

공작기계기술의 현재와 미래(1)

강 철 희*

Machine Tool Technology;The Present And The Future (1)

C. H. Kahng*

강좌 시리즈 차례

- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| (1) 서론 | (11) 새로운 공구와 공작기계 설계방향 |
| (2) 공작기계의 고속화와 고성능화 | (12) CNC 연삭공작기계 |
| (3) 고속회전시 공구의 칩탈방법 | (13) EDM, Laser가공기계 |
| (4) 공작기계의 정밀화 | (14) 다기능 공작기계와 미래공작기계 |
| (5) 공작기계 오차의 원인과 대책 | (15) 공작기계의 성능평가 |
| (6) 공작기계의 새개념 (VARIAX, HEXAPAD) | (16) 측정 기술, Sensing 기술 |
| (7) 새로운 CNC 컨트롤 | (17) 생산시스템 (FMC, FMS) |
| (8) 머시닝센터의 미래 | (18) Metal Forming 공작기계 |
| (9) CNC-선반의 미래 | (19) 미래의 생산 (CIM, IMS) |
| (10) 초정밀 가공공작기계 | (20) 우리의 갈길 |

1. 서론

1-1 공작기계의 정의

공작기계는 금속가공 공업에 있어서 가장 중요한 생산수단의 요소이며, 공작기계의 발달없이 인류의 생활 수준을 향상시킨다는 것은 생각도 할 수 없는 일이다. 선진국에서는 제조된 기계의 약 10%가 공작기계이며, 기계공업 노동인력의 약 10%가 공작기계 산업에 종사하고 있다.

공작기계는 금속재료를 절삭(Cutting) 또는 연삭

(Grinding)하여 원하는 모양, 치수, 표면정도의 제품을 얻는 것이고 기계본체와 공구의 두부분으로 되어있어 동력에 의해 기계를 운전하고 절삭공구로써 가공을 한다.

국제 규격의 ISO에서는 「한 운동원에 의해서 작동하고 물리적, 화학적 또는 기타의 방법으로 성형해서 공작물을 생산하는, 수작업은 하지 않는 기계」라고 정의하고 있으며 미국에서는 금속가공기계를 두가지로 나누어 정형형을 Forming machine이라 하고 절삭형을 Cutting machine이라 분류하며 이 둘을 합하여 공작

* 統一重工業(株) 전무

기계(Machine Tool)라고 부르고 있다.

이 정의방법이 제일 합당하다고 볼 수 있다.

1-2 공작기계의 역사(영국, 미국, 독일)

1769년에 영국에서 James Watt가 증기기관을 발명한 것으로부터 제1차 산업혁명이 시작되었다. 그러나 증기기관을 이른대로 제작하기 위해서는 그 심장부라고 할 수 있는 Cylinder 내면과 Piston의 외부를 정확한 치수로 가공하는 것이 절대조건이었다.

Watt가 발명한 증기기관의 실용화는 1775년에 제조한 Jon Wilkinson의 Horizontal Boring Machine에 의해서 이룩되었고 이것이 여러 교과서에 소개된 최초의 공작기계라고 볼 수 있다.

그후 영국에서 현재 널리 사용되고 있는 구조를 가진 선반이 Maudslay에 의해 1792년에 개발되었고 점차적으로 플레이너, 세이퍼, 드릴링머신, 밀링머신, 기어 절삭기, 연삭기등 수백종류의 금속공작기계가 발명·생산되어 인류의 산업발전에 이바지하고 있다.

초기의 공작기계는 18세기말 영국의 산업혁명의 결과로 영국에서부터 발달하기 시작했다. 그후 미국에서 계속 발전되어 1830년부터는 미국의 공작기계가 영국으로 역수출되는 현상으로 나타났다. 독일에서도 1870년부터 공작기계공업이 미국의 영향으로 부흥되기 시작했다. 독일은 1933년경부터 국책사업으로 기술의 교류, 규격제정·설계 및 제작의 합리화를 추진하였으며, 연구소와 제작회사와의 상호협조를 바탕으로 종합적이고 통일된 공작기계기술의 기초를 확립하여 오늘날 같은 발전을 이룩하였다.

1930년대 뉘른베르크의 Schlesinger 교수가 공작기계 기술을 학문적으로 체계화했으며, 1960년대에 Aachen 공대의 Opitz교수, Hanover공대의 Kienzle교수, 영국 Manchester 대학의 Koenigsberger교수 등이 역사적으로 기록될만한 공작기계발달사에 공헌해왔다.

제2차 세계대전 전후의 공작기계발전의 방향은 인력을 적게 들고도 정밀도가 높은 가공을 하는 것이 주요 관심사였다. 특정국가에서만 생산가능하던 기계가 개발도상국에서도 생산이 가능하게 되어 그 대상국가만도 33개국에 달했으며 미국, 영국에서 주도하던 것이 일본, 독일, 미국, 소련의 4대생산국으로 분할되는 현상으로 나타나 4대국의 전체 점유율이 60%를 넘어섰다.

1952년 미국 MIT에서 NC밀링머신이 탄생되었고 Giddings and Lewis사에서 NC-Copying Machine

을 개발하여 1955년에 Chicago의 IMTS에 여러 종류의 NC-공작기계가 전시되었다. 이것이 역사적인 공작기계의 혁명을 일으키는 계기가 되었다. NC밀링머신의 개발을 시작으로 NC드릴링머신, NC선반 등이 개발되었다.

1960년에 Kearney and Tracker 회사에서 머시닝 센터가 개발되었는데, 여러 공구를 한 기계에서 사용할 수 있도록 했으며 공구의 교환을 자동적으로 바꿀 수 있는 특징을 갖춘 이 공작기계는 단시일 내에 전세계에 파급되었다.

1962년에 Adaptive Control(AC)을 Bendix사에서 개발하고, Direct Numerical Control(DNC)을 1965 IBM사에서 개발하기에 이르렀다. 이와 같이 Mechatronics 기술이 Factory Automation(FA)화에 눈부시게 기여했으며 종전의 생산방법을 송두리째 바꿔놓았다. 위에서 설명한대로 근대기계는 구라파에서 탄생하였으나 이 기계를 대중화시키는데는 미국이 큰 역할을 했다고 본다. 즉 대량생산기술, 품질관리기술을 확립시키고 Performance/Cost의 개념을 불러일으키게 한 것이다. Robotics를 생산에 도입시킨 것도 주목할 만한 일이다.

1967년 FMS(Flexible manufacturing System)도 많은 근대기계의 고향인 영국에서 탄생하였다. 그러나 이 기계 시스템이 영국에서 파급되지 못하고 독일, 미국 등이 아닌 일본에서 육성되고있다. 그 이유는 일본사회가 FMS를 받아 드릴 수 있는 계층이 영국·독일·미국보다도 많았기 때문이다. 시행작업을 거듭한 후 최근에는 FMS의 실효성이 인지되어 전 제조공정속에서 FMS가 차지하는 비중이 커지고 있으며 나아가서는 Computer Integrated Manufacturing(CIM) 그리고 또 Intelligent Manufacturing System(IMS)의 방향으로 나아가고 있다.

1-3 일본의 공작기계발달

현재 일본은 공작기계 생산량과 품질 그리고 기술수준에서 세계를 주도하고 있다.

일본은 약 100년전 최초의 공작기계를 생산하였고 약 30년전인 1960년대부터 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 따라서 우리와 비슷한 환경에 있으면서 앞으로 긴밀한 협력 또는 경쟁상대가 될 이웃나라 일본의 공작기계발달사가 앞으로의 국내 공작기계발전에 크게 참고가 될 것이라는 판단하에 아래에 기술해 본다.

