

## 공작기계 산업의 국제 경쟁력 향상을 위한 연구개발과제 도출

이 석 우\*

### Extraction of Research and Development Project for Improving the International Competitiveness of Machine Tool Industry

Seok-Woo Lee\*

**요약** 공작기계는 산업발전의 기초가 되며 그 나라 기술수준을 반영하는 디자인, 가공, 제어, 조립 등과 같은 분야에서 고도의 기술력을 요구하기 때문에 기계류 부품의 생산성 향상 및 품질향상에 큰 영향을 주게된다. 그러나, 국내업체의 경우 능숙한 기술자나 공작기계 개발을 위한 충분한 자본의 확보가 어려워 신진 공작기계 제조업체와의 기술적 차이를 극복하기가 어려운 실정이다. 따라서, 이 논문은 국내의 공작기계 업체가 안고있는 문제점들을 인식하고 국제 경쟁력의 향상을 위해서 국·내외 공작기계 회사의 현 상태 및 연구경향 등을 조사하여 국내 공작기계 업체를 지원하기 위한 국가차원에서의 종합적인 연구개발과제를 도출하고자 한다.

**Abstract** Machine tool (Mother machine) is the basis of industrial development and it largely has an effect on the quality improvement and productivity improvement of machinery products because it demands high technical abilities such as design, machining, control and assembling which reflect the technical level of a country. But, in case of domestic companies, it is difficult to secure good engineers and enough fund for developing machine tool, which can not narrow the gap with advanced machine tool manufacturing companies. Therefore, this project focused on the extraction of research and development project to improve the international competitiveness of machine tool industry through comprehending problems that domestic companies have and investigating the research trend in domestic and international countries.

**Key Words :** Machine tool, Mother machine, Machinery products

#### 1. 서 론

공작기계는 기계를 만드는 기계로써 한 국가산업발전의 기초가 되는 동시에 산업발전을 주도하는 핵심 첨단 기술설비로서 기계류 제품의 품질 향상, 생산성 향상, 기술발전 등을 좌우하고 있다. 반도체, 가전, 정보통신 산업 등으로 대표되는 첨단 산업분야의 세계시장에서도 단위제품의 고품질화는 공작기계에 의한 초정밀 가공시스템 기술에 의존하고 있다.

공작기계를 생산하기 위해서는 설계기술, 가공기술, 제어기술 및 조립기술 등과 같은 고도의 전문기술이 복합적으로 요구되며, 이러한 공작기계 생산기술력은 각국의 기술수준을 가름하는 척도가 된다. 그러나 국내 공작기계 관련업체들은 설비투자의 극심한 부족과 금융경

색으로 부도업체수가 급속히 증가하는 등 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 1997년과 1998년 2년 동안의 통계 자료를 보면 한국 공작기계협회의 회원사 112개 가운데 21개 중소 업체가 부도처리되었고 이 중 6개 사는 폐업을 하였으며 대기업의 경우에도 경영여건이 어려운 상황이다. 그러므로 국내 대부분의 공작기계 업체들이 겪고 있는 종업원 수나 자본금 규모에 있어서 영세성을 탈피하고 국제적 경쟁력을 확보하기 위해서는 국가 차원에서 지원이 절실한 실정이다.

따라서, 본 논문은 “공작기계 산업 경쟁력 제고를 위한 연구기획 수립” 과제를 수행하면서 국내 공작기계 산업의 국제적 경쟁력 확보를 위한 연구개발과제의 도출을 목적으로 국내·외 공작기계 관련기술의 수준과 개발동향 등을 분석하였다. 또한 산업기술개발 5개년 사업과 중기거점 사업 등을 통한 정부의 중·장기 연구개발과제를 도출하여 국내 공작기계 산업육성에 기여하고자 하였다.

\*한국생산기술연구원

본 논문은 한국생산기술연구원 기획 사업인 “공작기계산업 경쟁력 제고를 위한 연구기획 수립” 과제로수행한 내용이며, 그 핵심 내용은 국내외 공작기계 흐름 및 생산규모(수입, 수출) 그리고 국제무대에서의 경쟁력 강화를 위한 정부차원에서 요구되는 사항들을 도출했습니다. 이러한 내용은 앞으로 공작기계분야에서 우위를 차지하기 위해 필요한 연구 및 국가재정 지원 등을 수립하는데 기여하리라 생각합니다.

## 2. 공작기계산업의 현황

### 2.1 공작기계산업의 국내·외 기술동향

#### 2.1.1 국내 기술동향

국내 공작기계는 NC선반을 중심으로 비교적 저가품의 경우 외국과의 경쟁력을 갖고 있지만 고속화, 고정도화를 위한 기술적인 측면과 신뢰성 면에서는 일본과 독일 등 선진국과 비교해 5~10년 정도의 기술적인 차이를 보이고 있다. 이것은 공작기계에 대한 독자적인 설계능력이 부족하여 고속·고정도 공작기계 및 시스템 개발이 사실상 어렵기 때문이다. Table 1과 Table 2에 나타난 것과 같이 머시닝센터의 경우 고속화·고정도화·시스템화 분야에서 선진국에 뒤지고 있으며, 연삭·연마용 공작기계는 대표적인 기술 취약분야로 고급기종은 거의 외국에 의존하고 있다. 또한 사용자의 특정한 생산요구에 맞춰 생산하는 전용화 된 공작기계 시스템도 국내에서 설계 및 제작능력이 부족하여 많은 양을 수입에 의존하고 있다. 특히, FMS나 CIM과 같은 시스템화·정보화 기술의 격차가 크고, NC 제어장치와 서보 모터를 비롯한 핵심부품은 선진국에 의존하고 있다[1].

