

# 일본 국제 공작기계 전시회(19th JIMTOF)를 다녀와서

강철희\*

## Observation Report on the 19th JIMTOF

C. H. Kahng\*



Itto 교수 · 필자 · 이장무교수 · 양면양교수

### 1. 서론

구라과에서 개최되는 EMO와 미국 Chicago에서 개최되는 IMTS(International Manufacturing Technology Show)와 더불어 세계 3대 공작기계 전람회의 하나로 정착되고 있는 일본국제기계전시회, 즉 JIMTOF(Japan International Machine Tool Fair)는 1962년에 제 1 회가 Osaka에서 개최된 후 2년마다 Tokyo, Osaka를 번갈아 가면서 개최되고 있었으나 2000년 이후부터는 Tokyo에서만 개최하기로 결정되었으므로 Osaka에서 개최되는 JIMTOF가 19회로 끝을 맞이하게 되었다.

제 19회인 JIMTOF는 「21세기에 대한 도전」이라는 목표 아래 지난 10월 28일부터 11월 4일까지 8일간 Osaka의 Index에서 개최되었다. 그 목적은

「공작기계 및 관련 기기등의 국내 및 국제 교류의 촉진과 국제간의 기술 교류, 개발을 촉진시키고 산업과 무역의 진흥 발전에 기여하는 것을 목적으로 한다」이다. 금번의 총 전시장에서는 세계의 19개국과 대만에서 753개의 회사가 참가하였다. 전시회장의 면적은 7600평방미터에 4,769의 Booth에서 전시되었다. 주최자는 일본공작기계공업회와 Osaka 국제견본시위원회였으며 84개 출품자가 2,134의 Booth를 사용하였다. 기계수입협회를 위시하여 총 13개의 협찬 단체들은 총 416의 출품자가 1,833의 Booth를 사용하고 해외에서는 253의 출품자가 802의 Booth를 사용하였다.

해외에서는 독일에서 160, 미국에서 69, 스위스 86개사가 출품하였으며, 이것이 Best three에 속하며 해외 출품은 64%를 점령하고 대만, 이태리, 영국, 한국의 순위로 되어있었다.