기록에 의하면 1872년에 동경의 병기창에서 2대의 밀링머신, 1대의 탁상보링머신이 제작되었다. Ikegai사가 1889년에 자체적으로 제작한 9인치 선반이 현존하는 가장 오래된 공작기계이다.

일본의 공작기계산업은 총포, 군함 등의 군수산업과 밀접하게 연계되어 발전되었다. 네덜란드, 프랑스 등에서 공작기계가 청일전쟁(1884) 때 수입되고 있었으나 일본에는 기계제조회사가 없었으므로 군부에서 그 필요성을 통감하여 육성하는데 주력하였다. 러일전쟁(1904~1905) 때 군수산업이 확대되어 Ikegai, Niigata, Okuma가 이때 설립되었고 공작기계제조업은 활성화되었다.

1905년경 Ikegai는 미국인 기사의 지도하에 타국에 대응할만한 수준의 선반을 제작하여 시장에 내놓았다. 청일·러일전쟁이 끝난 후, 불경기로 인해 공작기계산업은 보통기계 제조산업속에 흡수되었으나 제1차 세계대전이 시작된 1914년부터 공작기계 업체들이 다시 활기를 되찾게 되었고 여러 공작기계 제조회사가 설립되어 종업원이 200~700명 가량인 중간 규모의 공장으로 성장하였다. 그 당시 선진국에서는 수출의 여유가 없었으며 일본에서 역으로 영국, 중국 등지로 생산량의 약 10%정도를 수출하였다.

1921년에 정부주최로 첫번째 공작기계 전시회가 Osaka에서 개최되고 약 80점의 일본기계가 출품되었다. 우리 나라의 최초의 공작기계 전시회가 1980년에 Osaka에서 개최되었으니 좋은 비교가 된다. 제1차 세계대전후 군비확장, 대군함 건조로 호경기가 있었으나 미국 워싱턴에서의 해군 군축조약으로 군함건조가 제한됨으로 인해 불경기가 다시 도래해 매년 공작기계 생산량이 10%~20%씩 감소되고 파산하는 회사가 속출하였다. 그러나, 만주사변(1931)이 시작됨으로써 일본의 공작기계는 군수산업과 밀착되어 다시 성장기에 접어들었다.

공작기계공업은 근대문명국가에 있어서 단지 군수산업 뿐만 아니라 기계공업 전반에 걸쳐 기초가 되는 중요한 산업이라는 인식이 대두되었고 1938년에 정부에서 「공작기계제조업법」이 제정되어 정부도 적극적으로 이들 업체의 육성에 힘을 기울였다.

제2차 세계대전중 구미각국들은 전자응용기기의 탄생과 절삭공구의 발달로 인해 공작기계의 설계에 많은 변화를 겪게 되었다. 그 당시 미국 모회사의 수뇌가 「일본 공작기계는 미국에 비해 30년 뒤떨어져 있다.」고 말한바 있으나, 그후 30년이 지난 1980년대에는 일본이 공작기

계에 한해서는 제작량과 기술면에서 세계제일의 나라가 되었다. 타국업체들과 기술제휴를 맺는 회사가 속출했고 전쟁후의 기술적인 공백기간을 메울 수 있었다.

1962~70년동안은 일본공작기계가 기술적으로 고도 성장을 한 기간이며 구미선진국의 기술수준을 습득하며 과거 모방시대를 청산하고 일본의 산업에 상응하는 독창성을 창출하였다. 제품의 정도도 눈에 띄게 향상되었고 수출이 증가하여 국제경쟁력의 기초를 닦는 기틀을 마련하였다.

1962년에는 연간 생산량이 1,000억엔을 기록하여 세계적으로는 미국, 서독, 소련, 영국 다음으로 5위의 생산국으로 비약하였다. 그 동안 경기의 회복과 신장, 불경기를 되풀이하면서 인력부족현상이 심각했지만 NC의 수요가 많아진 1980년에는 생산이 2,000억엔이란 사상 최고치를 기록하였다.

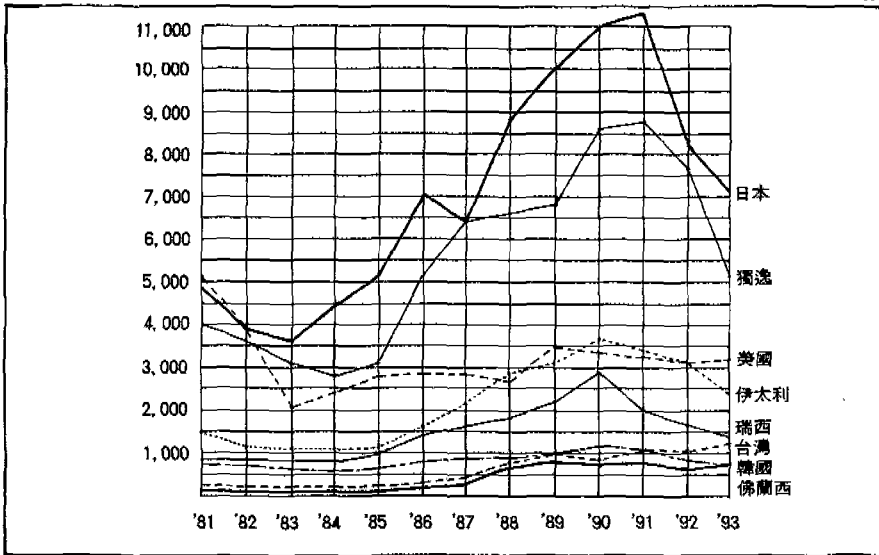
1971년 Nixon의 환율방어책을 들고나와 1\$ = 360 YEN의 고정환율하에 세계시장을 지배한 일본은 오일 쇼크로 인한 국제시장에서의 생존권 문제가 대두되자 생산가 절감의 필요성을 느끼게 되었고, 기술적으로는 Group Technology에 의한 규제어, System화의 방향을 설정하고, 인력을 절감할 수 있는 전용기가 새로이 주목을 끌었다.

한국전쟁(1950)이 일본경제를 소생시켰다는 것은 잘 알려진 사실이다. 미국 MIT에서 세계최초의 NC공작기계를 공개한 것이 1952년이요 일본에서도 3년후 1955년부터 동경공대, 동대생산연구소에서 연구가 시작되었다. 미국은 군수산업을 기초로 해서 상품화에 성공했으나, 일본에서는 민수중심의 피나는 노력으로 기술개발이 진행되어 1959년에 Fujitsu사에서 일본 최초의 실용 NC공작기계를 공개하기에 이르렀으며 그후로 FANAC사가 세계제일의 NC콘트롤러사로 발돋움하여 시장의 60%~70%를 차지했다. 1980년 이후 일본은 세계제일의 공작기계 생산국이 되었고 기술면에서나 생산 면에서 독일, 미국을 능가하여 이제는 FA시대에 상응하는 공작기계개발을 계속하고있다. 1993년 총생산량은 71억 5300만\$로 2위인 독일(51억4,500만\$)을 압도하고있다. Table 1에서 보는 바와 같이 일본공작기계는 1970년대부터 미국과 독일을 추월하여 세계제일이 되었으며 당분간 이 추세는 계속 유지될 것으로 보인다. 더욱 놀라운 것은 1971년 1\$ = 360 YEN의 고정환율이 무너지고 점차적으로 YEN의 환율이 높아져 최근에는 1\$ = 100 YEN까지 높아졌으나 Table 2에서