#### 2.1.2 국외 기술 동향

미국, 일본, 독일, 이태리 등으로 대표되는 공작기계

Table 1. NC 공작기계 핵심부품의 자급도

부 품 명	자 급 도
CNC 제어장치	25%
서보모터	
스핀들 베어링	-
직선 베어링	20~25%
볼 스크류	3~5%

Table 2. 단위기술별 국내 수준

품목	세부항목	기술수준		취약기술
		한국	최고기술 보유국	
NC 공작기계	고속화	80	일본(100)	진동제어기술 정밀위치 운동제어기술 시스템운영 소프트웨어기술
	고정도화	80	일본,독일(100)	
	복합기능화	70	일본(100)	
	시스템화	60	일본(100)	
CNC 장치	H/W	70	일본(100)	Main-machine Interface 자기진단 기술 Network 기술
	S/W	70	일본(100)	
	시스템화	70	일본(100)	

기술선진국에서는 이미 1970년대부터 그 중요성을 인식하여 국가주도하의 가공장치 및 가공기술 개발에 총력을 기울여 초정밀, 고속, 고정도, 복합화 및 자동화를 통한 생산성 및 품질향상을 추구하고 있다. 예를 들면 컴퓨터·반도체·로봇·우주항공 등 첨단 요소부품 가공시스템의 초정밀 기계분야, 난삭재·신소재 가공과 품질 및 생산성 향상을 위한 초고속 기계분야, 지능형 공작기계를 중심으로 환경 친화적 인간 중심적 기계분야 개발에 노력하고 있으며, 고품위 제품 생산을 위한 고속 절삭가공, 정밀 연삭가공 및 특수 가공기술의 개발을 위한 연구도 많이 진행되고 있다[2].

### 2.2 공작기계의 연구개발 동향[3][4]

#### 2.2.1 공작기계의 초 정밀화

반도체, 가전, 정보통신산업 등으로 대표되는 첨단산업분야의 세계시장에서 단위제품의 고품질화는 초정밀 가공시스템의 기술 한계에 의존하고 있다. 공작기계 기술선진국에서는 이미 1970년대부터 그 중요성을 인식, 국가주도하에 가공장치 및 가공기술 개발에 총력을 기울여 오고 있다. 일본의 경우에는 미국, 유럽에 비해 후발국임에도 불구하고 가전, 정보통신분야에 초정밀 기술을 접목하여 고부가가치형의 세계시장을 장악하였으며 미국은 상대적으로 기술우위산업인 항공·우주, 핵융합 등의 분야에 있어서 핵심부품의 초정밀 가공시스템을 개발하여 보유함으로써 독점적인 위치를 확보하고 있다. 공작기계의 초정밀화를 위한 연구분야는 아래와 같다.

- 열변형 보정/제어 기술
- Cooling 기술
  - Spindle Cooling
  - 기계본체의 Cooling
  - Ballscrew의 Cooling
  - Coolant의 Cooling
- 정밀 Structure의 설계기술
  - 구조물 재질의 변경(Granite 등)
  - Closed Feed Back System (Glass Scale 등의 표준화)
  - 구조의 변경(열변형 안정구조)

#### 2.2.2 공작기계의 고속화

공작기계에서의 고속화는 지속적인 능률향상의 요구, 신소재 활용영역의 증가, 절삭기술의 연삭 적용 등 새로운 요구의 확대와 더불어 앞으로 더욱 진전될 것으로 예상된다.

**Table 3. 공작기계의 고속화 개발동향**

주축속도 (공구의 발달에 연동)	· CNC L/T : 6,000~8,000 rpm → 10,000 rpm · MCT : 12,000~20,000 rpm → 35,000 rpm~70,000 rpm
절삭속도	· 급속 이송속도의 절반수준 → 20,000 mm/min
공구교환시간	· CNC L/T : 0.5초~1초 → 현재수준 · MCT : 1.0초~2.5초 → 현재수준
Pallet교환시간	· MCT : 5~30초 → 현재수준
급속이송	· B/S 구동방식 - CNC L/T : 25~30 m/min → 40 m/min - MCT : 40 m/min → 60 m/min · LM 구동방식 - System 개발중 → 120~150 m/min

L/T : Lathe/Turning Center

MCT : Machining Center

B/S : Ball Screw

LM : Linear Motor

고속화는 Table 3에 나타난 것과 같이 주축시스템의 고속화, 이송계의 고속화 및 공구나 Pallet 교환시간의 단축 등의 분야로 연구개발이 진행되고 있다. 특히 전자 기계를 이용한 지능화된 고속 주축시스템에 대한 연구는 신기술로서 세계적으로 기술과급 효과가 매우 큰 고부가가치 기술에 해당된다.

**2.2.3 CNC 제어장치**

공작기계의 핵심부품인 CNC장치의 의존도는 일본의 FANUC 일변도에서 벗어나 이원화 되어가고 있다. 소형 NC공작기계나 머시닝센터의 경우 일본 FANUC 제품의 선호가 증가하였으나, 전용기의 NC장치는 일본의 FANUC, 미쓰비시, 야스카와와 독일의 지멘스 및 미국의 Bfc 등이 사용되고 있다. 특히 기존의 제어장치의 문제점이 피어난 화면의 Graphic과 대화형 화면 등은 PC의 장점을 살린 PC-NC 제어장치를 개발하여 독자적인 기능을 가진 공작기계로 사용하고 있으며, 또한 지능화된 CNC 제어장치를 개발하여 재료에 따른 가공조건을 선정하고 가공내용에 따른 위치결정제어 파라미터 등의 데이터베이스 확보와 CNC의 제어기능 내부에 가공저항, 진동, 소리 등의 파악이 가능한 적응제어 기능을 제어장치에 접가하고 있다.

Table 4는 CNC 제어장치의 개발동향을 나타낸다.

**Table 4. CNC 제어장치의 개발동향**

Open화	· H/W → 전문 Maker 공급 · S/W → MTB가 설계
Network화	· Remote Service (NC Program, Ladder, Diagnosis, Parameter) · 장비의 상태 관리
구 성	· NC장치 : PC기능의 추가 · 시보모터 및 드라이버 : 고속화 · 스펀들 보타 및 드라이버 → Built - In Motor의 확대추세

MTB : Machine Tool Builder

**2.2.4 공작기계의 다기능 복합화**

이러 기계로 다양한 공정의 가공과 마무리 작업을 할 경우 작업물의 이송에 따른 반송시간의 낭비와 정밀도의 저하가 발생하기 때문에 복합 기능을 갖춘 한 대의 기계로 작업을 수행할 수 있도록 개발하고 있으며 선반 2대의 기능을 한 대에 집약시킨 2 스펀들 CNC 선반과 밀링과 선반의 기능을 동시에 수행할 수 있게 해 주는 시스템 및 4축 동시가공 및 다기능을 갖춘 공작기계들이 대표적인 예이다. 공작기계의 복합화는 기계들 효율적으로 사용할 수 있는 환경을 제공하여 생산시간 및 투자비를 최소화하여 생산성 향상과 품질을 향상시킨다. 현재까지 개발되어진 복합기능의 공작기계는 다음과 같다.