\* 전문대학교  
\* 통일중공업(주) 기술고문

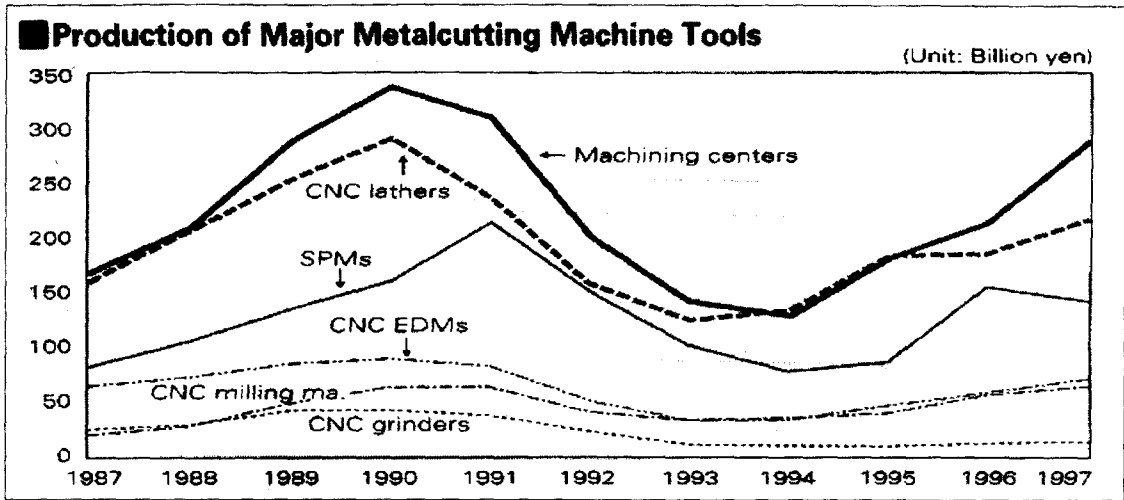


Fig. 1 Production of Major Metalcutting Machine Tools

Sky Plaza에 여러 외국 공작기계협회에서 홍보용 Booth을 차려놓고 있었다. 한국을 비롯하여 미국, 중국, 대만, 이태리, 러시아 등 12개국 이 여기에 속한다. 한국에서 12개사가 28개 Booth에 출품하고 있었는데 공작기계는 대우중공업, 현대중공업과 통일중공업뿐이었으며, 그 외는 거의 다 공구를 전시하고 있었다. 필자는 수십년동안 IMTS에 참가하여 직업적으로 세계 공작기계의 발전상을 주시한바 있었으며 지난번 18회 JIMTOF-Tokyo 참석후 다시 Osaka를 찾게 되었다.<sup>(1)</sup>

일본의 경제상태가 좀 부진하다고는 하지만 표 1에서 비교하는 바와 같이 1994년의 JIMTOF-Osaka, 1998년의 JIMTOF-Tokyo와 비교해서 크게 달라진 것을 알 수 없었다. 불황이지만 제조업의 국제경쟁력을 살리기 위해서 시설투자 열기가 식지 않고 있다는 것을 증명하고 있다. 일본의 공작기계사업 그림1에서 보는 바와 같이 1987년부터 상승세를 그려오다가 1990년에는 그 피크에 도달하여 1.4조엔에 도달하였다. 그러나 1991년부터 공작기계의 주 수요자인 자동차 산업에 불황이 오고 따라서 자본재에 대한 투자가 감소되기를 계속하여 1994년에는 1990년 경우의 70%가 감소되어 5318억엔에 미치지 못했다.

1997년에는 1990년의 80%인 1.1조엔에 도달하고 현재는 계속 상승세를 그리고 있으며, 1990년대로 다시 복구되리라고 관측하고 있다. 일본공작기

계의 해외수출은 1995년으로부터 1997년까지 3년간 계속적으로 상승하고 1997년에 6494억엔에 도달하였고 최고 수출상대국은 미국으로서 2327억엔이었으며, 두 번째가 한국으로 533억엔이었다. 그 다음은 타이완, 중국, 독일, 태국, 싱가포르, 말레이시아, 영국, 벨기에 순서로 수출을 하였다. 수출을 지역별로 보면 북미가 36.8%, 동아시아 17.9%, 구라파 16.8%, 남미 16.2% 등이며 아시아 각국의 불경기가 수출에 크게 영향을 주고 있다.

금번 JIMTOF의 목표는 기술한 바와 같이 「21세기에의 도전」이지만 공작기계의 최신기술을 구사하여 고속, 고정도, 자동화를 더욱 진화 본격화하는 종래와 동일하였으나 금번에 특히 눈에 띄는 것은 「환경대책기술」이 현저하게 진출하고 있다는 것이었다.

Table 1 Recent world-class machine tool shows  
\*Areas included. \*\*running number of visitors. \*\*\*expected

	EMO Honover (1997)	IMTS-98 (1998)	JIMTOF-Osaka (1994)	JIMTOF-Tokyo (1996)	JIMTOF-Osaka (1998)
Exbt. space	164,128 m <sup>2</sup>	130,000 m <sup>2</sup>	73,000 m <sup>2</sup>	80,600 m <sup>2</sup>	76,000 m <sup>2</sup>
Countries	41	30	22 + 2*	24 + 1	17 + 2
Exhibitors	2,244	1,400	529	565	538
Booths	-	-	4,325	4,958	4,769
Visitors	178,415	121,764	425,786**	131,347	150,000***

## 2. 공작기계기술동향

### 2.1 고속절삭

고속절삭기술은 알루미늄(Aluminum)등과 같은 항공기 산업에서 일찍부터 실용화되고 있었다. 현재 공구재료의 기술수준으로 미루어 볼 때 절삭속도에는 한계가 없어 보인다. 세라믹스(Ceramics) 공구 또는 CBN 공구를 사용하여 주철의 고속 밀링(Milling) 가공기술등은 그 시대마다 주목을 받은 바 있다. 최근에는 30,000<sup>1</sup>min~150,000<sup>1</sup>min 회전속도의 고속회전이 가능해 진 주축에 의하여 철강의 초고속 가공기술에 관심이 집중되고 있다.

