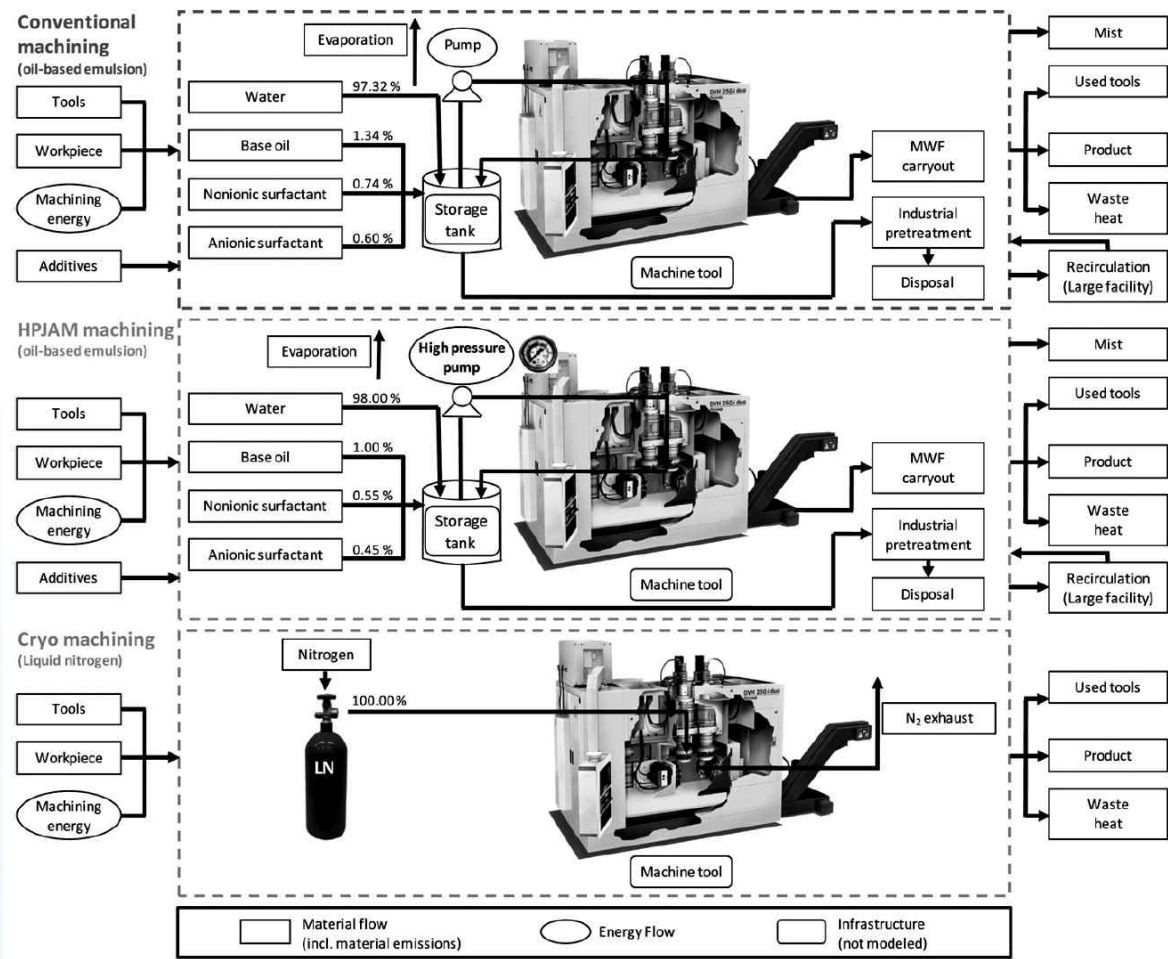
- 초저온 냉각방식은 연삭가공, 구멍가공 및 밀링가공에도 일부 적용하고 있지만, 아직은 대부분 선삭 공정에 집중하고 있음
- 선삭공정과 반대로 간헐적인 밀링작업에 초저온 냉각(cryogenic cooling)을 적용할 경우 절삭공구에 열균열(thermal cracks)이 발생하기 때문에 실용화에 어려움을 겪고 있지만 고속도강 절삭공구로 합금강을 밀링 가공할 경우 초저온 냉각방식이 건삭가공(dry cutting)방식보다 10배 이상 공구 수명이 길어지는 장점이 있음
- 극저온 가공법은 일반 습식 공정과 고압 제트 공기압 가공법(high pressure jet air machining)에 비해 매우 단순하고 CO<sub>2</sub>, water use, 폐기물 등을 생성하지 않는 친환경 가공법임
- 특히, 독일의 MAG사는 세계 최초로 극저온 가공기를 출시하며 세계 시장을 선도하고 있음
- \* MAG사는 현재 난삭재 가공용 공작기계를 상용화하였고 2013년부터 B787 동체(복합재료)를 가공하기 위한 6축가공기를 출시할 예정(MQC: Minimum Quantity Cryogenic)





\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

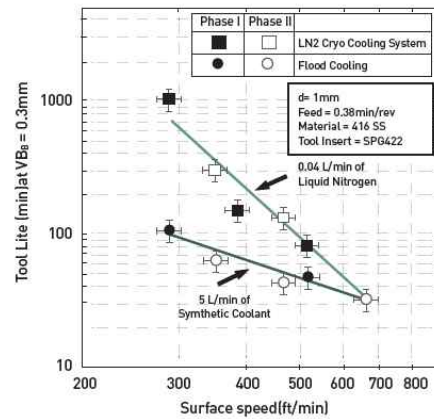
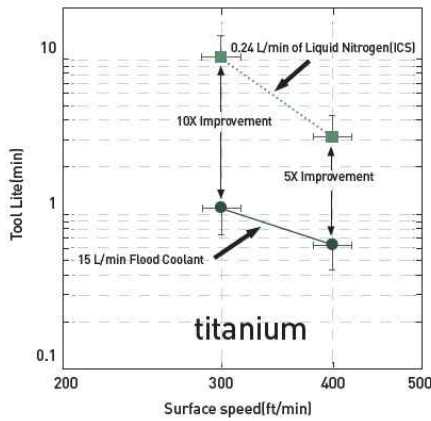
[ 복합재료 가공을 위한 극저온 가공시스템 ]



\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

[ 가공시스템의 비교(일반, HPJAM, 극저온) ]

- 절삭유의 기능 변화 : 윤활 → 냉각
- 공구수명 증가 및 가공속도 향상
- 신공정기술 필요 : CGI의 경우 PCD+Cryogenic이 보다 효과적임
- 부가효과 : Safety, Eco-friendly(no contamination, low energy)

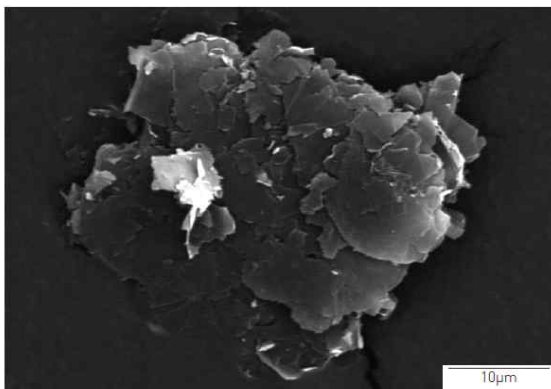


\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

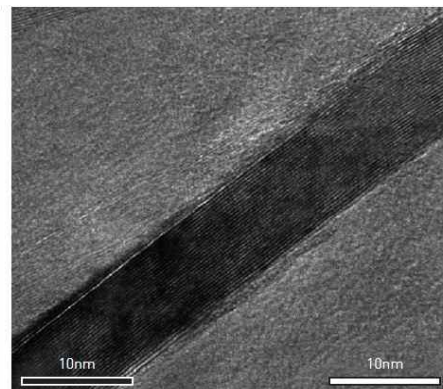
[ 극저온 가공법의 특징 ]