- Turning → Turning+Milling  
→ Turning+Milling+Y축 → Twin Turn  
Rigid Tapping + Milling  
+ Milling+Y축
- CNC L/T + MCT
- Okuma Style : Turning + MCT
- Mazak Style : Turret Mill Turret  
+ +  
ATC Turning Turret
- Vertical, Horizontal, Double Column,  
Vertical + Horizontal
- MCT + Grinding, MCT - Granite

**2.2.5 자동화**

생산 단가를 낮추기 위하여 공장을 무인화 하여 중앙 통제로 가공 공정을 제어하는 기술이 각광받고 있는데, 최근에는 가공 공정의 무인화뿐만 아니라 가공물의 Loading/Unloading까지 무인화 하는 공장관리 System을 개발하고 있다. Table 5는 자동화 개발동향을 나타낸다.

**Table 5.** 공작기계 자동화 개발동향

Gantry Loader의 확대	CNC L/T, 1~2시간 무인화
FMC(MCT)	PMG, 12시간 무인화
FMS(MCT)	RGV, Pallet Stoker, Tool Stoker, Shop Floor Controller, 60시간 무인화
F A	Loading / Unloading 까지 무인화 하는 공장관리 System

PMG : Multi Pallet Magazine

RGV : Roll Guided Vehicle

### 2.3 공작기계 시장의 현황

세계 공작기계 시장은 90년도를 정점으로 공작기계의 수요가 담보상태가 되어 시장경쟁이 치열한 가운데 미국과 유럽지역을 중심으로 선진국 기업들간의 M&A가 활발히 진행되고 있다. 세계 공작기계의 생산액은 1990년도에 453억 달러였으나, 선진국 중심의 수요 감소에 따라 1997년에는 총 생산액이 370억 달러로 1990년대의 81.9%에 머물고 있다. 한편 1998년에는 미국을 중심으로 한 선진국 수요의 상승과 동남 아시아의 감소세가 맞물려 비슷한 수준에 머무른 것으로 추정되며 1999년에는 아시아 시장의 구조조정 진전, 유로화의 성공적인 출범에 따른 수요 증대의 요인은 있으나 공작기계의 생산 증가율은 6% 정도로 머무를 것으로 전망된다[5].

#### 2.3.1 세계 공작기계 업계의 상황

##### (1) 세계 공작기계 무역액

1997년의 세계 공작기계의 총생산액(금속성형기계 포함)은 371억달러로서 전년대비 4.3%가 감소하였으며, 세계 최대 공작기계 생산국은 일본으로 약 97억불(전체의 26.1%)의 공작기계를 생산하였다. 1997년 세계 주요국의 공작기계 무역액은 Table 6과 같으며, 공작기계 생산액 총액은 Table 7과 같다. 한국은 96년까지는 세계 9위의 공작기계 생산국이었으나 공작기계 생산업체가 대체로 영세하여 IMF를 맞이하여 국내 소비의 위축과 환율 상승으로 국제 경쟁력이 떨어지면서 부도업체가 많이 발생하여 1997년에는 세계 10위의 공작기계 생산국으로 떨어졌다.

##### (2) 세계 공작기계 시장의 추세

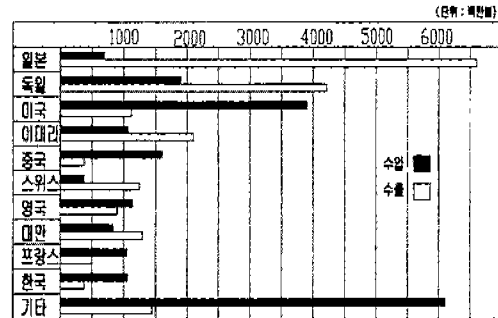
###### ① 세계 공작기계 업체의 생산 규모

세계 공작기계 메이커의 판매고 랭킹 510개사를 국

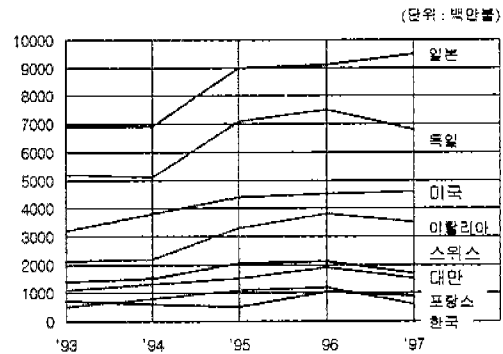
별로 보면 독일(74개사), 이탈리아(53개사), 일본(41개사), 미국(22개사) 등 선진국이 전체의 90.5%를 점유하고 있고, 다음은 영국(6개사), 스위스(4개사), 프랑스(3개사) 등이 차지하고 있다. 그러나 랭킹 7위 안에는 일본 기업이 4개사(야마자키야자, 모리세이키, 마키노, 오키마)가 있어 일본기업들의 시장 점유율이 큰 것을 알 수 있다.

1998년 매출액을 기준으로 한 공작기계 메이커 별 순위는 Table 8에 나타내었다. 그 외에 주요 생산업체로는 미국의 Hardinge, Hass, Hurco, 독일의 DMG, 일본

**Table 6.** 세계 주요 국의 공작기계 무역액(1997)



**Table 7.** 세계 주요 국의 공작기계 생산액 추이



**Table 8.** 주요 공작기계 생산 메이커

순위	업체명(국가)	매출액(억\$)
1위	Mazak(H) : 비상장 법인	9.8
2위	Mori-Seiki(日)	7.9
3위	Unova Group(美, Cincinnati)	7.06
4위	Okuma(H)	6.62
5위	TPS(獨, Fadal, G & L)	6.06
6위	Makino(H)	3.91
7위	Daewoo(韓)	3.13

의 Hitachi Seiki, Fuji, Toshiba와 스페인의 Danobot 등이 있다.

