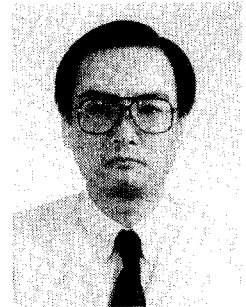


## 공작기계 산업의 전망과 과제

정성종\*

### Prospects and subjects of the Machine Tool Industry

Sung-Chong Chung\*



학회 편집이사

#### IMF의 영향

98년 공작기계 시장은 IMF 체제하에서 전례 없는 변화를 경험하였다. 국내의 설비투자는 97년 대비 3/4분기까지 약45% 하락하였으며, 내수 공작기계 시장은 약 66% 하락하였다. 더욱이 자동차, 반도체 등 생산전반에 걸쳐서 기업의 도산과 가동을 하락으로 2조원 이상의 유휴 설비가 발생한 것으로 보고되고 있다. 이 때문에 공작기계 제조업체의 경우 내수에 기반을 둔 100 여개 이상의 중소 중견 업체들이 도산하였으며, 한국산전, 광주남선전반, 통일중공업 등도 도산되는 비운을 맞이하였다.

그러나, 환율 상승과 업계의 수출 마케팅 노력으로 98년 3/4분기까지의 수출은 전년 대비 181% 까지 상승하여 약 5000억원 정도의 수주를 기록하였고, 기술경쟁력과 가격경쟁력을 갖는 업체들은 생존할 수 있었다.

99년도 국내 성장률은 플러스로 회복을 점치고 있으나, 미국경제의 부진과 수입선다변화의 해제로 NC 선반과 머

시닝센터까지 완전한 수입자유화가 이루어지기 때문에 국내 업체가 겪게될 피해는 어느 때보다도 클 것으로 전망된다. 물론 일본이나 외국 기업들이 기업구조 조정을 통해 우리나라 공작기계 회사를 인수하거나 전문인력의 스카우트 등도 접쳐지는데, 바람직한 공작기계 산업의 육성 전망이 어느 때 보다 필요하다고 보며, 긍정적인 측면에서 몇 가지 생각해 보고자 한다.

#### 공작기계 산업이 국가경쟁력 좌우

지난 10 년여 대학에서 공작기계 관련 연구와 교육을 담당해 오면서 공작기계의 설계기술, 평가기술, 이용기술, 제작기술 측면에 관심을 가져왔다. 공작기계는 자동차, 가전, 정보통신, 항공, 조선, 중화학공업 관련 기계요소나 기계류 등을 제작하는 모기계 (Mother Machine) 로서 공작기계 산업은 한나라의 공업수준과 국가경쟁력을 좌우하는 핵심 자본재 산업이다.

\* 한양대학교 공과대학 기계공학과

금속절삭 공작기계의 경우 95년 통계자료에 따르면 전세계 생산량은 약 290억불이며, 이중 일본이 68억불을 생산하여 세계 제일의 생산국이고, 우리나라의 경우는 8.4억불 생산으로 세계 9 위를 차지하고 있다. 일본의 경우 수출은 42억불 수입은 3.5억불 정도이며, 우리는 10억불 수입에 1.5억불 수출을 하고 있는 실정이다. 일본과 우리는 지리적으로 가깝고 제조업 중심의 경제체제와 교육수준이 높다고 하는데서 비교의 대상이 될 수 있고, 공작기계 산업의 경우도 이런 맥락에서 비교 대상이 되고 하나의 성장 모델이 될 수 있을 것으로 생각하여 검토해보기로 한다.

우선 일본의 경우는 전세계 생산량의 23%를 점유하는데 비하여 우리는 2.9%를 생산하고 있다. 일본은 생산량 중 62%를 수출하고 있으나 우리는 18%를 수출하고 있고, 전세계 생산량중 일본은 1.2%를 수입하는데 우리는 3.4%를 수입하고 있다. 이상은 공작기계 산업의 단순한 외형 비교이다. 우리는 이 자료로 부터 몇가지 긍정적인 사고를 할 수 있겠다.

첫째는 약 10 배의 생산력 차이를 좁힐 수 있는 시장이 존재할 수 있다는 가능성, 둘째는 생산량중 수출의 비중을 3배 이상 증대시킬 수 있다는 가능성, 셋째는 1/3 정도로 현재 우리의 공작기계 수입규모를 줄일 수 있지 않겠는가 하는 생각이 그것이다.