□ MQL(극소량절삭유) 가공

- MQL 가공은 기존의 습식가공에 비해 극미량(1- 100ml/min이하)의 윤활유를 압축공기와 혼합하여 절삭 부위에 미스트(mist) 형태로 분사하는 윤활가공 방법으로 가공비용을 낮출 수 있고, 공구 수명을 늘릴 수 있음
- MQL 가공의 오일 미스트는 공구와 소재 및 칩과의 마찰부위에 침투하여 마찰력을 줄이는 동시에 고압의 압축공기로 칩 배출을 용이하게 할 수 있음
- 또한 무해한 식물성 절삭유를 사용하고 폐기물이 발생하지 않기 때문에 환경 친화적인 가공기술임
- 최근 그래핀, 나노튜브, HBN(hexagonal born nitride) 등의 나노 입자를 절삭유와 혼합하여 사용한 나노유체 극미량 절삭유(MQL with nano-particle) 가공 방법도 개발되었음
- MQL 가공의 적용분야로는 스틸재의 금형가공, 절단가공, 오일 구멍가공 등 많은 분야에 적용되고 있음. 난삭 재료에서는 티탄합금이나 인코넬 등에 적용



[a] SEM image(Diameter)



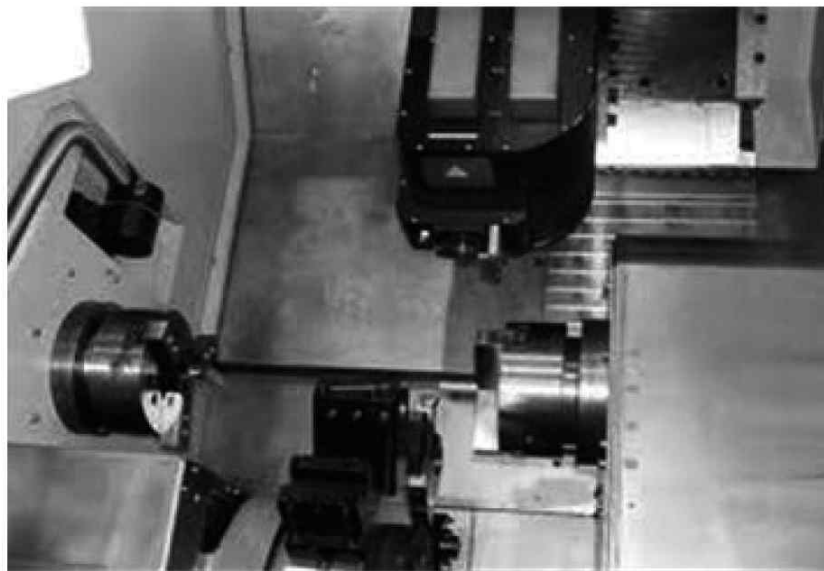
[b] TEM image(Thickness)

\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

[ 그래핀 나노입자 ]

□ LAM(Laser-Assisted Machining, 레이저예열가공)

- LAM은 고출력 레이저의 발전과 활용 가능성의 증가에 따라 난삭재 가공에서 크게 주목받고 있으며 연평균 10% 이상의 고성장을 이루고 있는 가운데, LAM은 세계적으로 대부분 선삭공정에 적용되고 있으며, 마이크로 엔드밀에 일부 적용되고 있음
- 캐나다의 Bejjani는 복합재료의 선삭가공에 LAM 기술을 성공적으로 적용하였고 미국 Purdue대학의 Shin은 세라믹과 티타늄 재료를 위한 LAM 공정 연구를 진행하였음
- 국내에서는 기계연구원, 대학(한국해양대, 국민대) 및 (주)아메코와의 공동연구로 레이저 복합가공기를 출시하였음



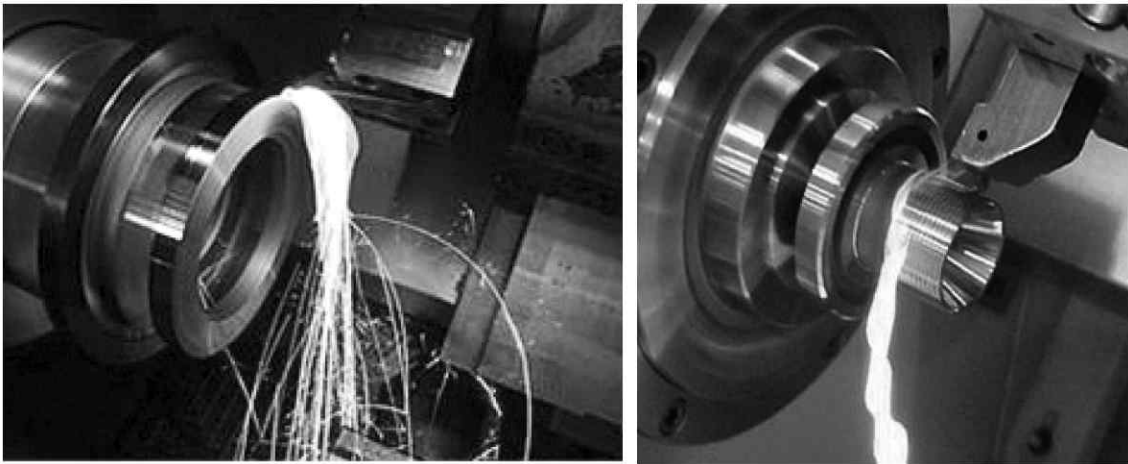
\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월

[ 레이저 복합가공기 ]

□ 하드터닝(Hard Turning)

- 미국은 Purdue 대학의 Liu를 중심으로 베어링 회사(Timken), 자동차 회사(GM), 공구회사(Kennametal) 등이 공동으로 하드터닝을 이용하여 슈퍼피니싱을 이루고자 연구를 해서 목표에 근접한 결과를 얻었음
- 독일의 경우 아헨공대 및 베를린 공대 등을 중심으로 하드터닝에 대한 연구가 활발함. 아헨공대의 Klocke 등은 유정압 베어링이용 고정밀 선반으로 0.86 $\mu$ m의 표면조도를 얻었고, 베를린 공대에서는 하드터닝에 있어서 표면품질, 모니터링 등의 연구가 이루어지고 있음
- 일본 자동차 산업계의 경우 Hard Turning을 이용하여 5등급(IT5)의 치수공차를 가지는 기어부품의 연속 생산을 하고 있으며, 4등급(IT4)을 요하는 ABS용과 연료분사 시스템용 부품을 하드터닝으로 가공하고자 연구가 진행되고 있음
- 국내의 경우, 영남대학교, 서울과학기술대 및 서울대 등을 중심으로 연구가 이루어지고 있으며, 영남대는 고경도강의 단속하드터닝에 적합한 CBN공구를 선정하고, 선정된 공구로 피삭재의 공구마모, 절삭력 및 진동특성을 분석

- 서울과기대는 하드터닝 시 절삭조건이 공작물의 잔류응력에 미치는 영향을 연구
- 서울대는 표면정도에 영향을 미치는 하드터닝 공정에서의 채터 진단에 Wavelet Transform을 이용한 분석이 효과가 있음을 확인
- 두원공과대는 PCD(Polycrystalline diamond), CBN(Cubin Boron Nitride), PCBN(Polycrystalline Cubin Boron Nitride) 등 공구 재종에 의한 공구 마멸 특성 및 절삭 저항 특성을 분석



\* 자료: 친환경 난삭재 가공기술 개발동향, KEIT PD Issue Report, Vol 12-6, 2012년 6월  
**[ 하드터닝 가공 ]**

#### □ 新 공구 개발

- 미국의 경우, DCDMM(National Center for Defense Manufacturing and Machining), NSF의 I/UCRC (Industry/University Cooperation Research Center) 프로그램 등을 중심으로 티타늄 및 복합재료 가공을 위한 공구 코팅 개발 연구를 진행 중임
- Sandvik 및 Kennametal 등의 공구 업체는 CoroMill390, CoroDrill 854 등을 지속적으로 출시하며 난삭재 가공을 위한 공구시스템(밀링, 터닝, 드릴링)을 공급
- 국내 난삭재 가공 관련 기술은 대구텍 및 한국야금 등 공구업체 위주로 진행되고 있으나 연구인력과 기술력의 한계로 일부 초경 공구 형상 및 코팅 개발에 머물고 있음