② 세계 공작기계 업계의 구조 변화

치열해지는 가격 경쟁 때문에 규모의 Volume 생산에 의한 원가경쟁력 확보 업체는 자연 도태될 것이며 생산성 향상을 위한 설비 투자는 확대해 갈 것이다. 또한 Market size 축소에 의한 “가격 경쟁 + 성능향상”을 추구하기 때문에 재료비 비중이 큰 OEM생산에 의한 원가 경쟁은 한계에 직면하였으며 자체 기술력을 확보하지 못한 업체의 경우에는 가격 경쟁력 유지가 불가능하게 되었다. 이러한 세계적인 상황 때문에 공작기계 업체는 종합 메이커와 전문화 업체로 분리되어 기술과 가격 경쟁력을 가질 것으로 생각된다.

· 종합 업체

- 일본 : Big3(Mazak , Mori-Seiki ,Okuma)
- 독일 : DMG, TPS(Fadal , G & L)
- 미국 : Unova(Cincinnati Milacron)
- 한국 : 1~2명 업체

· 전문 업체

- 전용기 제작업체
- Makino(금형용), EMAG(자동차 부품)

2.3.2 국내 공작기계 업계의 상황

(1) 국내 공작기계 규모

국내 공작기계 산업의 1996년도 생산액은 14,949억원 으로서 기계공업 전체 생산액의 0.8%를 차지하고 있다. Figure 1, 2, 3을 보면 현재 공작기계협회의 회원사중 77개의 공작기계 제조에 종사하는 전체 종업원 수(1998년)는 10,567명(137명/1개사)으로서 300명 미만의 중소기업이 54.2%이고 종업원 수는 39.1%를 차지하고 있다. 또한 자본금이 20억원 미만의 공작기계 생산업체가 64.5%를 차지하여 영세성을 벗어나지 못하고 있다. 1997년에 부도업체는 21개 회사였으며, 분야는 NC선반, 밀링기, 연삭기 등을 생산하는 업체들이었다. 부도의 가장 큰 이유는 경쟁력의 약화인데 NC선반의 경우 10년 동안 사양 등의 변화가 거의 없었으며, 연삭기는 일본 등 선진기술 보유국과의 기술 차를 줄이지 못하였기 때문이다.

(2) 국내 공작기계의 수출입 현황

국내 공작기계의 1997년 수출액(관세청, 무역통계)은 Figure 4와 같이 343,329천원로서 전년 대비 28.2%가 감소하였다. 수출액의 구성은 NC선반이 40.7%, 머시닝 센터가 12.2%로 전년에 비해 점유율이 낮아졌으며, 범

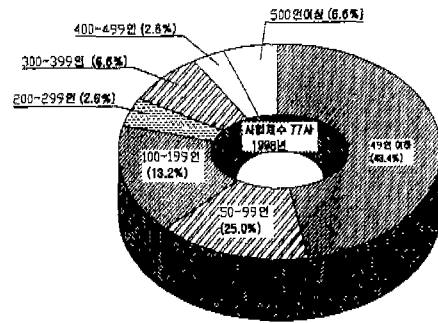


Figure 1. 종업원 수 규모별 사업체수 구성비.

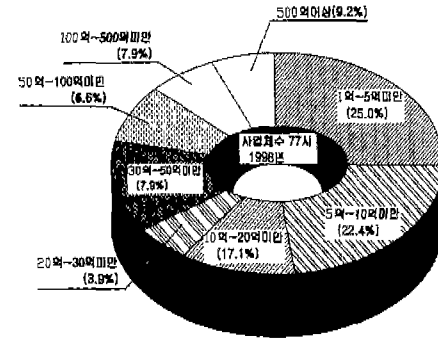


Figure 2. 자본금 규모별 사업체수 구성비.

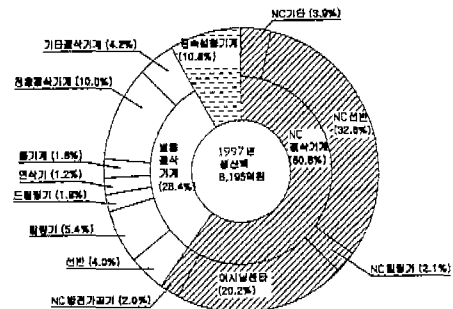


Figure 3. 공작기계의 기종별 생산액 구성비('97).

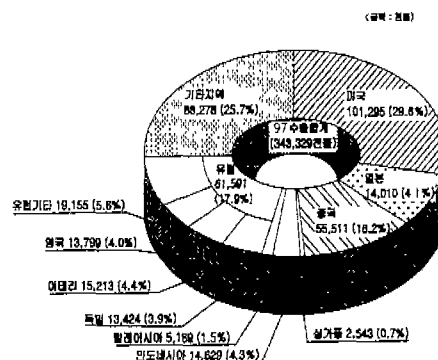


Figure 4. 수출액의 국별 구성비('97).

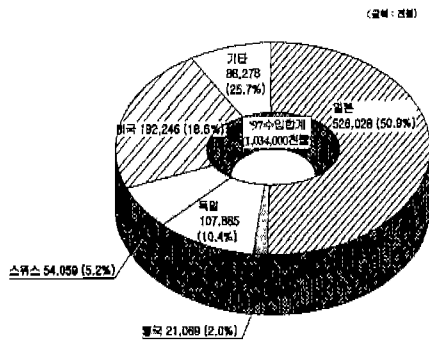


Figure 5. 수입액의 국별 구성비('97).

용기종은 16.6%로 점유율이 높아졌다. 지역별 수출액은 미국이 29.6%로 다소 낮아졌고, 유럽 지역이 17.9%로 조금 낮아졌으며 중국 지역도 16.2%로 낮아졌다. 그리고 공작기계의 수입액은 Figure 5와 같이 1,034백만 원으로 전년대비 44.9%로 크게 감소하였다. 금속절삭기계는 일본에서 전체 수입액의 50.9%인 526,028천원을 수입하였으며, 미국에서 18.6%, 독일에서 10.4%를 수입하여 이 3개국이 전체 수입액의 79.9%를 차지하고 있다.