Table 1

○ 世界主要國의 工作機械生産額推移('81~'93)

(單位: 百萬弗)

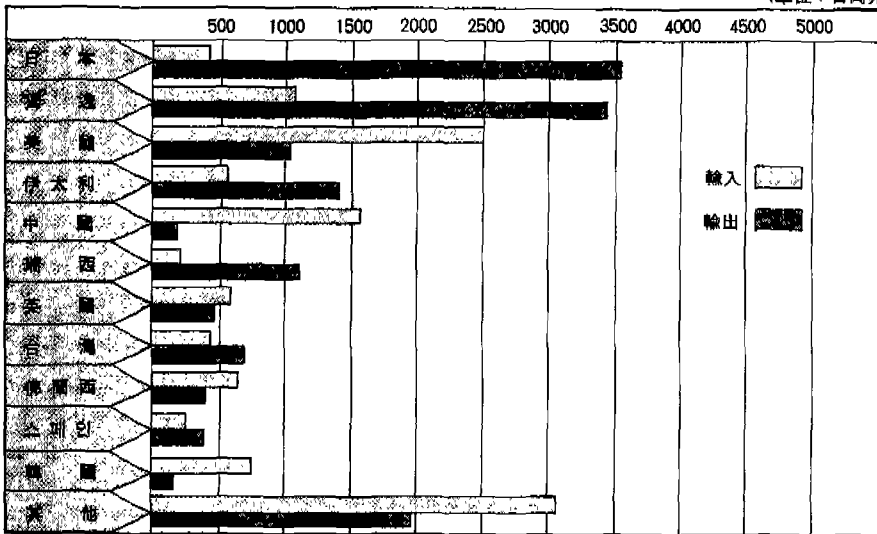


資料: 「American Machinist」

Table 2

○ 世界主要國의 工作機械貿易額('93)

(單位: 百萬弗)



資料: 「American Machinist」

보는 바와 같이 여전히 공작기계 수출을 선도하고 있다는 사실이다. 또한 수출(36.4억\$)에 비하여 수입은 10%(3.8억\$)정도밖에 되지 않는다.

제2차 세계대전후, 일본의 생산과 관련된 산업의 눈부신 발전은 우연한 결과가 아닌 정부, 학계, 민간의 피나는 노력의 결실이라고 보아야 할 것이다.

1-4 한국의 공작기계산업

구한말인 1847년 독일인 "필린드르프"가 한국의 교통구조 개혁을 주장한 것에 따라 1899년 경인철도가 개통되었고 이들 철도차량의 부품제작과 보수를 위해 1916년에 현대식 금속공작기계인 Rough Grinding Machine 이 도입된 것이 우리 나라 최초의 공작기계이다.

우리 나라 공작기계산업은 공인된 통계자료에 의하면 일제시대인 1929년부터 공작기계를 생산하기 시작한 것으로 기록되어있다. 당시 공작기계를 생산하는 사업체 수는 4개사였으며 종업원 수는 평균 16명 정도의 소규모 공장이었다.

해방되기 전까지 그다지 큰 변동없이 이어져온 공작기계산업은 발전과 중단을 거듭하면서 명맥을 유지하였다. 8·15해방전 남북한 공작기계 총보유수는 12,662대로 그중 한반이 7,203대로서 56.9%를 차지하고 있었다. 해방된 후 일본사람들이 남기고 간 시설을 이용해 우리 기술자가 구식 선반을 제작하게 되었다.

다음에 열거하는 업체는 1950년대부터 시작하여 오직 공작기계만을 생산하는 전문업체로서 오늘날 우리나라 공작기계 산업발전의 맥을 이어왔을 뿐만 아니라 우리나라 공작기계산업의 기반을 구축하는데 큰 업적을 남긴 업체이며, 그 창업주들은 길이 우리 나라 공작기계발달사에 기록되어야할 선구자들이다. (Table 3)

1960년대 한진중공업(구대한조선공사)은 최초로 미

국에 10대, 월남에 11대, 필리핀에 3대등 우리 나라 공작기계를 수출하였다. 서독의 Martin회사의 선반을 도입하여 이것을 분해해서 설계도를 작성하였다. 의견상으로는 독일계 선반과 다를 바 없었으나 열처리 과정의 문제가 발생해 응력이나 충격, 강도등을 감안, 외관을 보다 크고 두텁게 만들 수 밖에 없었다. 결과적으로는 무겁고 육중해 보였지만 튼튼하였다. 초창기에 고생하면서 각종 공작기계를 200여대를 제작하였으나, 판로가 부진하여 대부분 고철 값으로 처분할 수밖에 없었던 것은 매우 아쉬운 일이었다.

해방이후 6·25를 치르고 5·16을 거쳐 우리 나라 공업은 점차적으로 발전단계에 들어가 1962~1971년에 걸친 제 1,2차 경제개발5개년 계획 기간중 한국경제는 비약적인 발전을 이룩하였다. 10년간의 경제성장은 9.2%였으나 중화학공업의 선언이 있었던 1973년에는 16.5%란 고도성장을 기록하였다. 이와 같이 경제성장이 급속도로 이루어진 것은 공작기계산업의 영향이 컸고 산업상 중요한 산업임이 증명된 것이라 하겠다.

공작기계산업은 기계공업에서 각종기계를 생산하는데 필요한 생산설비를 공급하는 산업으로서 기계공업 발전의 기반이 될 뿐만 아니라 기계공업의 기술발전에 원동력이 되는 산업이다.

공작기계산업의 사업체 수를 보면 1971년 금속공작기계사가 63개사, 금속가공기계가 69개사로 모두 132개사에 지나지 않았으나 76년에 144, 89년에 789개사로 증가하였다. 종업원수도 76년 2,694명 수준이 89년에는 10배에 가까운 23,986명으로 늘어났다.

1990년대에 들어와 공작기계산업은 기계공업과 더불어 계속 발전하고 있으며 1992년에는 3,800억, 1993년에는 5,200억, 1994년에는 6,945억의 수주 실적을 올리고 있으며 앞으로 수년 내에 1조원의 사업시장이

Table 3

1950年代 中後盤 工作機械業體

業 體 名	代表者名	所 在 地	主生産 品 目	從業員 規模(人)	設 立 年月日
南 鮮 機 工 社	孫 重 萬	大田市 元洞 31番地	旋 盤	25	50. 3
貨 泉 機 工 社	權 昇 官	光州市 弓洞 51番地	"	25	52. 5
光州南鮮旋盤工場	朴 南 述	光州市 須奇洞 77番地	"	13	47. 5
大邱重工業株式會社	呂 聲 九	大邱市 壽昌洞 29番地	"	24	44. 10
三 光 鐵 工 所 (韓國金屬工業社)	河 啓 鎮	馬山市 新浦洞 2街 9	"	11	60. 3

資料 : 1) 鐵工業선서스

2) 1991年 現在까지 工作機械만을 生産해오고 있는 業體임.

될 것으로 예상하고 있다. 통계청의 통계에 의하면 기계공업과 공작기계산업의 규모는 Table 4에서 보는 바와 같다. 공작기계 사업체수가 800을 넘고 있으며 종업원수도 약 2만명을 넘고있다. 생산액도 7,896억원으로써 그 시장 규모가 기계공업 전체생산액인 87조 5,512억원의 0.9%를 점유하고있다.

「한국 공작기계 공업협회」의 100개의 회원사중 제조업에 종사하는 종업원수를 보면 전체종업원수가 11,707명(1개사 평균 117명)이고 300명 미만의 중소기업은 전체회사 대비 90.0%이고 종업원수로는 53.8%를 차지하고 있다.