그러나, 이와같은 단순논리를 실현하기 위해서는 남북통일이 이루어지고 일본과 같은 기술수준의 보유는 물론이고, 일본과 같은 정부의 지원, 일본과 같은 기술을 보유할 수 있도록 하는 우리의 교육과 연구 현실의 개혁이 필요하다.

## 세계시장 . . . 고성능·저가형으로 양분

현재 세계적으로 공작기계 기술수준에 대한 정의를 광범위하게 설정한다면, 일본의 경우는 고성능의 범용공작기계 제조, 유럽의 경우는 고가의 고성능 특수 공작기계 제조, 대만이나 우리나라의 경우는 저가의 범용 공작기계 제조에 특기를 가지고 있다고 할 수 있겠다.

공작기계의 기술발전은 자동차, 조선, 항공, 정보통신, 금형, 베어링 및 고정도 공작기계 제조 등을 위한 필요에 따라서 성장해 왔으며, 이런 의미에서 공작기계의 수요도 앞으로는 고성능 위주의 시장은 물론이고 신흥공업국을 위한 저가형의 범용기 생산 중심으로 양극화가 진전될 전망이다. 때문에 우리의 경우는 자동차 제조사를 중심으로

형성된 대기업군의 공작기계 회사들은 신흥공업국 중심의 저가형범용기와 그 주변 자동화 기술의 개발에 전념하면 좋겠고, 전문 공작기계 메이커들은 자동차, 조선, 항공, 정보통신 관련 고성능 부품이나 금형, 베어링 또는 고정도 공작기계를 제조하는데 사용될 수 있는 고성능 범용기와 고성능 특수공작기계 개발에 주력한다면 향후 일본과의 격차를 줄이면서 원만한 성장을 실현할 수 있을 것으로 생각한다.

예를 들면 Yasda, Makino, Mori Seiki, Okuma, Hardinge, Dekel-Maho, Haas, Hurco, Matsurra, Fadal 등과 같은 회사와의 Bench Mark 도 필요하다고 보며, 그들의 기술수준과 경영전략을 능가할 수 있도록 연구개발과 마케팅에 노력하고 구조조정을 단행한다면 향후 통일에 따른 국내시장의 팽창은 물론 우리의 전문 공작기계메이커들이 세계를 상대로 영업할 수 있는 기회가 올 것이라고 생각한다.

우리 정부의 경우 70년대 중공업 입국을 국시로 하면서 공작기계 산업을 장려하였고, 현재도 공업기반기술이나 G7 첨단생산시스템 기술개발 수입선다변화 및 인준제도 등을 통해서 2차세계대전 후 일본정부가 시행해온 노력과 유사한 육성책을 기울이고 있기 때문에 정부의 노력은 어느 정도 이루어지고 있다고 생각된다. 그러나, 일본의 경우 공업화를 통한 선진국 진입을 위해서는 생산기술의 육성이 중요함을 이미 20세기 초반에 이해하였으며, 이를 위해 각급 대학에 생산공학 강좌를 개설하여 많은 연구비를 투입함으로써 교육 및 연구를 장려해 온 것을 우리는 중요하게 생각해야 한다.

## 인력양성과 기술개발을 위한 정책적 지원 있어야

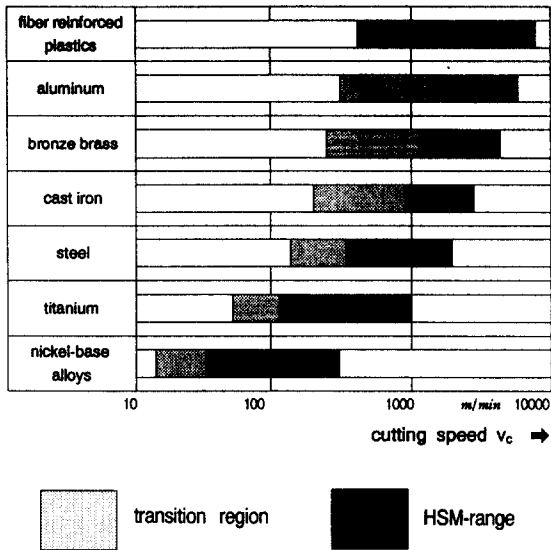
현재 일본과 우리나라의 경우 공작기계 분야의 교육과 연구에 종사하는 사람의 수를 단순 비교하면 약 15 대 1 정도로서 이제부터라도 이 격차를 줄일 수 있는 인력양성에 정부가 관심을 가져야 한다고 본다. 특히 우리의 경우는 공작기계의 단순 사용기술을 교육하는 기관은 많으나, 생산기술의 근본적 육성에 필요한 공작기계의 설계, 평가, 제작 및 이용기술에 대한 교육을 난이도 있게 시행할 수 있는 교육 및 연구 기관의 숫자가 미미한 것이 현실이기 때문이다.