2.3.3 공작기계류의 내수동향(1999년)

'99.1~3월 수주액 누계는 2,000억원(Table 9 참조)으로 지난해 같은 기간에 비하여 1.3% 증가에 그쳤고, 판매액은 전년동기 7.3%가 감소한 1,684억원을 판매하였다. '99.1~3월 수출누계는 전년동기에 비해 11.9% 감소한 1,051억원을 수주하였다. 지난해 총 수주액 중 63.4% 비중을 차지했던 수출 수주가 52.5%로 그 비중이 감소하였으나 총수주가 증가한 것을 감안하면 내수수요가 어느 정도 살아나고 있음을 알 수 있다. 특히, 3월만 볼 때는 수주액 중 내수비중이 51.3%를 점유함에 따라 IMF체제하의 '98. 1월 이후 15개월만에 수출비중을 알지르게 됐다.

Table 9. 공작기계 생산·출하('99.1~'99.3)

구분	'99.2	'99.3	'99.1~3	전년 동월 대비	전년 동기 대비
생산	41,455	58,533	159,830	2.3	-14.1
	47,203	65,229	169,411	0.8	-13.5
출하	25,372	28,889	81,654	12.5	17.3
	60,106	99,617	200,032	-4.1	1.3
수주	28,089	34,142	94,957	14.5	21.5

(1) 증가 요인

- 자동차 등 소비재를 중심으로 내수경기 회복세와 더불어 자동차 부품업체, 금형업체 등 실수요업체의 경기회복 기대심리 증대로 설비투자 마인드 향상
- 시장 실세금리의 하향 안정지속 속에 구조개선자금과 생산성향상자금(금형자금)이 연초부터 신청 접수하여 3월부터 본격적으로 실제대출 시작  
→ 실수요자 자금이력 호전
- 중고기계 소진으로 인한 신품수요 발생

(2) 감소요인

환율 상승과 미국 공작기계 시장의 불황으로 미주지역 수출감소가 가장 큰 요인임

(3) 향후 전망

- 전반적으로 수주상황이 증가하는 등 내수가 살아나고(수치+체감)있으며 재고는 전체적으로 지난해 같은 기간에 비해 큰 폭으로 감소(724억원, -48.5%)하였으나 아직 재고 처리가 미진한 일부업체의 파다 경쟁으로 업계의 체산성을 개선시키지 못하고 있음
- 전체적인 재고 감소로 납기가 길어지고 있어 점차 시장상황이 정상화되어 가고 있음
- 구조조정을 심하게 거쳤던 일부 대기업 및 중소기업은 생산이 수주를 따르지 못할 정도로 업체상황이 호전되어 가고 있음.
- 2/4분기 전망은 전반적인 미미한 경기상승세 외에는 특별한 호재가 없어 1/4 분기보다는 조금 나아질 전망이다
- 대외적인 수출 여건은 수출에 있어서 최대변수인 엔화와 원화의 안정세와 유고사태로 다소 염려는 되지만 유럽시장이 아직은 꾸준한 상승세를 유지하고 있고 동남아, 러시아 시장의 회복세는 호재로 작용하고 있지만 미주지역의 지속적인 경기둔화와 중남미 지역의 외환위기 확대는 우리업체의 수출을 점점 어렵게 하는 요인으로 작용하고 있음

(4) 국내 업계의 대응방안 및 요구조건

- 선진기술을 보유하고 있는 해외 업체와의 전략적인 다양한 제휴 체제 구축
- 전문화 업체의 육성
  - 설계능력을 갖춘 제작 전문업체
- 계열화의 강화
  - 종합 생산업체 + 전문업체(Uni)
- 지속적인 기술개발
  - 상품화 기술과 첨단 기술개발

- 장비의 고부가가치화  
(복합장비, System 판매)
- 완제품과 부품품의 수입관세 차별 방지
  - 관세 감면혜택 (철단, 자동화 장비의 경우 관세의 40~50% 감면혜택)
- 수입선 다변화 해체 시
  - 국산장비 구매 시 세제 혜택 방안

## 2.4 공작기계 분야 연구동향

### 2.4.1 연구개발의 필요성 및 기대 효과

#### (1) 필요성

- 공작기계는 국가산업 발전의 모체이고 첨단기술의 집약 분야이므로 외국과의 경쟁력을 갖기 위해서는 지속적인 연구 개발이 이루어져야 함
- 설계기술, 가공기술, 제어기술 및 조립기술 등 고도의 전문기술이 요구되므로 기술개발을 통한 노하우를 보유하여야 함
- 일본, 독일 등의 선진국과 5~10년 정도의 기술적 차이가 있으며, 기술적 노하우를 공개하지 않음
- 공작기계의 독자적인 설계 능력의 부재로 고정도화 기종과 시스템의 개발이 어려움
- 머시닝센터의 고속화, 고정도화 및 시스템화 분야에서 뒤지고 있으며, 고급기종을 거의 외국에 의존하고 있음
- NC 제어장치, 서보 모터 등의 핵심 부품을 외국에 의존하고 있음
- 제품의 가격 경쟁력과 수출향상에 도움이 되는 방안의 강구

#### (2) 기대성과

- 설계 기술 개선을 통한 독자적 제품 설계 능력 확보
- 공작기계의 복합화를 통한 경비절감  
(인건비, Space 등)
- 세계적 수준의 제품 및 가공정밀도 실현
- 기계 Unit 모듈화를 통한 유연성 확보
- 차세대 가공기계 제작기술 확보를 통한 기술 경쟁력 제고
- 중소기업의 전문화 및 특성화를 통한 경쟁력 제고
- 중소기업에 각종 정보제공을 하여 매출 신장에 기여

#### (3) 연구개발 추진 체계

산·학·연 협동연구체제를 구축하여 신기술을 개발하고 공작기계에 접목하여 국내 공작

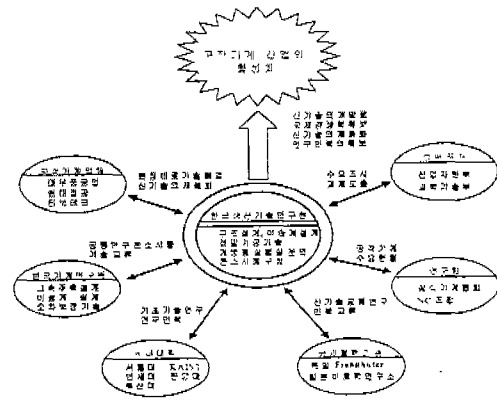


Figure 6. 연구개발 추진체계

기계 산업을 활성화시키고 국제적인 기술과 가격경쟁력을 갖도록 하여야 한다.