## 나. 주요업체별 기술개발동향

### (1) 해외업체동향

- 공작기계 관련 기술 선진국인 일본의 경우 여러 기업에서 관련 기술을 개발 중임
  - FANUC의 터닝기반 5축 가공기인 Robo Nano에 적용된 공기베어링 스피들과 이송계는 회전정밀도 50nm와 나노미터의 이송분해능을 갖는 요소들을 적용하였으며, 회전과 직선이송이 동시에 가능한 공기테이블, 공기 베어링을 이용한 스크류 동력전달 등의 기술을 보유함
  - 일본의 초정밀 가공기술을 한 단계 발전시킨 모델로 평가받고 있으며, 한편으로는 일본 외에는 판매하지 않고 있음
  - Toshiba 기계는 V-V 롤러를 이용하는 독자기술을 개발하여 이를 초정밀 가공기에 적용하였으며, 이를 통하여 진직도 300nm를 달성했음
  - Sodick은 초정밀 머시닝센터인 Nano 100을 통하여 최대 5축의 초정밀 가공기를 개발하였으며, 이외에 워터젯과 와이어 방전의 Hybrid 가공시스템 및 모듈 등을 개발하였음
  - 기타 Toyoda 공업(현 JTEKT), Nagase 등의 전통적 공작기계업체들이 상대적으로 이후에 초정밀 가공기를 개발하였으나 대부분의 다축 초정밀 가공기의 일본외 수주는 어려운 편임
- 미국의 초정밀 가공기용 운동요소는 로렌스 리버모어 국립연구실의 초정밀 가공기 연구개발을 시작으로 시작되었으며, 실제 공기베어링 및 이를 이용한 운동요소에 있어서는 가장 성공적으로 상용화 시키고 다수의 모듈기업이 활동하고 있음
  - Danaher motion, Aerotech, Professional Instruments, Precitech, Moore, Nelson air, Newway 등의 전문기업들이 미국의 초정밀기술의 근간임
  - 스피들의 경우 Professional Instruments의 공기스핀들은 최대속도 10만 rpm 모델이 존재하며, 회전정밀도는 최대 50nm의 제품을 보유하여 Precitech의 초정밀 가공기 등에 적용되고 있음
- 친환경 가공시스템은 하드터닝 등 공정레벨과 에너지절감 가공장비, 상위 가공Shop 레벨 에너지 관리 등의 전반에서 활발한 연구가 진행 중이며, 특히 티타늄·CGI·CFRP 등 고경도/경량 신소재 관련 기술은 글로벌 3강 국가의 업체와 연구소·대학 중심으로 연구가 활발히 진행 중
  - 초음파를 사용하여 난삭재(타타늄, 세라믹) 가공 기술에 사용한 예는 선진국(독일)이외에는 거의 없는 초기 연구단계로 향후 자동차 시장, 의료시장 등 다양한 분야에서 활용이 가능한 기술
- Mazak(일), DMG/Mori-Seiki 등 선진사는 단일 플랫폼에, One-Chucking Multi- Machining, Done-In-One(All-In-One) 등 융복합 장비를 개발하였고 초음파/레이저 등 비절삭 공정을 절연삭 공정에 가미(Assist)하여, 가공 품질과 생산성을 향상
  - 다축화, 멀티헤드화 등의 다기능화(Multi-Function)에서 복합 터닝센터, Mill-Turn Center 등과 같은 밀링과 절삭 계통을 일체화된 복합가공기는 기존의 구분이 없을 정도로 다양한 시스템이 공급
  - 최근의 고능률 복합화의 개념은 과거 이종 공정의 복합화(일체화)와 고속화를 떠나, 다양한 제품요구 변화에 대응할 수 시스템 변경·확장에 요구되는 Ramp-Up 시간을 최소화

- 난삭재 가공장비 업체인 MAG(프)는 세계 최초로 액화질소(LN2)를 사용한 극저온 가공시스템 (through-spindle 타입)을 출시하며 극저온 가공기술 선도
  - 난삭재 가공에 적합한 수평형 머시닝 센터 SPECHT 시리즈 등 다양한 자사의 머시닝 센터 제품군에 극저온 가공시스템 기술 및 MQL 기술 제공
- 독일의 Trumpf는 공작기계 비중이 84.3%인 전문회사로 판금 레이저가공기 시장 주도. 독일 외 EU·대만·미국 등 생산기지화로 글로벌 시장경쟁력 확보
- Fastems(핀), Mazak(일), DCT(독일) 등 FMS 가공시스템 제공 업체는 최근 장비, 유연 자동화 주변장치/셀, 운영·제어시스템(S/W), 서비스 등 시스템 Turnkey 공급추세에 따라, FMC/FMS 플랫폼 자체의 상품화를 진행
  - 일본의 선도 공작기계 업체는 고객(사)에 납품된 기계·장비에 대한 토탈 A/S 지원을 위한 기계·장비 생산업체 서비스센터와 연결된 원격 A/S 네트워크 지원망 시범지원하고 있으며, 향후 실시간 장비 서비스 환경으로 진화될 것으로 전망
- 유럽에서는 독일이 전통적인 초정밀기술을 가지고 있는 나라이며, 대표적으로 독일의 Kugler Precision 사는 3축에서 5축의 다양한 구성이 가능한 초정밀 가공기를 개발하고, 이송계 모듈 및 회전 테이블 등의 요소들을 상품화했음
- 아시아 권역에서는 일본 이외에 한국과 싱가포르, 대만 등이 관심을 가지고 개발을 하고 있으며, 특히 싱가포르의 관련기술 개발을 주목할 필요가 있음
  - 싱가포르의 Mikrotool는 하이브리드 가공이 가능한 마이크로 가공시스템을 최근 상용화하였고, 대만에서는 관련 연구기관 및 대학에서 하이브리드 가공 및 초정밀 마이크로 가공장비의 개발을 수행하고 있음
- 초미세 하이브리드 공정에 대한 모델과 평가에 있어서는 대학과 연구소를 중심으로 연구가 진행되고 있으며, 연삭과 절삭, 전기화학, 에너지 등의 하이브리드 공정 최적화를 위한 연구가 미국의 Nebraska 대학에서 연구되고 있으며, 일본의 고베 대학, 독일의 공작 기계연구소 및 영국의 Cranfield 대학 등지에서 진행되고 있음
- Kummer 사의 경우 하드터닝 시 필요한 높은 강성을 구현하기 위해서 롤러 방식의 Preload 가이드를 채택했으며, 또한 Backlash 효과를 줄이기 위해서 linear motor를 사용하였으며, 그와 동시에 부가적인 가공을 위해서 100,000rpm 그라인드 스피들을 장착하여 하이브리드 하드터닝시스템을 개발

## (2) 국내업체동향

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며, 특히, 두산인프라코어와 현대위아는 국내 공작기계시장에서 점유율 1~2위를 다투며 국내 공작기계 산업을 주도
  - 두산인프라코어는 세계공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스톤, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
  - 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응
  - 두산인프라코어는 글로벌 금융그룹인 스탠다드차타드 산하 사모펀드 회사인 스탠다드차타드 프라이빗에쿼티를 공작기계 사업 부문 매각을 위한 우선협상대상자로 선정하여, 매각절차를 진행
- 국내 절삭공구 시장은 2.2조 원(2011)이며 꾸준히 시장이 확대되고 있으나 세계 절삭공구시장의 약 4.8%에 불과하며 세계시장 점유율은 3%로 세계 10위권 밖에 머무르고 있음
  - 또한 국내 공구업체는 공구 원자재의 해외수입 의존도가 매우 높고 영세하여 주로 초경 엔드밀과 코팅공구에 집중하고 있어 해외 선진국과의 격차 존재
  - 원천기술 부족으로 글로벌 트렌드에 발빠르게 대응하지 못하고 있음(신소재 및 난삭재 가공기술)