이들 기술중 공작기계의 이용기술 만을 예를 들면 고속가공, Hard Turning, 건식 및 냉각가공, CAD/CAM, FMS, CIM, IMS, 환경친화 기술 등을 의미하며, 이들을

교육 및 연구하기 위해서는 한 두가지의 대형 프로젝트보다는 교육부 산업자원부 과학기술부 노동부 정보통신부 등을 통하여 공작기계 관련 분야에 광범위하고 장기적인 연구비 지원과 실험설비 지원이 국공립을 위시한 사립대학들에 주어져야 한다고 생각한다.

예를 들어 고속가공 기술의 개발을 생각해 보자.

고속가공의 정의는 공작물, 절삭공정, 절삭공구의 선정에 따라서 다르게 정의되지만, 밀링작업의 경우 <그림 1>과 같이 공작물 재료에 따라서 고속가공의 영역이 구분되며,  $DmN = 65$ 만 이상 또는 10,000rpm 이상의 스피indle 속도에서의 가공을 엔드밀 가공에서는 일반적으로 고속가공이라 부른다.

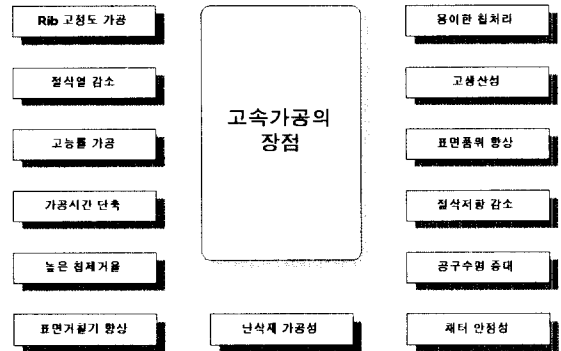


<그림 1> Cutting Speeds for High Speed Milling

<그림 2>는 고속가공의 장점을 보인 것이다. 칩처리의 우수성, 80% 이상의 가공열이 칩을 통해 방출되기 때문에 절삭온도의 저하와 공구수명 증대, 높은 생산성에 따른 가공 능력의 향상과 제품 납기 단축실현, 표면품질 및 표면거칠기 향상과 무연마 정밀금형 제작, 절삭저항의 저하를 통한 rib 구조의 고정도 가공, 채터진동에 대한 견실한 안정성, 비철금속의 고속가공은 물론 고경도 금형강 등의 난삭재 가공의 우수성 등을 갖는다.

이와 같은 장점을 살리기 위해서는 <그림 3>과 같이 고속가공의 실현에 필요한 공구-절삭공정-공작기계 관련기술의 개발과 적절한 이용기술의 확립이 필요하다.

공구관련 기술은 PCD, CBN, 세라믹 및 피복초경 공구 등의 비약적인 발전으로 철계 비철계에 적합한 공구선정을 통해 고속가공을 실현할 수 있게 되었지만, 절삭공정이나 공작기계 관련 기술에서는 많은 문제점의 해결이 필요하다.