### 2.4.2 국내·외 연구개발 예

#### (1) 국내의 경우

국내의 공작기계 분야도 가공시간을 줄이기 위한 고속 주축의 개발, 병렬형 구조의 공작기계, 이송 메카니즘 개발, 제어장치 및 전용/범용 CNC 공작기계 등의 개발 등 많은 연구들이 진행되고 있다.

#### · 연구개발 예

- 고속 고정밀 리니어 모터 개발
- 능동제어형 고속·고정밀 공작기계 주축시스템 개발
- 병렬구조 공작기계(Eclipse)의 개발
- ATC 기능을 가진 수평형 Turning Center의 개발
- CNC Vertical Turing Center 개발
- PC NC기반으로 응용가공기계의 지능화 기술 개발
- 다기능 복합 가공기 개발
- 문형 5축 머시닝 개발
- 환형물 가공용 고기능 CNC 개발

#### (2) 외국의 경우

가공시간을 줄이기 위하여 절삭속도와 이송속도를 높이는 방향으로 연구 개발이 진행되고 있다. 절삭속도를 높이기 위하여 고속 회전 주축을 개발하고 있으며, 이송속도를 향상시키기 위하여 Linear Motor를 이용한 이송 제어와 급가·감속을 견딜 수 있는 충분한 뒤틀림과 강성을 가진 공작기계를 개발하고 있다. 또한 공작기계의 고속화를 실현하기 위한 경량화와 다기능을 갖는 복합화의 요구를 충족하기 위한 공작기계의 구조로서 병렬

형 구조(Parallel Mechanism)가 연구되어지고 있으며, 이를 제어하기 위한 제어기술의 개발도 요구되어지고 있다.

- 연구개발 예
  - 회전속도 160,000 rpm의 CNC 그라인더
  - 회전속도 18,000 rpm의 공작기계
  - 15,000 rpm에서 40,000 rpm까지 회전이 가능한 차세대 머시닝센터
  - 소재의 회전속도가 20,000 rpm에 달하는 CNC 공작기계
  - 42,000 rpm과 고속 피드가 가능한 CNC 공작기계
  - HexVantage Machine
  - Hexapode Machine Project

### 3. 공작기계 관련 연구기획

#### 3.1 공작기계산업연구회[6]

국내·외 공작기계 업계의 동향과 향후 전망 및 국내 공작기계업계의 대응방법 등에 관한 의견을 제시하여 국내 공작기계 업계의 발전을 도모하였다.

##### 3.1.1 1999년 산업설비투자 전망

###### (1) 1999년/2000년 경제 동향과 전망

- 산업연구원의 전망과 전경련의 기업실사 지수 등을 기초로 정리
- 국내 경기는 1998년도 하반기를 저점으로 회복세에 접어들고 있음
- 1999년도 설비투자는 1998년의 최악에서 벗어나겠지만 적정 가동률 미달과 수출 여건 불부명으로 0.2% 증가율에 그칠 전망
- 2000년에는 경기회복세의 확산, 내수 및 수출 여건의 개선에 따라 5.9% 증가 예상됨

###### (2) 1998년도 설비 투자 실적

- 1998년도 설비투자는 32조 7822억원으로써 전년 대비 37.2% 감소
- 1997년도 감소율 -6.9%보다 투자 감소율이 대폭 확대
- 제조업의 설비투자 감소가 두드러진
- 내수 부진, 기업 구조 조정에 따른 투자 마인드 위축, 설비 파잉에 따른 신규 투자 수요 감소

###### (3) 1999년도 설비 투자 전망 개요

- 1999년도 설비투자는 전년대비 4.7% 감소할 것으로 전망됨

로 전망됨

- 최근의 경기 회복에도 불구하고 투자 감소가 계속되고 있음
- 99년도의 설비 투자 분위기는 크게 호전된 수준임

#### (4) 부문별/기업별 설비 투자

- 제조업 부문은 투자 부진 지속
- 기업별로는 중소기업 투자 위축이 심각

#### (5) 동기별 설비투자

설비능력 증가를 위한 투자 비중이 크게 하락하고 합리화 투자 비중이 증가

- 설비능력 증가 투자 비중
  - 97(69.6%)→98(60.8%)→99(55.1%)
- 합리화투자 비중
  - 97(14.0%)→98(19.0%)→99(22.0%)
- 연구개발 투자 비중
  - 97(6.8%)→98(10.1%)→99(13.0%)

#### (6) 설비투자 부진 요인

- 수요 부진(32.4%)
- 경기 전망 불부명(29.9%)
- 자금조달의 어려움(14.1%)
- 설비 파잉(10.7%)
- 수익성 저하(2.5%)

#### (7) 종합의견

- 생산기반 약화를 초래할 정도의 설비 투자 감소는 바람직하지 않음
- 설비투자 활성화를 위해서는 정부의 유효 수요 창출을 위한 확대 재정정책이 필요
- 설비 투자의 비가역성을 완화하여 투자에 따른 위험 부담을 감소시킬 제도적 기술적 지원 강구
- 중소기업의 투자활성화를 위해서 정부의 비 대칭성을 완화시킬 정책이 필요함

##### 3.1.2 국내 공작기계 업계의 현황

###### (1) 터보테크

- 1999년 현재 종업원 179명, 연구인력 43명
- 매출액 340억 35억 이익, 자본금 79억 원
- 연구개발투자 매출액 20%
- 생산 제품: CNC(CNC Simulator, Canvas 2), CAD(신발 금형용), 산업전자(자동차, 공조, 이동통신용), 자동화 사업(FMS, FA 토탈솔루션)



- 벤처기업 육성에 주도할 계획임

(2) 연구조합

- 연구 테마 : PC-NC 개발(1995.12-99.9)
- 개발 자금 : 320억 원
- 참여 기관 : 대기업 9개사, 중소기업 8개사, 기타 연구기관 및 대학
- 참여 인력 : 연 410명
- 개발 효과 : 직접 효과 5억 달러, 간접 효과(기계류) 50-60억 달러