또한 자본금도 3억원 미만인 공작기계 생산업체가 44.0%를 점유하고 있는 것으로 보아 공작기계산업은 1회사당 규모가 비교적 작은 사업이다. 따라서 공작기계산업은 선진국을 비롯한 세계 어느 국가를 막론하고 품목의 특성으로 인하여 기업규모가 비교적 작으며 시장규모 보다 다수의 기업이 존립하고 있는 실정으로 우리나라도 예외는 아니다.

그러나 공작기계산업은 기계공업은 물론 전체 산업발전을 주도하는 핵심 첨단기반설비로서 전 산업, 특히 기계류 제품의 품질향상, 생산성향상 및 기술개발을 좌우하는 필수적인 산업이다.

그러므로 세계각국에서는 공작기계공업을 일반 기계공업과 별도로 구분하여 전문적으로 육성·발전시키기

위한 노력을 강화하고있다.

1985년말의 통계에 의하면 상위 6개기업, 즉 화천기계, 대우중공업, 기아기공, 통일중공업(구 세일), 현대정공, 두산기계의 점유비중이 금액의 26.5%,생산의 68.1%로 나타나 소규모업체들의 공작기계 사업참가가 극히 소규모였다. 꾸준한 수요신장에 힘입어 선진기술을 적극적으로 도입하여 이를 소화, 개량함에 따라 범용기종의 자체개발이 가능해졌고 이의 국산화율이 90%를 넘는 등 눈부신 발전을 이룩하였다. 그러나 그 동안 제조기술을 중심으로 성장함에 따라 가공조립기술은 1980년 초반에 이미 선진국수준에 근접하였으나 설계기술, 검사, 측정기술등은 취약성을 보이며 연삭기등의 고급제품은 모방설계 수준으로 약간의 모델변경에도 진동, 소음이 발생하는 등 고유모델개발이나 제품의 고부가가치화하는 어려운 상태에 있다. 또한 부품업체의 영세성으로 핵심부품기술등이 낙후되어 선진국으로부터 수입에 의존하고 있으며 이의 계열화에도 상당한 어려움을 겪고 있다.

1977년 화천이 KIST에 협력해서 최초의 NC-선반을 개발하였고, 1982통일(주)에서는 일본 YASDA와 공동으로 개발한 Vertical머시닝센터를 선보이게 되었으며(이것이 국산 머시닝센터의 제1호기틀이다) 응답산업훈장을 수상하였다. 통일(주)에서는 대형 Vertical머시닝센터와 Horizontal머시닝센터를 1986년 일본

Table 4
○ 機械工業 및 工作機械工業의 規模('82~'92)

年度	(生産額單位: 億圓)								
	機械工業(A)			1) 工作機械工業(B)			(B)/(A)×100		
	事業體數	從業員數	生産額	事業體數	從業員數	生産額	事業體數	從業員數	生産額
1982	8,716	563,463	116,167	158	7,354	912	1.8	1.3	0.8
1983	9,473	625,582	149,484	206	9,943	1,303	2.2	1.6	0.9
1984	10,487	708,747	193,743	239	8,212	1,772	2.3	1.2	0.9
1985	11,498	755,372	216,237	297	9,013	1,850	2.6	1.2	0.9
1986	13,703	885,997	286,817	405	12,250	3,204	3.0	1.4	1.1
1987	15,780	1,033,692	381,758	512	15,493	4,810	3.2	1.5	1.3
1988	18,263	1,119,946	470,604	673	20,764	7,290	3.7	1.9	1.5
1989	21,106	1,137,111	535,161	789	23,954	8,297	3.7	2.1	1.6
1990	23,196	1,139,740	675,935	822	23,518	11,322	3.5	2.1	1.7
1991	24,877	1,126,245	793,977	833	21,016	11,103	3.3	1.9	1.4
1992	26,359	1,096,944	875,512	805	19,120	7,896	3.1	1.7	0.9

資料: 統計廳 「鐵工業統計調査」 報告書

註: 1) 金屬工作機械 및 金屬加工機械(部品包含: 生産額은 部品除外)

Osaka의 JIMTOF에 출품 전시한 바 있다.

국내 NC공작기계업체는 시작단계에는 외국기술을 도입하였으나 차차 기계기술 중심으로 성장하였고 메카트로닉스 기술발전이 미흡하기는 하나 각처에서 NC공작기계의 국산화에 전력을 다하고 있다.

첫째 Ball Screw는 (주)통일이 1985년 국내 최초로 개발한 바 있으며 그 수요가 급증하고 있고 품질도 점차 선진국 수준으로 향상되고 있다.

NC콘트롤러도 역시 (주)통일이 1991년에 개발하였다. "SENTROL"이란 상표로 선반용으로는 L-System, 머시닝센터용으로 M-System, 그리고 학교 및 직업훈련원 교육실습용으로 PRO-System을 개발·시판하고 있다. NC제어장치의 국내시장 규모는 연 500억 원 이상이며 공작기계의 핵심부품으로 전체 공작기계 가격의 20~30% 이상을 차지하기 때문에 각 회사들이 투자 및 개발에 박차를 가하고 있다. 한국산업전자는 1988년에 공작기계 십여개사와 미국 Allen Bradley사와의 합작회사로서 한국형 CNC를 개발·완료하여 선반용으로 100L, 밀링, 머시닝센터용으로 100M등을 개발한 바 있으며 금성계전에서 모델 STARMERIC-T3,

M3을 개발하였고, 현대정공(주)도 독일 지멘스사와 기술 제휴로 CNC개발을 추진하고 있다.

공작기계업 분야는 공작기계산업의 산업상의 전문성과 특수성을 감안할 때 동종업체를 대표하는 전문단체가 있어야 되겠다는 필요성을 공감하게 되어 1979년 3월에 「한국공작기계공업협회」를 발족시킨바 있다. 이 협회는 우리 나라 공작기계분야의 발전과 상호협조, 관계유지, 국제공동협력, 공작기계전람회 개최(SIMTOS)등 많은 부분에 걸쳐 공작기계 발전에 이바지하고 있다.

세계 주요국의 공작기계 생산무역액을 비교한 것이 (1992, 1993) Table 5에 나타나있다. 우리 나라의 공작기계 생산량은 1993년에 6억 2,290만\$이며 수입량은 7억\$ (전체의 5.9%)로 전체 연 수요액은 13억\$이 된다. 생산에 있어서 세계 9위를 차지하고 있으며 총생산액의 2.2%를 점유하고 있다. 필자가 1960년대 독일에서 공작기계공학을 전공하기 위해 공부하고 있을때 세계공작기계 생산액을 비교해서 발표하는 「American machinist」를 볼 때마다 나의 조국 한국의 공작기계 생산액이 세계 35개국 속에도 포함되지 못하고 있음을 볼 때마다 분통을 터트렸었다. 그때와 지금을 비교해보

Table 5
○ 世界主要國의 工作機械生産 貿易額比較

(單位: 百萬弗)