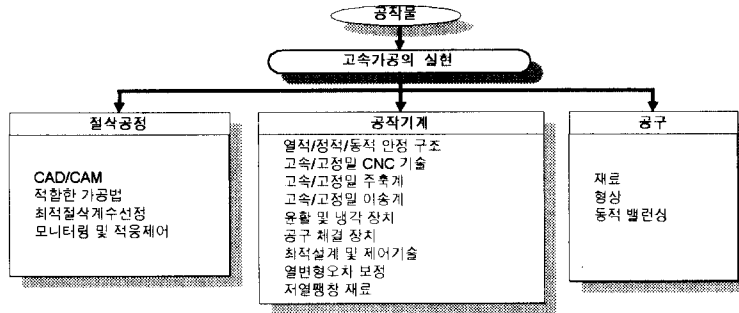


<그림 2> 고속가공의 장점

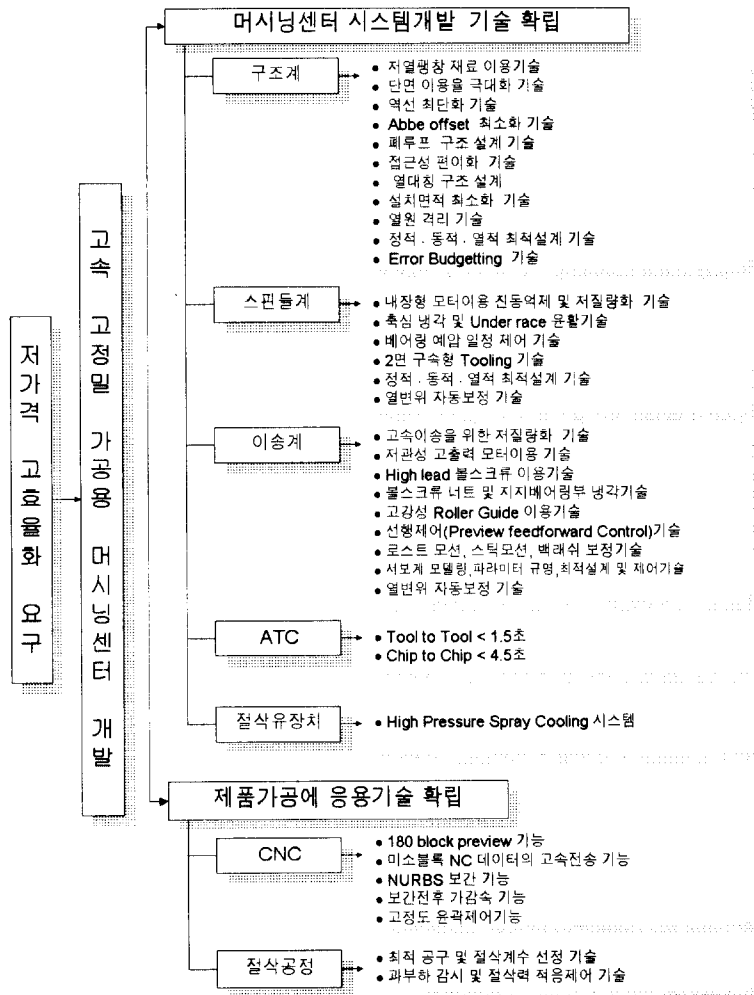
이중에서 고속고정밀가공용 머시닝센터를 개발하기 위해서는, 소비자의 저가격 고효율성 요구에 대하여 만족할 만한 성능을 발휘할 수 있도록 <그림 4>와 같은 1) 고속 고정밀가공용 머시닝센터 시스템 개발 분야와 2) 제품가공에 고속고정밀가공기를 적용하거나 응용하는 분야로의 기술개발이 절실히 요청된다.

<그림 4>의 머시닝센터 시스템 개발에서는 이송계, 주축계의 고속화 고정밀화 설계 및 제어기술, 구조계의 정적, 동적 열적 안정구조 최적설계와 제작기술, 그리고 Tooling에 대한 개발이 절실히 요구되며, 제품가공에 응용하는 경우에는 고속고정밀가공에 적합한 최적 절삭가공 조건 체계의 구축과 적응제어 기술, 고정도 윤곽제어 기술, 미소블록 NC 데이터의 고속전송과 처리 기술, 그리고 NURBS 보간 등의 고속가공 CAM 소프트웨어의 고속가공기와의 인터페이스 기술 등의 개발이 요청된다.