## 다. 기술인프라 현황

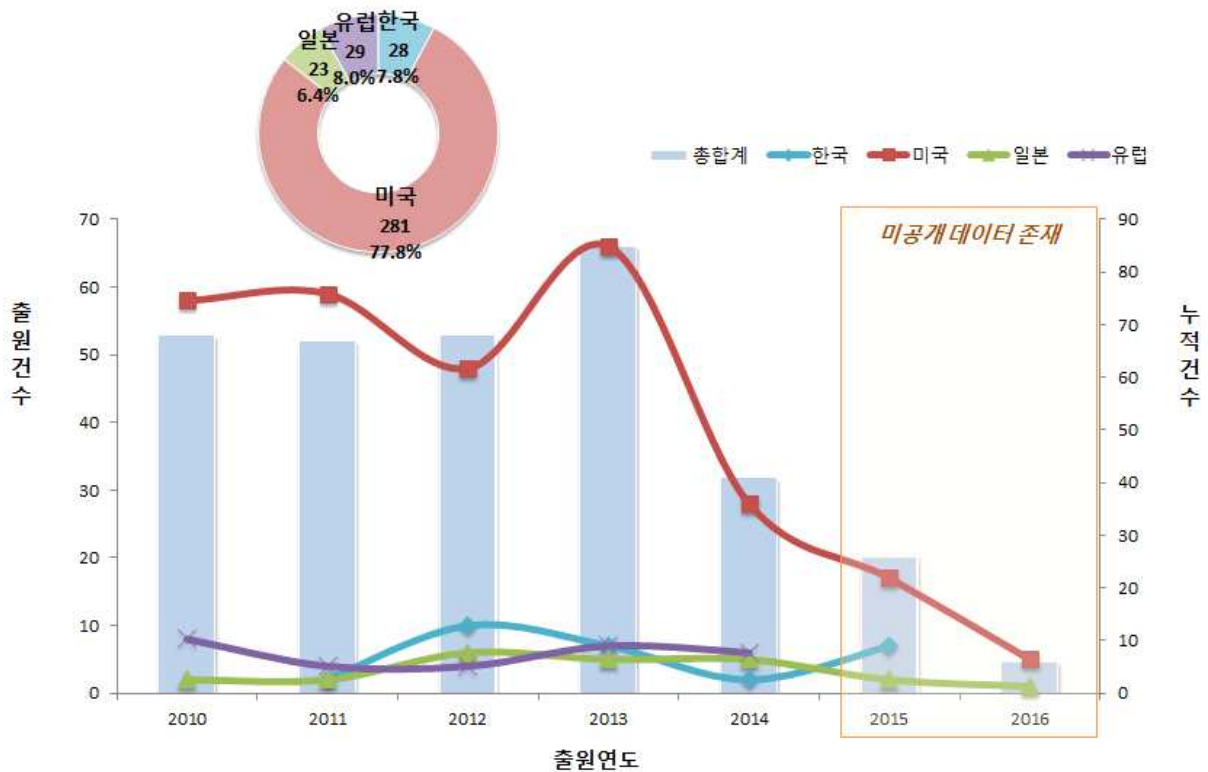
- 국내 공작기계분야에서는 기업규모의 열세로 선진국 대비 R&D 투자와 마케팅능력 열위로 차세대 기술개발 여건이 취약하고, 업계의 낮은 전업도와 전문화 미흡으로 역량집중이 이루어지지 않고 있으며, 내수 의존/수출지역 편중 및 수입 의존도가 심화되고 있음. 또한 핵심부품을 주경쟁국에서 수입하므로 국제시장에서의 경쟁력이 열위이고 기술 인프라 체제의 구축이 미흡하며, 전문인력이 부족함
- 이에 정부는 ISO위원회 활동 확대 및 부품공용화사업 추진에 자금등을 지원하고, B2B사업의 인프라 구축을 위한 부품모듈화 기술개발 지원하고 있음
- 또한 민간차원에서 아래와 같은 노력이 필요한 실정
  - 전문인력양성 및 확보
  - 국제공인 품질인증(ISO, CE) 획득시스템 기반 구축
  - 성능평가 및 품질인증 관련 기술하부구조 구축
  - 해외제품 분석 및 비교시험 능력개발(시험, 기술개발, 사양 및 설계검증, Sales point 작성)
- 이러한 노력으로 국내 공작기계 기술시장에서 선진 각국의 성능평가 및 시험인증기관과의 상호 인증 기반을 구축하고, 공인 성능평가 및 시험인증기관의 품질인증으로 대외신인도 및 경쟁력을 제고하며, 해외제품분석 및 비교시험을 통한 최고수준의 경쟁사 제품 분석 및 우위를 확보할 필요가 있음



## 라. 특허동향 분석

### (1) 연도별 출원동향

- 극청정/초정밀 가공기계 기술의 지난 7년('10~'16) 간 출원동향<sup>26)</sup>을 살펴보면 연도별로 출원 경향이 증가, 감소를 반복하고 있으나 지속적으로 극청정/초정밀 가공기계 관련 기술개발 활발
  - 미국 출원이 대부분으로 2013년까지 증가세를 유지하다가 2014년에 감소하는 모습을 보이고 있음. 이 외 한국, 일본, 유럽의 특허출원은 미미함
- 국가별 출원비중을 살펴보면 미국이 77.8%로 최대 출원국으로 나타나, 극청정/초정밀 가공기계 기술을 리드하고 있는 것으로 조사되었으며, 한국이 7.8%, 일본이 6.4%, 유럽이 8.0%로 비슷한 수준의 출원비중을 보이고 있음

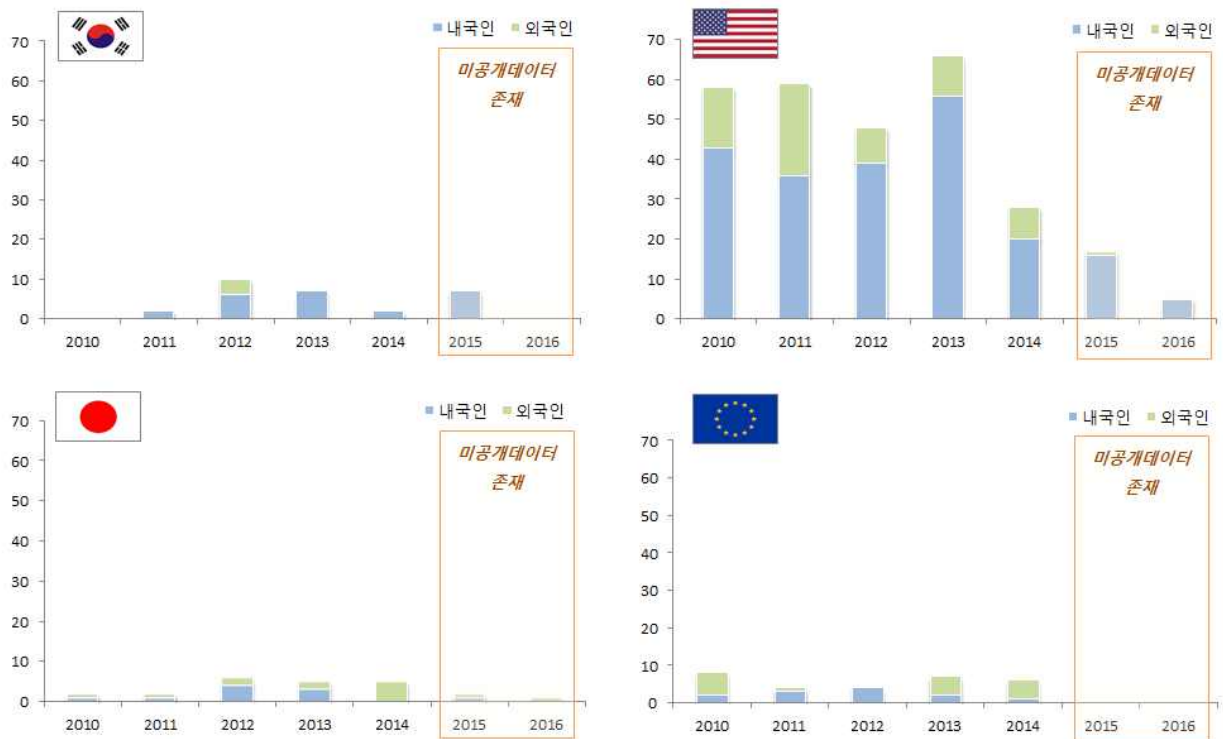


[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 연도별 출원동향 ]

26) 특허출원 후 1년 6개월이 경과하여야 공개되는 특허제도의 특성상 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미 공개데이터가 존재하여 2015, 2016년 데이터가 적게 나타나는 것에 대하여 유의해야 함

## (2) 국가별 출원현황

- 한국의 출원현황을 살펴보면 '14년에 출원이 소폭 감소하는 경향을 보이고 있으나, 미공개구간인 '15년에 출원이 급증하는 모습을 보여 최근 관련기술 개발이 활발하게 이루어진 것을 알 수 있음
  - 외국인의 출원비중이 작은 것으로 나타나, 극청정/초정밀 가공기계 기술의 국내 시장에 대한 외국인의 선호도가 적은 것으로 추정
- 일본의 출원현황은 '12년을 기점으로 증가추세에서 감소추세로 변화하였으며, 출원인 대부분이 자국 출원으로 외국인 출원 비중이 낮음
- 미국의 출원현황은 '13년까지 증가세를 유지하다가 '14년에 감소하는 모습을 보이고 있음. 출원인 중 상당수가 외국인으로 미국 시장에 대한 기술선점을 위한 출원 경쟁이 존재함을 알 수 있음
- 유럽의 출원현황은 출원건수는 적으나 지속적으로 유지되고 있는 추세를 보이고 있으며, 출원인 대부분이 외국인으로 유럽은 자국인의 출원이 미미