(3) 현대정공

- 90년 3월 기공-91년 10월 준공(대지 44300평, 연건평 16550평): 단일 공장으로는 세계 10위내
- 93.3 제후선 아마자키 마작에서 지멘스사로, 수출 시작, 96년 IMTS 출품 시작
- 99.8.1 현대자동차로 분할 합병
- IMF로 현장인력 300명에서 160명으로 축소
- 컨트롤러: QT시리즈(마자트볼), HIT(HITROL)
- 최대생산 능력: 3600대(NC 1800대, MC 1800대)

(4) 통일중공업

- 1959년 창립, 72년 변속기 전문기업, 73년 공작기계 사업 시작, 84년 동양기계 합병
- 부지 19만평, 인력 2600명
- 국방부 과제 : 트랜스미션, 70밀리 포
- 차량 부품: 구동 장치, 변속기, 추진축, 차축, 자동차 및 농기구용, 최근 콘크리트 펌프카,
- 공작기계 공장 : G7 첨단생산시스템주관 업체

(5) 대우중공업

- FMS 생산 시스템 95년에 완공 (72시간 무인운전)
- 최대생산량 : 3600대(선반 2400대, MC 1200대)
- 사내 국제공작기계전시회 개최
- 98년도 영업성과 : 영업이익률 20%, 경상 이익률 8%, 3500대 수출
- 종업원 1150명 중에서 연구개발인력이 350명, 현장 인력 450명

(6) 두산기계

- 9개 BG(비즈니스 그룹), 2개 본부 체제
- 기계BG(화학기계BG, 공작기계BG, 관리 부분): 448명
- 생산 품목: 선반(18종), 밀링(4종), MC(9종), 산업용

로봇

- 연 생산능력 400대

(7) 기아중공업

- RV 차 특수로 가동률 170%
- 생산 제품: TM, 스티어링, 항공기랜딩기어(500억 수주), 공작기계, 국방산업 기기
- Hitachi와 기술 제휴함. 열변위는 대등한 기술력 습득, 소음은 노력중이나, 진동 부분은 아직도 취약함

(8) 화천기공

- 4개사(화전기계, 화천기공, 화천기어 등) 인력 1400개사.
- 생산 품목: CNC 선반, 밀링, MC, 연삭기 (CNC, 범용), 자동화시스템(Hub Cutting용)
- NC 공작기계에 특정 컨트롤로만 부착하지 않고 다양한 컨트롤러를 부착함
- 주물 부품은 단일 생산 체제로서 국내 최대, 로봇 주물 부품은 일본에 수출하기도 함
- 총 800대 생산 체제(머시닝센터 350대, CNC선반 450대)

3.2 산업기술 5개년 기술교류회의

중 · 장기 과제를 선정하고 국내 공작기계 업계의 어려움과 선진기술 보유국과의 기술 격차를 줄이기 위한 방안 등을 제시하여 산업기술 5개년 계획이 국내 공작기계 업계가 기술경쟁력을 가질 수 있도록 한다. 산업기술 발전 5개년의 구체적인 내용은 다음과 같다.

3.2.1 산업기술발전 5개년 계획[7]

(1) 추진계획

- 기존에 수립된 산업기술발전 5개년 계획 (1996~2000)의 후속으로 국내의 기술개발 환경 변화에 대응하기 위한 새로운 산업발전 5개년 계획수립이 필요
- “산업기술개발 5개년 계획”과 “산업기술하 부구조 확충 5개년 계획”의 상호 연계추진 필요성에 따라 기술 교류회를 통한 종합계획 수립

(2) 추진목적

신 산업발전방안(99.1)에 근거하여 지식기반 신 산업의 발전, 기존 주력 산업의 고부가가치화, 환경친화 지 에너지 소비형 산업구조로의 전환에 필요한 핵심기술 개발과 기술하부구조의 확충을 위한 비전과 실행계획을 수립

- 산업발전의 동향과 비전
- 핵심기술분야별 동향과 비전
- 핵심기술개발 대상사업 도출
- 기술기반 대상사업 도출

(3) 추진 절차

- 전 산업을 15개 기술 교류회로 구성하여 국내외 분야별 중장기 기술 예측 결과를 참조하여 교류회 위원에 의해서 제안된 과제 및 수요 조사를 통하여 도출된 과제를 포함하여 기술개발대상과제를 도출하고 우선 순위를 결정
- 교류회 위원에 의해서 제안된 과제 및 수요조사를 통하여 도출된 과제를 포함하여 기술하부구조 대상과제를 도출 및 우선 순위를 결정

(4) 활용계획

산업기술발전 5개년 계획기간(2000년~2004년)동안 중기거점사업, 차세대 신기술개발사업 등 중장기 기술개발사업 및 인력양성, 표준화 등 기술 하부구조 추진대상사업으로 연계

3.2.2 교류회 운영

(1) 교류회의 구성

전 산업을 정보기술 및 전자통신, 화학, 환경에너지, 재료, 소재 및 기계의 15개 부문으로 구별하고 이를 다시 통신, 네트워크 기기 등 15개 주요 기술분야로 구성

(2) 교류회의 역할

산업기술발전 5개년 계획기간 동안 중기거점사업, 차세대신기술개발사업 등 중장기적으로 추진될 기술개발 과제 및 기술하부구조 사업으로 추진될 대상과제를 각 분야별로 도출하고 우선 순위 결정

(3) 교류회 위원 및 실무위원의 역할

- 교류회 위원은 국내외 중장기 기술예측 결과를 참조하여 도출과제 제안서 작성
- 실무위원은 각 분야별 국내외 기술 개발 동향과 비전작성

3.2.3 과제 도출

(1) 기술개발부문

- 중장기 기술개발대상과제 도출의 기전방향
  - 연관 산업에 미치는 파급효과가 크고 21세기 국

내 경제를 이끌어 갈 수 있는 핵심기술

- 개발 기간이 중장기적(3년~10년)
- 투자규모가 크고(기술적, 상업화) 위험도가 높아 정부 지원이 요구되는 대형기술 개발 과제
- 국내외 중장기 기술예측 도출과제를 참조하여 국내 여건 등을 고려하여 향후 추진 가능한 사업인지, 기술 군으로 적정한 규모여부, 기술분류상 통합여부, 예측자료에는 누락되어 있지만 반드시 추진되어야 하는 사업인지 등을 종합적으로 검토하여 대상 과제를 선정
- 검토 결과 대상 도출 과제에 대한 제안서 작성위원 선정

(2) 기술하부구조 부문

- 기술하부구조 성격으로 판단되는 사업 등을 토대로 사업도출
- 수요조사를 통해서 도출되는 사업과는 별도로 해당 분야별로 기술적 특성을 고려하여 구체적인 하부구조 사업에 대한 제안서 작성위원 선정

3.3 중기거점과제 기획 연구

“서브 마이크론 정밀도를 갖는 고속·지능형 가공시스템의 실용화 연구” 중기거점 과제를 통해 연구과제 도출[8].