80년대 후반 생산기술에 있어서 미국이 일본에 뒤쳐져 있다는 것을 인식한 후 그들이 생각해 낸 것은 교육 및



〈그림 3〉 고속 고정밀 가공에 필요한 공구-절삭공정-공작기계 관련기술



〈그림 4〉 고속 고정밀 가공용 머시닝센터 기술개발 관련 중요 기술

연구를 통한 인재양성이었다. 그 결과로서 Purdue, Ohio, Michigan, Illinois, Connecticut 대학 등 여러 곳에 ERC 등이 만들어져 공작기계 관련 연구와 교육을 진행하고 있으며, UIUC 를 중심으로 Machine Tool Agile Manufacturing Research Institute 에는 9 개 대학이 미정부 (Sandia National Lab., Oakridge National Lab., NIST, LLNL 등) 와 산업체의 지원을 받아 공작기계 관련 연구를 진행하는 가상연구소 (Virtual Institute)가 설치되어 있다. 또한, 이들은 일본 유럽과 연합하여 21세기 지적생산시스템 (IMS) 에 관한 연구도 진행하고 있다.

### 미국과 일본의 기술에 대항하여

80년대 말 MIT 보고서에 의하면 미국의 공작기계 관련 기술의 경쟁력 약화는 일본 대비 기술개발 투자 미흡과 CNC 개발에서 경쟁력 상실을 그 원인으로 꼽고 있다. 일본의 경우 대부분 CAD/CAM/CAE 시스템을 이용하여

공작기계를 설계하고, FMS 를 이용하여 공작기계 주요부품을 자동 생산하고 있다.

CNC 의 경우 Fanuc 이라고 하는 걸출한 존재가 출현하여 표준화를 세우면서 거의 독점적인 공급을 담당하였기 때문에 미국에 비하여 CNC 개발에 소비되는 노력을 줄이고 공작기계 기술을 특화할 수 있었으며 가격 경쟁력도 보유할 수 있었던 것으로 평가된다.

여기서 우리는 일본이라는 나라의 기술경쟁력이 그들이 갖고 있는 부품의 경쟁력에서 나온다는 것도 이해할 필요가 있다. 정부의 부품산업 육성을 위한 지원과 업계의 노력이 절실하다고 생각한다. 그러나, 당장은 스펀들 및 서보 모터, CNC, 베어링, 볼스크류, 엔코더, 스케일 등을 공작기계공업협회를 통해 공동구매를 추진함으로써 국제적 경쟁력을 높일 수 있는 방안도 이제는 생각할 시점이라고 생각한다. 대만의 경우와 특히 Haas 사의 부품 공용화와 대량생산 방식은 좋은 참고가 될 것이다.

Fanuc 이라는 회사는 1950년대 중반 Fujitsu 전기통신회사의 기사였던 이나바라는 사람이 그 당시 기술세미

<표 1> 국내외 유명메이커의 고속 고정밀 머시닝센터 비교

제작사	MAKINO	YASDA	DECKEL MAHO	OKK	대우	화천기공	화천기공	
모델명	V55	YBM-640V	DMC 50V	PCV40II-MS	ACE-V400	SIRIUS-2	SIRIUS-3	
이송계	스트로크 (X,Y,Z) (mm)	(900,500,450)	(600,400,350)	(500,500,420)	(560,410,410)	(560,400,570)	(560,410,460)	(1100,700,650)
	최대 이송속도 (X,Y,Z) (m/min)	(50,50,50)	(15,15,12)	(30,30,30)	(20,20,16)	(30,30,24)	(30,30,30)	(24,24,24)
	구동기구	볼스크류	볼스크류	볼스크류	볼스크류	볼스크류	볼스크류	볼스크류
	안내면 형식	Roller 가이드			미끄럼 (타카이드)	LM 가이드	미끄럼 (타카이드)	미끄럼 (타카이드)
주축계	베어링 형식	볼베어링	볼베어링	볼베어링	볼베어링	볼베어링	볼베어링	
	회전수 (rpm)	14,000 ~25,000 (Option)	100~20,000	200~8,000 ~15,000(Option) ~30,000(Option)	120~12,000 200~20,000	60~10,000	80~12,000	8,000~15,000 (option)
	스핀들 용량 (kw)	22/18.5			7.5/5.5 15/11	11/7.5	7.5/5.5	30.6/22.5
Tool Holder	BT40	BT40	BT40	BT40	BT40	BT40	BT50	
절삭이송속도 (m/min)	1 - 50	1 - 12	10	5	.	20	20	

나에서 한 대학교수가 발표한 MIT의 NC 밀링머신 기술 개발보고서를 접하면서 탄생하게 되었다. 200년전 Whitney가 밀링머신을 개발한 이후 현재까지 사용되는 직렬형 구조의 공작기계가 이제는 병렬형의 새로운 구조로 탈바꿈하기에도 이르렀다.