[ 국가별 출원현황 ]

### (3) 투입기술 및 융합성 분석

- 극청정/초정밀 가공기계 분야의 투입기술을 확인하기 위하여 특허분류코드인 IPC Code<sup>27)</sup>를 통하여 살펴본 결과 극청정/초정밀 가공기계 분야의 가장 높은 IPC는 B23K 기술분야가 146건으로 가장 많이 차지하고 있으며, 이어서 H01L가 64건, B23Q가 32건으로 다수를 차지
  - 이외에 B23P 32건, B24B 25건, B23B 24건, C23C 13건, B08B 12건, E21B 11건, A61F 11건 순으로 기술이 투입되어 있어 극청정/초정밀 가공기계 분야에 다양한 기술이 융합되어 존재
  - 더불어 해당 IPC의 특허인용수명을 살펴보면 E21B 기술분야의 수명이 14.13년으로 가장 긴 것으로 나타났으며, H01L 기술분야는 7.29년으로 가장 짧은 것으로 분석

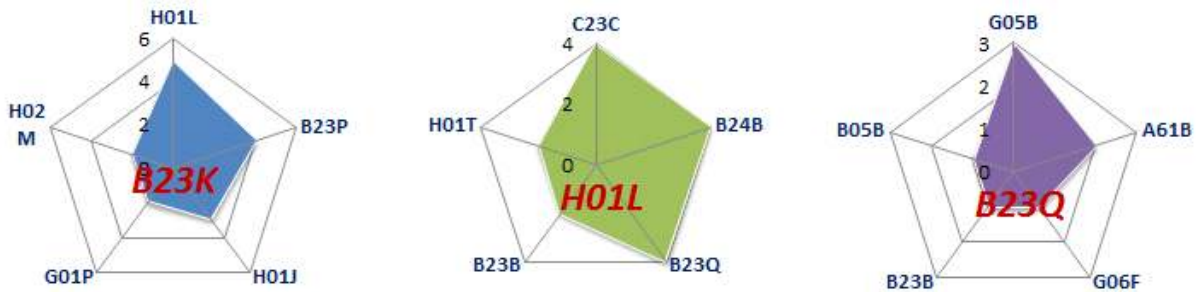
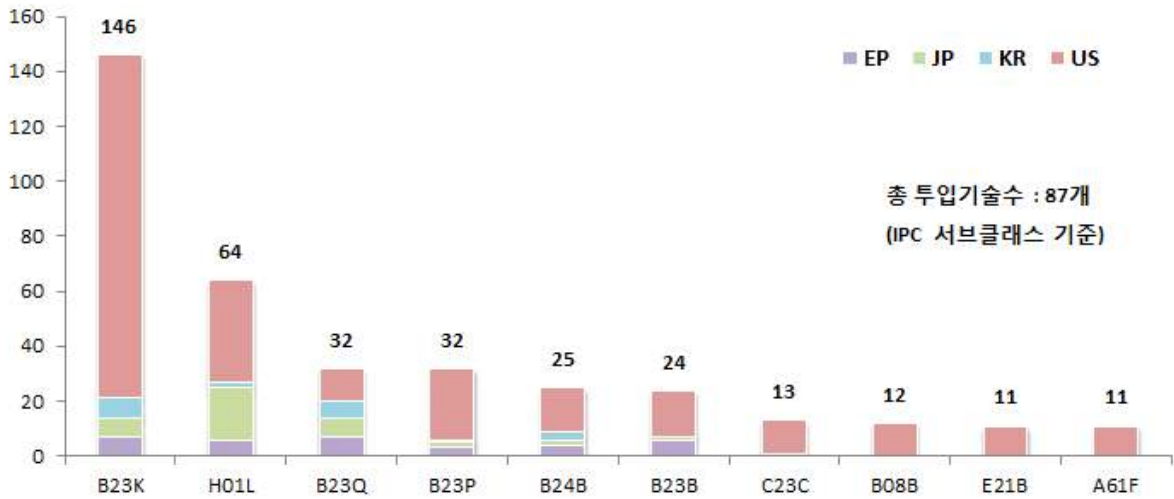
[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 상위 투입기술 ]

IPC	기술내용	특허인용수명(TCT) <sup>28)</sup>
B23K	플라스틱의 성형 또는 접합; 가소 상태에 있는 물질의 성형 일반; 성형품의 후처리	11.47년
H01L	반도체 장치; 다른 곳에 속하지 않는 전기적 고체 장치	7.29년
B23Q	공작 기계의 세부, 구성부분, 또는 부속 장치	10.59년
B23P	금속의 다른 가공; 복합 작업; 만능 공작 기계	10.58년
B24B	연삭 또는 연마하기 위한 기계, 장치 또는 공정; 마모면의 드레싱 또는 정상화; 연삭제, 연마제 또는 랩핑제의 공급	9.37년
B23B	선삭; 보어링	13.18년
C23C	금속재료의 피복; 금속 피복재료; 표면 확산, 화학적 전환 또는 치환에 의한 금속재료의 표면처리; 진공증착, 스퍼터링, 이온주입 또는 화학증착에 의한 피복, 일반	9.19년
B08B	청소일반; 오염방지일반	11.15년
E21B	지층 또는 암석의 굴착; 채굴정에서의 오일, 가스, 물, 용해성 또는 용융성 물질 또는 광물 슬러리의 채취	14.13년
A61F	혈관에 이식할 수 있는 필터; 보철; 인체의 관상 구조를 개조 시키는 또는 붕괴를 방지하는 장치; 정형외과 용구, 간호 용구 또는 피임 용구; 찜질; 눈 또는 귀의 치료 또는 보호; 붕대; 피복 용품 또는 흡수성 패드; 구급 상자	10.62년

27) 전세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류(IPC: International Patent Classification)를 통해 특허정보 기술분야에서 공지 기술을 조사할 수 있으며, 기술 및 권리정보에 용이하게 접근 가능

28) 특허인용수명 지수는 후방인용(Backward Citation)에 기반한 특허인용수명의 평균, Q1, Q2(중앙값), Q3에 대한 통계값을 제시함. 특히 이와 같이 산출된 Q2는 TCT(Technology Cycle Time, 기술순환주기 또는 기술수명주기)라고 부름

- 투입기술이 가능 많은 B23K 분야와 융합이 높게 이루어진 기술은 H01L 분야로 나타났으며, B23P, H01J 분야와도 나타 융합된 기술의 건수가 높은 것으로 분석
- 이외에 H01L 분야는 C23C, B24B, B23Q 분야와 융합된 기술이 많은 것으로 나타났으며, B23Q 분야와 융합된 기술은 G05B, A61B, G06F 기술로 분석



[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 IPC 기술 및 융합성 ]

#### (4) 주요출원인 분석

- 세계 주요출원인을 살펴보면 주로 미국의 출원인이 다수의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타났음
- 주요 미국 출원인을 살펴보면 LAM RESEARCH AG, Lincoln Global, Inc, ConforMIS, Inc, Foro Energy, Inc, Illinois Tool Works Inc, Saint-Gobain The Trustees of Columbia University 등의 출원인이 다수 출원을 하고 있는 것으로 나타났으며, 이들 미국 출원인은 주로 미국 본국에 출원건수가 높은 것으로 나타남
- 한국 출원인으로는 한국기계연구원이 상위출원인으로 나타나 극청정/초정밀 가공기계 관련 기술을 보유