구름베어링을 사용하는 주축에서 세라믹스(Ceramics)구를 사용하고 윤활기술등의 개량등으로 DN치가 지난번 공가정압 주축으로 50,000<sup>1</sup>min(주축경 50mm, DN치 250만)과 70,000<sup>1</sup>min의 자기주축(Electro-magnet spindle)이 큰 화제가 되었으나 금년에는 이것을 본격화 할 뿐 아니라 더 나아가서는 더욱 고속화가 실현되어 가고 있다.

직경 65mm의 50,000<sup>1</sup>min(DN치로 325만)의 주축회전과 High Lead screw에 의한 이송속도 60m/min, 가속도 1G라고 하는 획기적인 규형의 초고속 가공기가 등장하였다. 매분 15000회전의 주축과 Linear motor를 사용하여 100~120m/min(가속도 1.5~2G)을 실현시킨 초정밀 고속 가공기도 출품되었다.

이와 같은 고속이송구동의 조건하에서 높은 운동정밀도를 확보하기 위하여 제어 기술의 진보가 필수적이다. 그 다음으로는 공구의 성능이 향상되어야만 가능해 지는데 현재 열처리된 철강의 고속 절삭에는 세라믹 코팅(Ceramic Coating)된 초경공구가 다수 사용되고 있으며 절삭속도가 500m/min까지는 드라이 커팅(Dry Cutting)을 하더라도 충분한 공구 수명이 얻어진다. 더 높은 절삭영역의 가공에는 대열성이 우수한 CBN 소결체가 사용되고 있다.

또 CAD/CAM 기술의 진보도 주목하여야 할 항목이다. 최근 PC-CAD/CAM가 고기능화와 저가화가 진행되고 있으므로 복잡한 자유곡면을 갖고 있어 금형의 경우에는 희망하는 공구의 제작이 비교적 용이하게 생산하게 되었다.

그러나 실제의 절삭과정은 복잡하고 반드시 시뮬레이션(Simulation)한 그대로 절삭면이 형성하지 못한다는 본질적인 문제가 있는 것이다. 최적의 N

C가공 데이터를 효율적으로 생성시키려면 절삭기술과 CAD/CAM의 기술과의 연계를 반드시 필요로 하고 있다.

### 2.2 냉각(冷却) 가공

일본 통상성이 환경에 적용하고 또 에너지를 절약할 수 있는 공작기계를 개발하는데 지원하게 됨으로써 드라이(간식) 공작기계가 크게 진출하게 되었다.

수년 전부터 공장내의 작업 환경이 불량해 지고 지구의 오염의 원인이 되고 있는 절삭유재(切削油材)를 사용하지 않는 냉각절삭(Dry Cutting)이 주목되고 있었다. 기계 가공 현장에 있어서 공장내의 작업환경 악화와 작업자의 건강에 장애가 되고 지구환경의 원인이 되는 절삭유를 사용하지 않은 냉각절삭이 주목되고 있는 것이다.

이와 같은 가공법은 10년전부터 구라파에서 연구가 진행되고 있었으나 일본에서는 17회(1994년)에 치차(Gear)가공기와 머시닝 센터에서 이 방법이 채택되었으나 금년에는 영하 30° 로 냉각한 공기를 가공 포인트(Point)로 집중시켜 발열을 억압하는 「냉풍연삭」을 주시하여 질소가스 주입법, 그리고 미량의 오일미스트(Oil mist)를 분사시키면서 칩을 진공 흡수시키는 세미냉각 절삭(Semi-dry)법, 절삭유를 전혀 사용하지 않은 완전 냉각절삭등 다채로운 가공방식을 채용한 MC나 NC선반, 연삭반, 치차절삭 공작기계, 전용기등이 다수 소개되었다. 또한 이와 관련된 칩의 처리기술로서 분쇄장치, 반송장치와 진공을 이용하는 처리방법, 패유 처리 장치등도 전시되었다.

공작기계 업계에서는 처음으로 각종 유사용량, 유해물질의 불사용 등을 체크할 수 있는 「제품환경부과평가기준」을 책정한 H회사에서는 여기에 해당하는 제품13대를 전시하고 방문자들의 주목을 끌었다. 그 중 MC의 3종류에는 이송기구에는 자체적인 윤활기능 부착시켜 윤활유 공급을 불필요하게 하였고 공구 자동 교환 장치(ATC)에 무유압(Oiless)화에 성공하고 있다. 자기회사의 평가 포인트가 타사에 비하여 30%정도의 환경부과가 작다고 평가하고 있다.