國名	1993(推定値)					1992(修正値)				
	生産額			貿易額		生産額			貿易額	
	合計	工作機械	加工機械	輸出	輸入	合計	工作機械	加工機械	輸出	輸入
日本	7,153.5	5,578.8	1,574.7	3,844.2	377.9	8,355.2	6,585.1	1,793.1	3,531.7	546.6
聯邦	5,145.3	3,344.5	1,800.9	3,329.3	1,750.1	7,665.9	5,181.8	2,484.2	4,685.2	1,867.3
美國	3,275.0	2,225.0	1,050.0	1,010.0	2,500.0	3,073.7	1,989.7	1,074.0	1,214.0	1,874.0
意大利	2,305.6	1,585.5	780.0	1,391.3	636.8	3,091.5	2,077.2	1,014.3	1,541.7	783.6
中國	1,753.4	1,318.5	434.9	200.0	1,522.0	1,684.8	1,286.9	417.8	197.0	636.0
瑞西	1,354.3	1,015.7	338.8	1,185.0	203.1	1,713.8	1,314.2	989.7	1,470.6	330.0
台灣	1,073.7	715.8	357.9	687.9	441.4	1,028.6	682.8	337.0	659.6	456.9
英國	953.3	619.9	333.3	488.7	543.0	1,101.7	716.8	384.9	580.9	725.6
佛蘭西	822.9	523.2	99.7	110.0	700.0	575.4	461.8	114.6	110.8	967.0
佛蘭西	618.3	459.3	159.0	300.3	636.0	950.4	676.3	274.2	490.8	1,207.0
러시아	c615.0	c420.0	c125.0	c15.0	c40.0	c800.0	c540.0	c180.0	c20.0	c50.0
우크라이나	c518.0	c40.0	c98.0	c12.0	c57.6	c740.0	c600.0	c140.0	c8.0	c48.0
스페인	401.2	267.5	133.7	240.7	188.8	610.5	402.6	207.9	321.4	437.7
캐나다	339.8	200.6	138.2	218.0	511.3	297.4	173.7	123.7	206.4	478.0
브라질	325.5	261.8	63.7	198.2	91.2	305.8	255.0	50.8	188.8	86.1
오스트리아	288.2	188.3	98.9	283.9	335.5	359.3	298.1	123.2	331.0	470.8
벨기에	172.3	17.0	153.8	c308.8	c212.5	221.3	33.1	188.2	514.6	354.1
스웨덴	167.1	84.8	82.2	163.8	141.4	208.6	105.6	108.0	207.3	187.8
체코	165.0	150.0	15.0	123.0	74.0	158.0	144.0	15.0	115.5	80.0
印度	155.9	142.6	13.3	17.2	185.4	203.4	186.1	17.3	17.3	181.4
其他	784.5	478.6	306.7	588.5	1,386.3	940.5	584.3	356.1	618.2	1,877.5
合計	28,247.8	20,088.4	8,158.5	14,531.8	11,934.3	34,088.9	24,309.9	9,779.0	17,230.4	13,927.2

資料: 「American Machinist」
註: C=斷片的인 데이터에 의한推定數字.

면 우리 나라가 얼마나 대단한가?

여기서 Table 2를 다시 보면, 수입을 많이하는 나라가 미국으로 나타나 있으나 우리 나라의 수출과 수입의 비가 1:6.3이라는 것은 다시한번 주의해 볼 점이다. (수출액은 0.8%, 수입액은 전체의 5.9%)

수입을 줄이고 수출을 신장시키려면 각 제조업체들의 과감한 투자 및 자체 기술개발과 자체 설계능력을 키워 정밀도가 높은 기계들의 수입을 막고 철저한 생산관리를 통한 생산합리화와 부품조달의 다양화로 생산가를 낮추어야 할 것이다. 그리고 우수한 기술자를 양성하는 일도 빼놓지 말아야 할 것이다. 학회와 학교, 연구소에서 공작기계에 대한 연구활동을 더욱 활발히 하고 정부의 아낌없는 지원과 위에 열거한 내용들이 고루 갖춰질 때 우리 나라 공작기계산업은 일본의 1970년대 위치에 올려놓을 수 있으며 자동차, 조선, 철강, 반도체와 더불어 Made In Korea의 공작기계가 세계시장에서 우위를 차지하게 될 것이며 세계각처의 공장에서 없어서는 안될 중요한 설비가 될 것이다.

1-5 IMTS (International Manufacturing Technology Show)

세계의 3대 공작기계 전람회(Tool Shaw)를 미국 Chicago의 Mc Cormick Place에서 열리는 IMTS, 일본 Tokyo와 Osaka에서 번갈아 가면서 열리는 JIMTOF, 구라파에서 열리는 EMO로 꼽고 있다. 지난 9월 7일부터 15일까지 열리는 IMTS에 참가할 기회가 있었다. 필자는 과거 1970년부터 이 쇼에 참가하여 미국을 위시한 세계 공작기계의 발달과 그와 관련되는 생산 기기의 변천을 지켜본 바가 있다.

IMTS(International Manufacturing Technology Show)는 The Association for Manufacturing Technology(AMT)가 주최하는 세계에서 제일 큰 쇼임이 틀림없었다. 전번 1992년에는 30만명 이상의 국내 참가자와 80개국에서 8,500명의 손님이 참가하였으며 1,000개사 이상의 업체가 전시하였다고 하니 그 규모를 짐작할 수 있다. 전시장은 East와 North 두 곳으로 구분되어 있었으며 East Hall에는 1층, 2층, 3층으로 구분되어 주로 Metal Cutting Machine Tool과 그와 관련된 부품을 전시하고 있었다. East Hall의 1층은 전시면적이 좀 작은 편이었고, 소형기계 또는 공구 System을 전시하고 있었으며 2층은 그보다 더 큰 면적에 중형 전시품들을 볼 수 있었다.

한국에서 출품한 현대, 기아, 세일, 화천, 양지원공구가 전부 2층에 전시되고 있었다. 3층은 가장 강력한 공작기계 제조업체인 Cincinatti Milacron, Clousing Industrial, Boston Digitat, Methods Machine Tools, Brown and Sharpe, Fedal, Haas 그리고 Giddings and Lewis등이 진을 치고 있는 가운데 세계 제일의 위치를 차지한 일본의 업체들이 미국의 업체들을 포위하고 있는 듯이 자기회사의 최신 제품을 전시하여 세계 사람들의 주목을 집중시키고 있었다. 넓은 장소를 차지하며 이곳에 전시한 일본업체는 Mazak, Toyota, Hitachiseiki, Mori-seiki, Mitsubishi, Okuma, Ikagai 등이었다. Daewoo는 여러 강자의 대열에 끼여 이곳에서 고군분투하고 있는 듯이 보였다. 생산면에서나 기술면에서 우리를 능가하고 있는 Taiwan의 수없는 업체들은 여러곳에 흩어져서 전시하고 있었으나 이곳 3층에서 많이 볼 수 있었다. 한국에서 5개사가 IMTS에 출품하였으나 TAIWAN은 무려 48개 회사가 출품하고 있었다. 보도에 의하면 TAIWAN은 자기 기계를 전시하려는 것보다도 미국 공작기계업체들을 Partner로 하여 중국에 함께 진출하려고 하는 것을 목적으로 하고 있다고 한다. 한국의 공작기계들은 일본의 5년이 전의 것을 Copy한 것이었으므로 크게 주목을 끌지 못했고 Dealer들이 팔면 Com-mision이 나오니까 팔려고만 하는 인상을 받았다.

TAIWAN 공작기계는 우리들것보다 더 좋게 보이고 가격경쟁에서 월등히 우리의 것을 앞서고 있었다. 그 이유는 TAIWAN 정부가 공작기계를 집중적으로 육성하고 있으며 중소기업이 발달되어 품질 좋은 부품을 염가로 납품받을 수 있고 이것을 조립만 하고 기타 여력을 Engineer로 하여금 새로운 것을 개발하게끔 하고 있기 때문이다. 따라서 TAIWAN 공작기계회사는 Engineer와 조립공만 있으면 되고 Controller, Servo-Motor 등은 한꺼번에 몽쳐서 구매하기 때문에 Nego가 가능하여 30~40%정도 염가로 판매할 수 있으므로 기계가격이 우리와 비교하여 월등히 유리한 것을 볼 수 있었다.