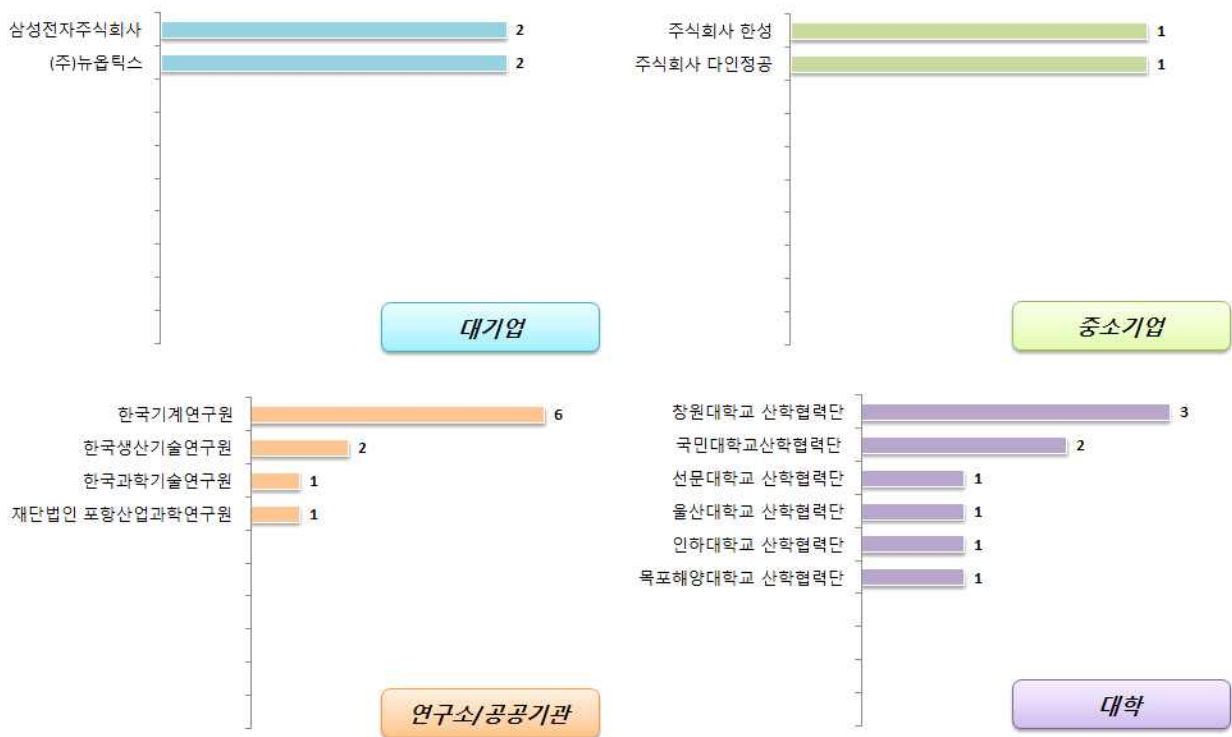
- 가장 많은 특허를 보유하고 있는 LAM RESEARCH AG의 3극 패밀리수가 24건으로 다국적으로 시장을 확보하며 출원을 하고 있는 것으로 보이며, Lincoln Global, Inc도 15건으로 다국적 시장을 확보
- 미국 기업인 ConforMIS, Inc이 확보한 특허의 피인용지수가 93.08로 가장 높게 나타나 기술의 파급성이 높은 원천기술을 다수 보유하고 있는 것으로 분석됨

[ 주요 출원인의 출원현황 ]

주요출원인	국가	주요 IP시장국 (건수 %)					3극 패밀리 수 (건)	피인용 지수	주력기술 분야
		한국	미국	일본	유럽	IP시 장국 종합			
LAM RESEARCH AG	미국	0	98	18	6	미국	24	5.8	극저온 가공 레이저 및 플라즈마 보조 가공
		0%	80%	15%	5%				
Lincoln Global, Inc.	미국	0	16	0	0	미국	15	9.44	극저온 가공 최소유탄 가공
		0%	100%	0%	0%				
ConforMIS, Inc.	미국	0	13	0	0	미국	13	93.08	극저온 가공
		0%	100%	0%	0%				
Foro Energy, Inc.	미국	0	12	0	0	미국	12	28.36	친환경 난삭재 가공기술 최소유탄 가공
		0%	100%	0%	0%				
Illinois Tool Works Inc.	미국	0	7	0	4	미국	6	18	최소유탄 가공
		0%	64%	0%	36%				
Saint-Gobain Abrasives, Inc.	프랑스	0	6	1	3	미국	4	0.8	극저온 가공
		0%	60%	10%	30%				
The Trustees of Columbia University	미국	0	10	0	0	미국	7	14.5	친환경 난삭재 가공기술
		0%	100%	0%	0%				
Purdue Research Foundation	미국	0	6	0	0	미국	0	2.67	레이저 및 플라즈마 보조 가공
		0%	100%	0%	0%				
Applied Materials, Inc.	미국	0	6	0	0	미국	1	3	최소유탄 가공
		0%	100%	0%	0%				
한국기계연구원	한국	6	0	0	0	한국	0	0	레이저 및 플라즈마 보조 가공
		100%	0%	0%	0%				

### (5) 국내 출원인 동향

- 국내 출원인 동향을 살펴보면 대기업은 삼성전자, 뉴옵틱스의 출원이, 중소기업에서는 한성 및 다인정공의 출원이 존재하는 것으로 조사됨
- 기업 이외의 주요출원인을 살펴보면 한국기계연구원, 한국생산기술연구원, 한국과학기술연구원, 재단법인 포항산업과학연구원 등 연구소/공공기관 출원이 조사되었으며, 대학은 창원대학교, 국민대학교, 선문대학교, 울산대학교, 인하대학교 등의 출원이 조사됨



[ 국내 주요출원인의 출원 현황 ]

## 5. 중소기업 환경

### 가. 중소기업 경쟁력

- 국내 공작기계는 두산인프라코어, 현대위아, 화천기계 등 대기업 3개사가 전체 시장의 90% 이상을 차지하고 있음
  - 두산인프라코어는 세계공작기계 5위 업체로 터닝센터, 머시닝센터, 문형 머시닝센터, NC보링기, 스위스톤, 자동화시스템 등에 주력하고 있으며 2014년 연간 1000대 생산규모의 대형 공작기계 전문 생산공장 준공
  - 현대위아는 터닝센터, 머시닝센터, 대형가공기의 매출액이 50%이상 차지하고 있으며, 최근 중국에 2공장을 추가 건설하여 생산능력 확충
  - 터닝센터, 머시닝센터, 범용 CNC 등에 주력하고 있으며 강력 중절삭용 수직/수평형 터닝센터도 최근 출시하며 난삭재 시장에 대응

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 중소기업 현황 ]

기술 분류	주요 기술	대기업	중소기업	중소기업 참여영역	중소기업 참여정도
친환경 난삭재 가공기술	가공 시 발생하는 높은 온도로 인해 물리적, 화학적 작용으로 공구 부착(BUE 또는 adhesion)과 공구 마모가 급격히 진행되는 현상을 방지하기 위한 신소재 코팅, 최적 공구형상, 및 윤활가공용 공구 기술 포함	삼성전자, 두산인프라코어	한성, 다인정공	최적 공구형상 및 공구마모 저감	●
극저온 가공	터닝, 밀링, 연삭 및 BUE(Built-Up Edge) 형성 억제, 표면조도 향상, 공구수명 및 소재제거율(Material Removal Rate(MRR)) 향상	두산인프라코어, 뉴옵틱스	-	-	○
최소윤활 가공	터닝, 밀링, 연삭 등 일반 절삭 가공	삼성전자, 뉴옵틱스	-	-	○
레이저 및 플라즈마 보조 가공	세라믹 레이저 가공, 금속 및 복합 재료 가공, 마이크로 밀링, 반도체 제조, 합성재료, 용접, 고분자, 방식코팅(anti-corrosion coatings) 시스템	두산인프라코어, 현대위아, 화천기계	한성, 다인정공	금속 및 복합 재료 가공, 반도체 제조	●

\* 중소기업 참여정도와 점유율은 주요제품 시장에 참여하는 중소기업의 참여규모와 정도(업체수, 비율 등)를 고려하여 5단계로 구분 (낮은 단계: ○, 중간 단계(○, ●, ●), 높은 단계: ●)

## 나. 중소기업 기술수요

- 극청정/초정밀 가공기계 분야의 중소기업을 대상으로 유망기술에 대한 기술수요조사를 실시하여 중소기업이 현재 기술개발을 추진 중이거나 추진할 계획이 있는 기술에 대한 기술개발현황을 살펴보면 다음과 같은 수요가 있는 것으로 확인
  - 볼베어링 스피들 기술, 메탈 및 강화유리 가공에 적합한 에어베어링 및 스피들 기술 등에 대한 수요가 있는 것으로 조사
- 극청정/초정밀 가공기계 분야의 중소기업이 관심있는 기술개발과제에 대한 수요 분석 결과, 다음과 같은 기술의 개발에 대한 수요 요구

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 과제신청현황 및 수요조사결과 ]