물론 우리의 경우도 <그림 5>와 <표 1>에서 볼 수 있듯이 화천기공(주) 등이 새로운 설계개념을 가지고 제조한 고속고정밀 강력머시닝센터를 접할 수 있다. 이 Sirius-3는 고경도 고강도 저열팽창 주철 "AN-NUM"을 채용하여 댐핑특성과 열변형 특성을 획기적으로 개선하였으며, 스피indle속도 20,000 rpm에 DmN 2,150,000급의 주축을 채용하고 있다. 급속이송속도 24 m/min, 절삭이송속도 20 m/min의 고속이송계, Preview Feedforward 제어기능, NURBS 보간 기능, Air Slide, 스피indle 체트윤활, 문형 Slant 구조에 의한 무게분산과 고속이송에 유리한 구조 등의 특징을 가지고 있다. <그림 5>에서 주요 기능 및 성능 특성을 볼 수 있는데, 화천기공(주)와 같은 공작기계 전문메이커가 연구개발과 해외마케팅에 전념하며 세계적으로 경쟁력을 유지하는 것은 우리나라 공작기계 산업의 가능성을 제시하는 좋은 증표라 할 수 있겠다.

### 산·학·관 힘 합치면 성장 빨라

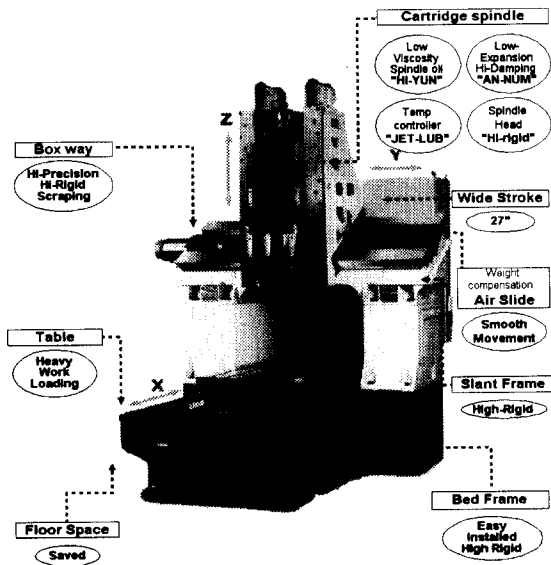
이런 일련의 기술개발들은 사람이 수행하는 것이며, 특히 학교와 산업체간의 밀접한 연구개발 체제가 필요함을 의미하는 사례가 될 수 있을 것이다. 즉, 학교는 Idea를 제공하고 업계에서는 그것을 상품으로 연계하여 기술경쟁력을 높이며 그 구성원들에게 기술개발 기회를 제공함으로써 창의성을 유도하며 생산적인 일터를 제공하는 그런 분위기를 만들 수 있다면, 고급인력의 활동 무대로서도 공작기계 분야가 인정 받을 수 있다고 생각한다.

한편 정부는 산학간의 기술개발 체제가 자유롭게 이루어질 수 있도록 재정적 정책적인 배려가 필요하다고 본다.

향후 공작기계 시장의 세계적인 규모는 연 3%씩 성장한다고 보고되고 있으며, 미국 시장은 안정화되고 아시아는 금융불안은 있으나 신흥공업국의 출현으로 그 성장이 기대되고, 유럽의 경우도 동구권의 개방과 경제성장에 따라서 공작기계의 수요는 안정적인 성장이 기대된다고 한다.

특히 우리나라의 경우는 현재 세계 9위의 공작기계 생산국으로서 향후 성장 속도를 5% 이상으로는 잡을 수 있다고 생각되어 세계적으로 반도체, 자동차, 항공, 정보통신 관련 산업의 성장과 함께 발전이 기대된다.

이를 위해서는 공작기계 산업을 위한 산·학·관의 공동 노력이 절실하다고 본다.



<그림 5> Structural Setup of Sirius-3  
(Hwacheon Machinery Works, Ltd.)