North Hall은 Pavilion이라 부르는 전문 Group마다 한곳에 모이게 전시하여 카페트 색깔도 달리고 있는 것을 알 수 있었다. North Hall에는 1층, 2층으로 구분되어 EDM/ECM Pavilion에 71전시자가 Environmental, Safety and Plant Management에 75전시자가 Automation Pavilion에 56전시자가

Metal Forming and Fafricatron Pavilion에 130 전시자가 Laser와 System Pavilion에 35전시자 Tooling System에 86의 전시자가 참가하고 있었다. 1970년도에는 일본 공작기계 업체들이 감히 미국 굴지의 업체들과 어깨를 나란히 한다는것은 생각도 하지 못하고 전시장 구석에 소규모로 몇개의 기계를 선보이는 정도인 것은 본인이 목격한바 있다. 그러나 20년이 지난 지금은 어떠한가? 이 IMTS를 위시하여 다른 전시회에서도 세계제일인 실력을 과시하고 있지 아니한가?

공작기계산업은 기술, 생산, 판매의 3자의 일체, 종합, 노력에다 탁월한 경영전략에 의해 좌우되는 산업인 것이다. 필자는 이번 IMTS에서 한가지 서운함을 느꼈다. 미국에서 첫 직장인 Ex-Call-O 공작기계회사가 1992년에는 IMTS에 참가했었으나 이번 전시회에는 모습을 나타내지 못한 것이었다. 그 당시(1967년) 필자는 연구기사로 Ex-Cell-O의 공작기계 개발에 젊은 정력을 쏟고 있었다. 이 자랑스러운 회사가 사업경쟁에 이겨내지 못하여 사라져버린 것이다. 기술개발, 판매 그리고 생산면에서 타회사에 뒤지고 있을 뿐만 아니라 최고 경영자의 정책 실패가 명백한 원인일 것이라고 생각된다.

IMTS에서 관찰할 수 있었던 것은 미국 공작기계 제조업체들이 미국경제가 급속히 회복되고 있을 때를 힘입어 각 제조업들이 증산율위한 설비투자를 구체적으로 시작함에 따라 공작기계의 수요가 급속히 증가하고 있었다. 기술면에서도 비약적인 진보를 주목하게 되었다. 구체적으로

- a) M/C 주축의 고속회전의 보편화
- b) Linear Motor를 사용, 초고속 구동장치의 출현
- c) 6축 이상의 다축 제어기능을 가진 새로운 개념에서 발상되고 설계된 M/C의 출현
- d) 저가격의 CNC 공작기계의 출현
- e) P/C를 이용하는 CNC 제어장치의 출현이다.

IMTS에서 보고, 느낀 것 중의 하나가 이제 공작기계는 정밀도나 성능등으로 경쟁을 하는 시대는 지나고 가격으로 경쟁하는 시대가 온 것 같았다. 미국 제일인 Cincinnati Milacron사는 평균 40%정도의 가격을 인하하게 되었다고 한다. 이는 경영, 설계, 생산의 혁신이라고 보며 일본을 염두에 두고 설계·생산한 M/C(ARROW 500)는 780만YEN이고 우리돈으로 6,300만원 이지만 우리가 만들면 30%이상 더 들것이다. 또 새로 생긴 Haas Automation사는 공작기계 전문가인 사장을 중심으로 전혀 이름도 없던 회사로부터 시작하여 가격경쟁에 승리하

면서 미국을 휩쓸고 일본에까지 진출하고 있다는 것을 볼 수 있었다.

IMTS 전시기간중에 Society of Manufacturing Engineers (SME)이 생산기술자들을 위한 7일간의 여러 강습회를 개최하여 최신 생산기술을 전달하고 있었다. 이와같은 기회에 학교에서 얻지 못한 것을 최신 기술을 습득시켜 생산업무에 도움을 주자는 것이 그 취지인 것이다. 비싼 강습료를 지불하고 많은 사람들이 여기에 참가하는 것을 목격하였다.

1994 Manufacturing Conference의 Programm은 Table 6에서 보는 바와 같다.

여기서 Clinic이란 현실과 현재 실시하고 있는 것을 토대로 설명하는 것이고, Courses라는 것은 연속적이고 하나의 시리즈로 하나의 문제를 다루는 강의로 생각하면 좋으리라고 본다. 학문적인것 보다도 실용을 위주로 하며, 여러 사람을 대상으로 하는 교육의 기회라고 생각할 수 있으며 일본 JIMTOF에서 보는 Engineering Conference와는 좋은 대조를 보였다. 이 쇼는 생산에 종사하는 사람들의 사교장이자 영업장이고 또 교육장임에 틀림없다는 것을 느끼게 한다.

1-6 JIMTOF(Japan International and Machine Tool Fair)

제17회 일본 공작기계 전시회 JIMTOF는 Osaka Intex에서 (1994년 10월 26일~11월 7일) 개최되었다. 회장면적 128,986㎡속에 전시면적 73,000㎡를 사용, 출판회사 881(국내 495, 외국 386)이 참가하여 42만 5,786명 이상이 방문하는 성과를 거둔 전시회였다. 외국 방문자는 약 10,000명 가량이었는데 대부분 동남 아시아에서 온 사람들이었다. 수년간을 지속되어온 공작기계 불경기를 타개하려는 대책의 일환으로 각회사들은 특징 있는 기계들을 전시해 놓고 있었다. 그들이 주장하는 기계의 특징을 여기에 모두 기술할 수는 없지만 그중 머시닝센터에 대해 살펴보면

- 1) One Chucking으로 다면가공을 정밀하고 생산성있게 할 수 있는 기계
- 2) 항공기 부품, 금형부품가공을 자동화로 추진하는 5축머신
- 3) 고속, 고능률, 고정밀 머시닝센터
- 4) 기계본체가 문형이기 때문에 열변형에 문제가 없는 기계
- 5) 동시 5축제어에 의한 복잡, 다면, 자유면을 고정