전략제품	기술 분류	관심기술
극청정/초정밀 가공기계	고속·복합 가공기계	12축 드릴머신, BLDC 모터를 이용한 고효율 마그네틱 드릴링머신, 정밀가공부 품용 8축 CNC자동선반, 절단과 보링이 자동으로 시행되는 CNC 머신, 고속 및 정밀가공용 호빙머신, 초고속 스피들 장착 지반 천공용 수평 보링머신, 원격 지원 가능 CNC 동기 5축 공구 연삭기, 정밀제어형 2헤드 복합형 브로칭 머신, 풍력발전기 Tower Ring 가공용 대형수직선반, 고경도 제품 가공용 고속절삭 호빙머신 기술 등
	공구	CNC Drill Machine 스피들 속도 개선 기술, 백페이스 활용 보링공구장치, 탁상용 드릴/탭핑머신 주축스피들 간편속도제어 무단변속기구, 고속 보링 주축 어셈블리 유닛, CNC 선반의 깊은 홈 가공용 공구 진동 방지용 홀더 기술, 초고속/초정밀 에어베어링을 적용한 공작기계용 ATC 에어스피들, 밀링가공용 소재장착을 위한 Multi Stamping unit 등
	가공 공정 개선	흡음제 보링공정에 대한 드릴방식에서 펀칭방식으로의 공정개선 기술, 초정밀 성형연삭 드레서 개발을 통한 제조공정과 품질 개선 기술, 가공 공정의 ACE(Automatic, Clean, Easy)운영을 위한 최적의 머시닝 개발 및 가공 공정 개선 기술 등



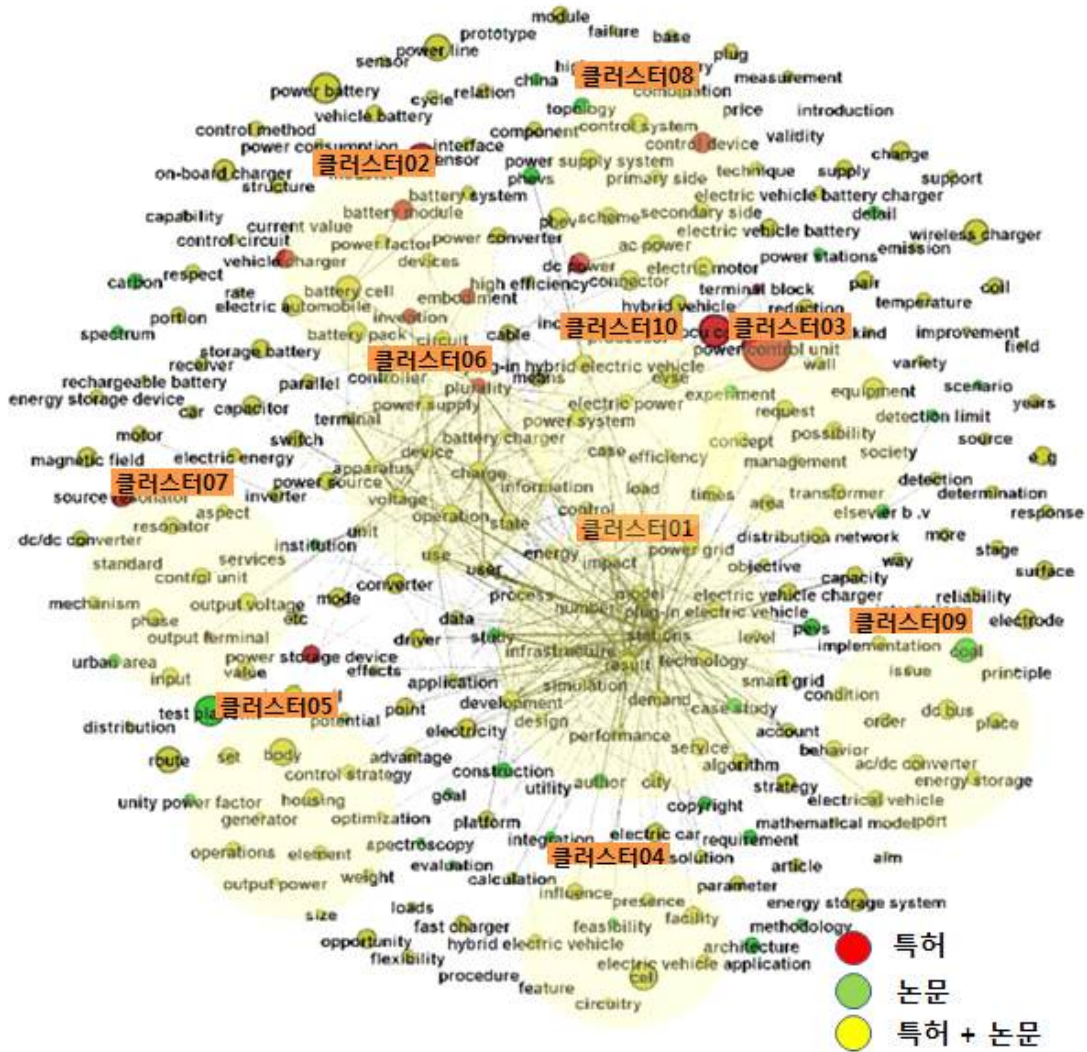
## 다. 중소기업 핵심기술

### (1) 데이터 기반 요소기술 발굴

- 극청정/초정밀 가공기계 분야의 특허 및 논문데이터 검색을 통해 도출된 유효데이터를 대상으로 데이터마이닝 기법(Scientometrics 기법)을 통해 클러스터링된 키워드의 연관성을 바탕으로 요소기술 후보군을 도출
  - 극청정/초정밀 가공기계 분야의 특허 및 논문 유효데이터를 기반으로 키워드 클러스터링을 통하여 요소기술 후보군을 도출
  - 제품별 dataset 구축 : 극청정/초정밀 가공기계 분야 관련 특허/논문 데이터를 추출하여 노이즈 제거 후 제품별 dataset 구축
  - 1차 클러스터링 : 키워드 맵을 통한 고빈도 키워드 확인-빈도수(tf-idf)<sup>29)</sup>가 상위 30%에 해당하는 키워드를 대상으로 1차 추출
  - 2차 클러스터링 : 1차 클러스터링에서 추출된 고빈도 키워드 사이에서 고연관도 키워드를 2차 추출 (고연관도 기준은 연관도수치<sup>30)</sup>가 일정수준 이상인 클러스터로 제한)
- 다음 그림은 키워드 간 연관네트워크를 시각화한 것으로, 각 키워드를 나타내는 원과 키워드 간의 연관도를 나타내는 직선으로 구성
  - 각 키워드가 특허와 논문 중 어느 데이터에서 도출되었는지 원의 색으로 구분하였으며, 키워드로 도출된 클러스터는 황색음영으로 표시
  - 키워드를 나타내는 원은 고빈도의 키워드일수록 원의 크기가 크게 표현되며, 연관도를 나타내는 선은 키워드 사이의 연관도수치가 높을수록 굵게 표현
- 극청정/초정밀 가공기계 분야 전략제품의 특허·논문 유효데이터에 대하여 키워드 클러스터링 결과를 기반으로 요소기술 도출
- 데이터 기반의 요소기술 도출은 키워드 클러스터링을 통해 도출된 요소기술에 대하여 전문가의 검증 및 조정을 통하여 요소기술을 도출

29) 빈도수(tf-idf) : 각 키워드가 출현되는 특허 또는 논문수를 의미

30) 연관도수치: 두 개 이상의 키워드 사이의 특허 또는 논문수를 의미



[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 키워드 클러스터링 ]

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 주요 키워드 및 관련문헌 ]

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 01	energy, reduction	4~7	1. ENERGY COLLECTION AND POWER REDUCTION IN LASER COUPLING PROCESS 2. Energy-efficient grinding rolls for coal pulverizers 3. REDUCED ENERGY WELDING SYSTEM AND METHOD
클러스터 02	clean, hardness	5~7	1. Nozzle unit and method for using wet abrasives to clean hard surfaces 2. Hydraulically driven welding machine with feedback
클러스터 03	hydraulic pressure	4~8	1. PRESS MACHINE AND METHOD FOR CONTROLLING SLIDE OF PRESS MACHINE 2. Hydraulic system for mining equipment and method of adjusting power of rock drill machine
클러스터 04	hard turning	4~8	1. HARD TURNING MICRO-MACHINE TOOL 2. GRINDING MACHINE WITH TURNING DEVICE FOR HARD-MACHINING