3.3.1 연구기획의 최종목표

우리나라의 산업 전반에서 필요로 하는 선진국형 가공시스템을 개발하고 아울러 그 동안 침체된 국내 공작기계 산업을 선진국 수준으로 상향 발전시킬 수 있도록 산·학·연 협동체제를 구축하여 국가산업에서 필요로 하는 고부가가치 가공시스템의 세부개발제안서(RFP)를 도출하는 것을 연구기획의 최종 목표로 하였으며 주로 다음과 같은 내용을 포함하였다.

- 고속화/지능화 기술의 국·내외 기술 현황 분석 및 핵심 요소기술 도출
- 난삭제와 같은 고정도제의 고속가공 및 고속용 CAD/CAM 기술 도출
- PC-NC 연계를 위한 요소기술 및 지능형 원격제어 시스템 통합기술 도출
- 고속·지능형 가공시스템의 종합적 기술개발체계(SI: System Integration) 정립 및 세부도출개발과제(RFP) 구축
- 연구개발의 추진전략 및 산·학·연 협동 연구체계 정립
- 향후, 연구개발 수행에서 지향하고자 하는 개발기

술의 단계별 주요 성능 목표 설정

3.3.2 연구기획의 내용 및 범위

본 연구기획사업은 관련분야의 산·학·연 전문가로 구성된 연구교류회를 통하여 수행되었으며, 1회의 Workshop 개최와 6차의 전문가 회의를 개최하여 향후 중기거점 개발과제로 수행될 세부기술 과제에 대한 Road-Map 작성과 특허자료 조사(Pattern-Map)를 거쳐 최종의 세부개발과제(RFP)를 도출하였다. 이 경우 세부개발과제의 도출은 21세기 기술선진국 진입을 위해 부가가치가 높아 국제경쟁력이 높으면서 전 산업으로의 기술적, 경제적 파급효과가 크고, 5년 내외에 실용화 및 상품화가 가능하여 시장성과 직결될 수 있는 과제를 선정하였다.

도출된 연구기획의 주요내용 및 범위를 요약하면 아래와 같다.

- 고속, 지능형 공작기계에 대한 국·내외 산업 기술동향을 분석
- 연구개발 과제에 대한 국·내외 기술수준의 비교
- Road-Map과 특허조사에 따른 Pattern-Map 작성

- 무역수지와 국제경쟁력 및 경제적, 기술적 파급효과를 분석
- 단계별, 연차별 세부과제의 연구내용 수립
- 개발에 필요한 세부과제 및 제안 요구서 도출
- 산·학·연 연구분담 및 협동연구체제 구축

3.3.3 연구기획 결과

본 연구기획사업은 21세기 기술선진국 진입을 위하여 부가가치가 높아 국제경쟁력이 높으면서 전 산업으로의 기술적, 경제적 파급효과가 크기 때문에 5년 내외에 실용화 및 상품화가 가능하고 시장성과 직결될 수 있는 과제들을 도출하는 것으로 Table 10과 같이 8개의 과제를 주요대상으로 하여 선정하였다.

3.3.4 기대성과 및 활용방안

- 고부가가치의 선진국형 “고속·지능형 가공시스템의 국산화” 개발체제 확립
- 산 기획내용은 국내 공작기계산업의 선진화를 위한 중장기 발전방향 지침으로 활용
- 항공우주산업, 신소재산업 등 첨단정밀산업의 육성 및 발전을 위한 기반기술로써 활용

Table 10. 도출된 세부 연구과제 명

일련번호	도출세부과제명	추진일정				
		1단계			2단계	
		1년	2년	3년	4년	5년
1	원격운동 초고속 HMC 개발					
2	고속 고정밀 급형가공 센터 개발					
3	고속 지능형 Linc Center 개발					
4	자율대응 고속주축 시스템 기술개발					
5	고속·고강성 이송시스템 기술개발					
6	고속 지능제어 및 원격통신시스템 기술개발					
7	고속가공 및 환경친화 공정 기술개발					
8	고속 지능시스템의 신뢰성평가 기술개발					

4. 결 론

본 논문은 “공작기계 산업 경쟁력 제고를 위한 연구기획 수립” 과제를 수행하면서 국내·외 공작기계와 관련된 연구개발 동향을 조사함으로써 향후 공작기계의 발전 방향을 파악하였고 현재 국내 공작기계 업계의 현황과 문제점들을 조사·분석하여 국제적인 경쟁력을 갖기 위한 향후 업계의 대응방안과 국가 차원의 지원 등에 대해서도 조사를 하였다. 그 결과 국내 공작기계 산업의 활성화를 위한 방법과 과제 도출을 하였으며, 또한 “서브 마이크론 정밀도를 갖는 고속·지능형 가공시스템의 실용화 연구”의 기획사업을 통해 “고속 이송계의 성능 평가” 과제를 도출하였다.

참 고 문 헌

- [1] 2000년대 첨단기술산업의 비전과 발전과제, 산업연구원, 방문사, 1994.
- [2] 공작기계(머시닝센터) 과제에 대한 PM개발 중간보고서, 특허청, 2000.
- [3] 강철희, “공작기계기술의 현재와 미래”, 한국정밀공학회지, 1995.

- [4] 첨단 CNC공작기계 국제기술세미나, 한국공작기계학회, 2000.
- [5] 한국공작기계통계요람, 1998-1999, 한국공작기계공업협회, 1998.
- [6] 공작기계산업연구회지, 한국공작기계협회
- [7] 산업기술 5계년 기술교류회의, 산자부
- [8] 서브미크론 정밀도를 갖는 고속·지능형 가공시스템의 실용화연구 (연구기획사업 최종 보고서), 1999.