Table 6

MANUFACTURING '94 Conference At A Glance		
WEDNESDAY, SEPTEMBER 7	THURSDAY, SEPTEMBER 8	FRIDAY, SEPTEMBER 9
<p>CLINICS Cellular Manufacturing for Machining Cutting Tool Materials I Electrical Discharge Machining I Remanufacturing & Retrofitting Machine Tools I Die Mold Machining</p> <p>COURSES Advanced CNC Programming I Cost Justification of Capital Equipment Fundamentals of Geometric Dimensioning & Tolerancing Fundamentals of Rapid Prototyping & Applications In Manufacturing Parts Cleaning Technology: Alternative Cleaning Systems Stamping Dies & Sheet Metal Formability Troubleshooting SPC</p>	<p>CLINICS Improving Your Machining & Turning Operations Through CNC I Cutting Tool Materials II Electrical Discharge Machining II Remanufacturing & Retrofitting Machine Tools II ISO 9000 Maintenance for Machine Tools Parts Cleaning Technology I</p> <p>COURSES Advanced CNC Programming II Applying Geometric Dimensioning & Tolerancing I Designing Effective Manufacturing Cells I Dissetting Principles & Techniques Fundamentals of High-Speed Machining Designing Low-Cost Jigs & Fixtures</p>	<p>CLINICS Improving Your Machining & Turning Operations Through CNC II Concurrent Engineering Cutting Tool Geometries Remanufacturing & Retrofitting Machine Tools III Plasma Cutting Technologies Robot Welding Parts Cleaning Technology II</p> <p>COURSES Applying Geometric Dimensioning & Tolerancing II Designing Quality Sheet Metal Stampings Designing Effective Mfg. Cells II Fundamentals of Injection Molding Laser Safety in Manufacturing Setup Reduction for Workholding</p>
SUNDAY, SEPTEMBER 11		
TUTORIALS 1:00-4:00 PM Strategic Directions for Manufacturing Management Activity-Based Costing/Management		
MONDAY, SEPTEMBER 12	TUESDAY, SEPTEMBER 13	WEDNESDAY, SEPTEMBER 14
<p>CLINICS Advances in Machine Design Benchmarking Polycrystalline Diamond & CBN Tooling Waterjet Machining Technology</p> <p>COURSES Activity-Based Costing/Management Designing Effective Manufacturing Cells I Fundamentals of CNC Programming Fundamentals of Lasers Fundamentals of Rapid Prototyping & Applications in Manufacturing Designing Low-Cost Jigs & Fixtures Fundamentals of Measurement, Inspection & Gaging I Parts Cleaning Technology: Alternative Cleaning Systems</p>	<p>CLINICS Machine Loading & Unloading Performance Evaluation of NC Machines Modern Sawing Technology Threaded Holemaking Laser to the Workpiece I Parts Cleaning Technology I</p> <p>COURSES Advanced CNC Programming I Designing Effective Manufacturing Cells II Fundamentals of Pressworking I Fundamentals of Measurement, Inspection & Gaging II Modern Grinding Technology Setup Reduction for Workholding Tool Management I</p>	<p>CLINICS Laser to the Workpiece II Parts Cleaning Technology II CNC for Grinding Conveyors Fundamentals of Metalworking Fluids CAD/CAM System Selection</p> <p>COURSES Advanced CNC Programming II Coordinate Measurement System Fundamentals Fundamentals of Pressworking II Precision Machine Design Tool Management II Fundamentals of Machining Processes</p>

밀, 고능률로 가공할 수 있는 기계

6) 세계에서 최초로 매분 300 CC의 중절삭을 고속 주축 10,000회전을 가능케 하는 다목적 기계 등등, 고정밀하고, 고속이며, 고강성하고 고능률적으로 모든 가공물을 가공할 수 있다는 것이다. 일본의 공작기계가 생산량과 기술면에서 세계제일이라는 것을 느낄 수 있을 뿐만 아니라 기계의 종류도 수백가지나 되어 이것 역시 세계제일임을 실감할 수 있었다.

IMTS에서 설명한대로 미국에서 불고 있는 바람은 가격전쟁이었고 그 대상은 바로 일본 공작기계라는것은 말할 필요도 없다. 이것을 눈치채지 못할 일본 공작기계업체가 있겠는가?

공작기계 부품을 감소시켜 가격을 대대적으로 낮춘 공작기계가 차례차례 발표되고 있다. 부품수가 적어지면 가공이나 조립을 위한 공수가 적어진다. 각 공작기계 메이커들은 종래의 구동기구를 바꾸거나 기계의 구성을 바꾸는 등 여러 가지 방법을 구상하고 있는 실정이다. 그 방법으로서는

- 1) 기능의 효율적인 단순화
- 2) 주물의 일원화에 의해서 가공공수를 줄인다.
- 3) 절삭유 탱크를 주물속에 포함시킨다.
- 4) 모든 동작을 Servo-Motor로 구동시킨다.
- 5) 유압부품을 삭감
- 6) 1 motor로 ATC-Arm과 공구의 Clamp의 동작

을 제어

등등 400~900만 YEN대의 기계는 30~35%의 가격을 1,000만 YEN대의 기계는 50%의 가격을 감소시키고 있다.

JIMTOF에 출품한 제품들은 대략

a) 공작기계 기능을 한전시키고 과인장치를 생각하여 가격을 낮춘다.

b) Spindle, Feed, APC, Tooling을 모두 고속화시키는데 적용된 고급기술을 의욕적으로 전한다.

c) IMTS에서 본 Haas, Fedal, Cincinnati Milacron등 저가격 기종이 일본에 상륙하고 있음을 인식하여 저가격경쟁에 돌입한다.

일본 공작기계 공업협회에서는 이 전시회를 이용하여 세계의 저명한 공작기계 연구자들을 초청, International Machine Tool Engineers Conference (IMEC)을 개최하였다. 여러 전문가들이 모여 공작기계 기술을 토론했는데 아마도 가장 수준 높고 유익한 Conference가 아닌가 생각된다. 그해는 제6회 기술자회의였는데 두 Session은

a) 공작기계의 고속설계

b) 장래의 공작기계 기술이었다.

그 Program을 Table 7에 표시하였다. 여기서 알수 있는것은 이와 같이 공작기계의 기술과 장래의 발전방향을 토론하는 학회가 세계 어느곳에서도 찾아볼 수 없다는 것이다. 초청강사는 공작기계를 다년간 연구지도해 왔으며 세계 1인자라고 말할 수 있는 학자들이다. 그들이 발표한 논문은 공작기계를 배우는 학도들에게 주옥같이 귀중한 것이다. 이 Conference는 지금까지 5회 개최되었었다.

제4회(1990)에서는

Structural Design of Machine Tools in Next Generation. Machine Tool Technology in CIM Age.

제5회(1992)에서는

Performance Evaluation of Machine Tool System. Software Suported High-speed, High-performance Machine Tools.

근번 제6회(1994)에서는

Design Principle for Machine Tools for High-speed Machining. Future Trends of Machine Tool Technology란 각각 두 Session을 주제로 하고 여러 과제를 발표도 하며 또 Panel Discus-

sion을 통하여 세계 각국에서 모인 공작기계 전문가들의 연구결과를 놓고 진지하게 토론을 전개하기도 했다.

보통 참가인원을 300명으로 한정하고 있으며 참가자 대부분은 대학, 연구소, 기업등에서 모인 공작기계 발전을 선도하는 전문가들이라고 할 수 있다.

1-7 EMO

구라파 12개국이 가입되어있는 「구주 공작기계 연맹(CECIMO)」이 주최하며 1975년 제1회가 Paris에서 열린 EMO쇼로 매년 Paris와 독일 Hannover에서 번갈아 가면서 열린다. Hannover에서는 제2, 4, 6, 8, 10회(1993) EMO가 열렸다.

그 규모를 비교하면 다음과 같으며 개최당시의 경제적 요건이 그 규모를 좌우했다.

	9 EMO Paris (1991. 6. 4 ~ 6. 12)	10 EMO Hannover (1993. 9. 14 ~ 9. 22)
총 전시면적	140,000 m ²	186,880 m ²
등록된 참가회사	1,500(36개국)	1,900(38개국)
참관 인원	200,000명	약 230,000명
참관 인원국 수	100개국	약 102개국

현재 92년에 시장이 통합되었으므로 각국 규제의 철폐, 표준화의 추진, R & D에 대한 공동 프로젝트등으로 적극적인 경제, 기술혁신을 추진하고있다. 그러면서 고도의 복지사회를 추구하며 노동시간을 단축시키는등 노동조건의 개선에도 힘을 기울이고 있고 독일에서는 현행 37시간 노동을 35시간으로 단축, 연간 노동시간을 1,500시간으로 단축하기 위하여 전 노사업계가 노력하고 있다. 이와 같은 시간단축에 대응하는 생산력 확보를 위해서 자동화 투자에 전력을 기울이고 있다. EMO에서도 이 사회적 요구를 반영하는 듯이 과거와 같이 무겁고 둔하게 만든 「기계」의 출품은 없어져가는 추세이고, 그 대신 Compact하고 Slim한 「상품」이 나오고 있다. 특히 Robot, AVS를 구사하는 FMC나 FMS의 출품과 고속, 고성능을 위한 Spindle, ATC, APC, 빠른이송기구, 등을 선보이고 있다. 지금까지 해온 고강성이나 열강성등 기계특징을 강조하는 방법에서 철저하게 Cost / Performance를 앞세워 IMTS나 JIMTOF와 같은 방향으로 나가고 있다는 인상을 받았다.