No	주요 키워드	연관도 수치	관련특허/논문 제목
클러스터 05	durability abrasion	4	1. Cutting Tool and Method for Treating Surface Thereof 2. ROTARY TOOL FOR FRICTION STIR WELDING
클러스터 06	high-speed, motor, machining	4~7	1. MACHINE TOOL AND MOTOR CONTROL METHOD 2. Adapter for a motor-driven machine tool with a rotatably driveable tool 3. MOTOR SPEED CONTROLLER
클러스터 07	ball screw, transferring	4	1. The thermal characteristics of the ball screw feed system on a gantry machine tool 2. Thermal displacement correction device of machine tools ball screw using cylindrical capacitor displacement sensor and method thereof
클러스터 08	devices, nitride	4~7	1. LINEAR DRIVE UNIT HAVING LINEAR MOTOR AND MACHINE TOOL 2. Reliving lathe that linear motor for cutting control of cutting tool is preloaded
클러스터 09	spindle, tool, interface	4	1. INTERFACE SYSTEM OF INDUSTRIAL MACHINE 2. spindle interface grinding device 3. INTERFACE SYSTEM FOR MACHINE TOOL
클러스터 10	parallel mechanism, machining	3	1. The kinematical performance analysis of a kind of parallel turning-grinding machine 2. PARALLEL PROCESSING APPARATUS USING MULTIPROCESSOR

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 데이터 기반 요소기술 ]

No	요소기술명	키워드
요소기술01	에너지 절감 가공시스템 기술	energy, reduction
요소기술02	공구 마모 방지용 신소재 코팅	abrasion, coating
요소기술03	초고압 정수압 성형시스템 기술	hydraulic pressure
요소기술04	최소윤활 가공	lubrication oil
요소기술05	고경도 그린소재 고능률 가공 기술	clean, hardness
요소기술06	하드 터닝 공정 및 시스템 기술	hard turning
요소기술07	BUE(Built-Up Edge) 형성 억제 기술	Built-Up Edge
요소기술08	고능률/내마도 공구 기술	durability abrasion
요소기술09	세라믹 레이저 보조 가공	laser, complex

**(2) 요소기술 도출**

- 산업·시장 분석, 기술(특허)분석, 전문가 의견, 타부처로드맵, 중소기업 기술수요를 바탕으로 로드맵 기획을 위하여 요소기술 도출
- 요소기술을 대상으로 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을 조정·검토하여 최종 요소기술명 확정

**[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 요소기술 도출 ]**

분류	요소기술	출처
고효율 그린 성형시스템	에너지 절감 가공시스템 기술	특허/논문 클러스터링
	초고압 정수압 성형시스템 기술	기술/시장 분석, 기술수요, 특허/논문 클러스터링, 전문가추천
	고효율 서보프레스 시스템 기술	기술/시장 분석, 전문가 추천
	세라믹 레이저 보조 가공	기술/시장 분석, 기술수요, 전문가추천
	원격 지원 가능 다축 공구 연삭기	기술수요, 전문가추천
그린소재 가공공정 및 시스템	고경도 그린소재 고능률 가공 기술	기술수요, 특허/논문 클러스터링
	하드 터닝 공정 및 시스템 기술	기술/시장 분석, 전문가 추천, 특허/논문 클러스터링
	고능률/내마도 공구 기술	전문가추천, 특허/논문 클러스터링
	공구 마모 방지용 신소재 코팅	특허/논문 클러스터링, 전문가추천
극저온 가공 공정 및 시스템	BUE(Built-Up Edge) 형성 억제 기술	기술/시장 분석, 기술수요, 특허/논문 클러스터링
	공구수명 및 소재제거율 향상 기술	기술수요, 타부처로드맵

### (3) 핵심기술 선정

- 확정된 요소기술을 대상으로 산·학·연 전문가로 구성된 핵심기술 선정위원회를 통하여 중소기업에 적합한 핵심기술 선정
- 핵심기술 선정은 기술개발시급성(10), 기술개발파급성(10), 단기개발가능성(10), 중소기업 적합성(10)을 고려하여 평가

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 핵심기술 ]

분류	핵심기술	개요
고효율 그린 성형시스템	에너지 절감 가공시스템 기술	구조의 경량화, 구동원·제어모듈의 고효율화 및 저전력화, 전체 시스템의 최적화 제어를 통해 기존의 시스템 대비 에너지(전력) 소비를 크게 향상시키기 위한 가공시스템 기술
	초고압 정수압 성형시스템 기술	초고압 액추에이터의 고정밀 제어를 통해 고부가가치 대형 성형부품에 대하여 기존의 성형공정의 단축 및 에너지 효율성을 혁신할 수 있는 성형공정 및 시스템 기술
	고효율 서보프레스 시스템 기술	유압식 프레스를 대체하여, 서보제어시스템 적용 및 성형성 향상 메카니즘을 통해 프레스공정의 정밀도와 생산성을 향상시킬 수 있는 공정 및 시스템 기술
그린소재 가공공정 및 시스템	고경도 그린소재 고능률 가공 기술	기존 절삭공정으로 불가능한 티타늄 합금강, CGI, CFRP 등 고경도 경량 난삭재의 고능률 가공공정 원천기술
	하드 터닝 공정 및 시스템 기술	고경도 난삭재 가공에 대하여 기존의 냉각 및 윤활을 위한 절삭유 공급을 최소화 또는 Dry-Cutting을 실현하는 친환경 가공 및 시스템 기술
	고능률/내마모 공구 기술	공구형상의 최적설계, 고경도 코팅/표면처리 등을 통해 고속가공 또는 고경도 난삭재 가공에 대응하여 내마모/내파손성이 향상된 공구 설계/제작 기술

## 6. 기술로드맵 기획

### 가. 극청정/초정밀 가공기계 기술로드맵

- 최종 중소·중견기업 기술로드맵 은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

극청정 초정밀 가공기계 기술의 중소기업형 기술로드맵					
Time Span		2017	2018	2019	최종목표
연도별 목표		가공공정의 에너지효율향상	가공대상재료의 다양화	난삭재가공 효율향상	재료의 정밀가공이 가능한 고효율가공시스템
극청정 초정밀가공기계 핵심기술	고효율 그린 성형시스템	에너지 절감 가공시스템 기술 초고압 정수압 성형시스템 기술 고효율 서보프레스 시스템 기술			정밀가공시스템의 에너지효율향상
	그린소재 가공공정 및 시스템	고경도 그린소재 고효율 가공 기술 하드 터닝 공정 및 시스템 기술 고효율 내피도 공구 기술			난삭재 가공공정의 에너지효율향상
기술/시장 니즈		가공시스템의 정밀도 향상	가공시스템의 에너지 소비 절감	다양한 재료의 가공이 가능한 시스템	

## 나. 연구개발 목표 설정

- 로드맵 기획 절차는 산·학·연 전문가로 구성된 로드맵 기획위원회를 통해 선정된 핵심기술을 대상으로 기술요구사항, 연차별 개발목표, 최종 목표를 도출

[ 극청정/초정밀 가공기계 분야 핵심기술 연구목표 ]

분류	핵심기술	기술요구사항	연차별 개발목표			최종목표
			1차년도	2차년도	3차년도	
고효율 그린 성형시스템	에너지 절감 가공시스템 기술	기존장비 대비 에너지 저감율(%)	15% 이상	20% 이상	30% 이상	기존 가공시스템 대비 30% 이상의 사용 에너지 저감
	초고압 정수압 성형시스템 기술	압력(MPa)	1,500 이상	1,800 이상	2,000 이상	고압 액츄에이터를 통한 가공 시간 단축 및 에너지 저감
	고효율 서보프레스 시스템 기술	램 스피드 (mm/s)	100 이상	200 이상	300 이상	프레스 공정의 정확성 및 생산성 향을 통한 에너지 저감
그린소재 가공공정 및 시스템	고경도 그린소재 고능률 가공 기술	소재재거울(%)	150 이상	180 이상	200 이상	기존 가공시스템 대비 2배 이상의 능률을 가진 가공 시스템
	하드 터닝 공정 및 시스템 기술	대응가능 소재 경도(HRc)	75 이상	80 이상	85 이상	절삭유 최소화를 위한 가공 시스템
	고능률/내마도 공구 기술	공구 제작 기술	나노복합 코팅 공구 개발	스마트형상 공구 개발	Meso-Scal e 대응 공구 (신소재) 개발	공구 수명 향상을 위한 공구 설계 및 제작 기술