1-8 SIMTOS(Seoul International Machine Tool Show)

서울공작기계전(SIMTOS)은 1984년부터 격년제로 개

Table 7

Program for the 6th IMEC	
October 31th, 1994 (Mon.)	
8:30 -	Registration
9:00 - 9:20	Opening Address
	Mr. G. Tejima Chairman of JMTBA (President, Hitachi Seiki)
	Prof. Dr. H. Sato Chairman, Organizing Committee for IMEC
Session I: Design Principle for Machine Tools for High Speed Machining	
Chairman	Prof. Dr. Y. Yoshida (Chiba University, Japan)
Co-Chairman	Prof. Dr. K. Mitsui (Keio University, Japan)
Co-Chairman	Prof. Dr. M. Tsutsumi (Tokyo University of Agriculture & Technology, Japan)
9:30 - 10:30	Keynote Speech "High Speed Milling"
	Speaker Prof. Dr. J. Tlustý (University of Florida, USA)
10:30 - 11:00	Coffee Break
11:00 - 11:40	"Development of Ultra High-Speed Milling Machine"
	Speaker Mr. T. Majima, Director (Niigata Engineering, Japan)
11:40 - 13:00	Lunch
13:00 - 13:40	"Development of a High-Speed Internal Grinding Machine with Intelligence"
	Speaker Prof. Dr. E. Westkämper (TU Braunschweig, FR Germany)
13:40 - 14:20	"Design of Axis Drives and Guideways for High Speed Machining"
	Speaker Dr. D. S. Bray, Vice President (Ingersoll Milling Machine, USA)
14:20 - 14:50	Coffee Break
Panel Discussion (PD)	
14:50 - 15:20	"The High Speed Tapered Roller Bearing in Spindle Applications"
	Panelist Mr. G.E. Kreider, Product Development Specialist (Timken, USA)
15:20 - 15:50	"HSK Tooling System for High Speed Machining"
	Panelist Mr. W. Kelch, Managing Director (Kelch, FR Germany)
15:50 - 16:20	"Example of High Speed Spindle Design and the Balancing Method"
	Panelist Dr. K. Watanabe, Senior Engineer (Hitachi Seiko, Japan)
16:20 - 18:20	Discussion (with Chairman, Speaker, Panelist and Participants)
18:45 -	Welcome Party (Hyatt Regency Osaka)

Table 7

November 1st, 1994 (Tue.)	
8:30 -	Registration
Session II : Future Trends of Machine Tool Technology	
Chairman	Prof. Dr. K. Iwata (Osaka University, Japan)
Co-Chairman	Prof. Dr. Y. Saito (Chiba University, Japan)
Co-Chairman	Mr. T. Ohmi (Mechanical Engineering Laboratory, Japan)
9:10 - 10:10	Keynote Speech "Machine Tool Research in the United States" Speaker Dr. B. M. Kramer, Director (National Science Foundation, USA)
10:10 - 10:40	Coffee Break
10:40 - 11:20	"Next-Generation Machine Tool Technology — Viewpoint of Japanese Machine Tool Builders — Speaker Mr. T. Inokuma, Managing Director (Toshiba Machine, Japan)
11:20 - 11:40	"Environmentally Clean Machining Processes" Speaker Prof. Dr. G. Byrne (University College Dublin, Ireland)
11:40 - 13:00	Lunch
13:00 - 13:40	"Conscious Production — New Requirements on Machine — Tool Design" Speaker Prof. G. Sohlenius, Dr. H. Hädeby and Dr. A. Kjellberg (Royal Institute of Technology, Sweden)
13:40 - 14:10	Coffee Break
Panel Discussion (PD)	
14:10 - 14:40	"Research on Next-Generation Machine Tools" Panelist Dr. S. UENO, Deputy Director (Technical Research Institute of JSPMI, Japan)
14:40 - 15:10	"Open System Controls, a Challenge for the Future of the Machine Tool Industry" Panelist Prof. Dr. G. Pritschow (University of Stuttgart, FR Germany)
15:10 - 15:40	"Open System Field Network "ME-NET" for Lean System Integration" Panelist Mr. H. Takano, Manager (Toyota Motor, Japan)
15:40 - 17:40	Discussion (with Chairman, Speaker, Panelist and Participants)
17:40 -	Closing
November 2nd, 1994	
Post Conference Tour (Overseas Participants only)	
A.M. Sumitomo Electric Industries, Ltd.	
P.M. Mitsubishi Electric Corp. Central Research Laboratory	

최되어 왔다. 이 전시회는 1979년에 우리 나라 공작기계분야의 발전과 상호협조를 위하여 창설된 한국공작기계공업협회(KOMMA) 주최로 개최되고 있으며 1994년(4.12~18)의 쇼는 제6회가 되고 다음과 같은 규모였다.

전시면적:21.086 m²

참가업체:220(한국 99, 외국 121)

참가자:수10만명

한국의 공작기계의 수입이 세계에서 미국, 중국, 독일 다음인 4번째로 큰 시장이기 때문에 세계의 우수공작기계 메이커들이 모이는 것은 당연하다고 말할 수 있다.

이 쇼는 점차적으로 높아져 가는 한국공작기계의 우수성을 한눈으로 볼 수 있는 기회를 제공하고 있다.

1-9 결 론

1) 공작기계는 그 나라의 생산과 기계공업을 선도하는 핵심적인 도구로써 그 기술과 생산량은 그 나라 경제에 지대한 영향을 미친다.

2) 우리 나라 공작기계 생산량은 세계 제9위이고 그 수입량은 세계 상위에 있으나 수출량은 하위에 있다.

3) 우리 나라 공작기계 기술은 대부분 기술도입을 통하여 얻어진 것이며 모방단계를 벗어나지 못하고 있다.

4) 우리 나라를 진정한 공업선진국으로 끌어올리려면 공작기계 기술을 자력으로 개발하고 자력으로 공작기계를 설계·제작할 수 있는 능력이 있어야 한다.

5) 그러기 위해서는 학계, 학회 그리고 기업체에서 기술연구를 활발히 해야하며 정부에서는 지속적이고 적극적인 후원을 해야한다.

6) 앞으로 10년정도 후면 일본 공작기계 수준에 도달할 수 있으며 세계시장에도 도전할 수 있을 것이다.

7) 우리는 공작기계기술과 미래에 대하여 관심을 가질 필요가 있다.

참고문헌

1. “韓國工作機械工業發達史” 韓國工作機械工業協會, 1991
2. “日本の NC 工作機械” 應用機械工學 1985. 5 大河出版
3. “공작기계 파란불행진 언제까지?” FA 저널 1993. NO. 51 국제산업 뉴스
4. “機械の技術 100年” NIKKEI MECHANICAL 別冊 1973.
5. “日本の NC 工作機械 30年の歩み” NEWS DIGEST社 1987
6. “Manufacturing Engineering” August 1994 Society of manufacturing Engineers
7. 第6回 韓國工作機械技術者會義 テキスト(1994)日本工作機械工業會