O회사에서 환경 대응 장치로서 드라이 가공기, 세미-드라이 가공기, 오일회수 시스템 등을 전시하고 있으며 그 중 「안개상태」의 절삭유를 공구의

선단에서 공급하는 세미-냉각 절삭은 식물성 절삭유의 사용량이 시간당 20cc의 극히 소량이고 공구의 수명은 냉각 절삭의 1.5배임으로 실용성이 높다. 또 Ion의 살균의 효과로 이용하여 냉각수 부패를 방지시키는 장치를 개발하였다.

T사에서는 대량 냉각액을 대치하는 극미량의 오일미스트와 냉각수를 사용하는 「Ecology 연삭기술」을 전시하고 있으며 동기기술은 극미량의 윤활유를 사용하므로써 냉각수 사용량을 99% 격감시키고 펌프등이 소비하는 전력도 30% 정도 감소시키고 있다.

### 2.3 복합화

최근 수년간 고속화와 병행해 가면서 생산성을 향상시키기 위한 기능의 복잡화 공정의 집약화가 진행되고 있었으나 금번 전람회에서는 더 높은 고도화가 보여졌다.

NC선반에 공구회전 기능을 부가시킨 터닝센터(Turning Center)에서는 NC선반과 MC의 기능을 더욱 융합시킨 본격적인 복합기가 출품되었다. 그 위에 연삭작업도 가능한 만능 가공기도 등장하였고 다양한 공작물의 5면 가공을 능률있게 가공할 수 있는 공작기계가 많이 출품되었다. NC선반의 주(Main)와 부(Sub-spindle)에 의해서 할 수 있는 전후 양면을 동시에 가공하는 방법은 지금까지 해 왔으며 척(Chuck) 작업이 주가 되는 것이었다.

최근에는 바(Bar)형 소재를 뒤틀면 가공할 수 있는 기능을 가지고 있는 기계가 증가하고 있으며 둥근(Round)형의 절삭의 생산 효율이 크게 향상되었다. MC에서 U축 기능을 부가시킴으로써 판금(Plate)을 절삭하거나 직경이 서로 다른 홀(Hole)의 불링(Boring) 가공도 공구 교환없이 효율적으로 하게 되었다. 연삭반에 있어서 내면 연삭에 호닝(Honing) 기능을 부가시킨 복합기가 등장하였다. 그 외에도 방전가공에 있어서 가공과 표면처리 기능을 일체화하고 3차원 측정기능을 내장한 MC, 계측 기능을 부착한 입형 터닝 센터(Vertical Turning Center) 등 기능 복잡화 공정 집약화의 경향이 두드러지게 나타나기 시작하였다.

### 2.4 투링(Tooling)

JIMTOF 전람회에 있어서 MC가 82년에는 1만 회전기가 전시되었으나 그후 2만, 3만 회전으로 고속화가 진행되었으며 최근에는 10만 회전의 스피

들을 탑재한 공작기계도 개발이 되었다. 이와 같이 추세에 가장 보급되고 있는  $\frac{1}{24}$  테이퍼(Taper)인 BT Tape 접촉면(Interface)이 회전 속도의 상승과 더불어 원심력에 의해서 주축의 홀이 팽창되어 테이퍼 샹크(Taper Shank)가 주축홀 속으로 들어가 버려 공구의 선단의 위치가 미리 설치(Preset)한 위치로부터 변화해 버릴 뿐 아니라 샹크를 교환 할 때 테이퍼 샹크가 빠지지 않는 사고가 발생하게 되었다. 이 문제를 해결하기 위하여 주축 단면을 공구 샹크(Shank)와 직접 접촉시키는 이면구속형(二面拘束形)의 공구의 접촉면(Interface)을 개발하게 되었다.

금번 JIMTOF에서는 세미나가 있었으며 공구제조업자로부터 최신의 정보가 발표되었다. 성능을 요약하면 접촉면의 강성, 장착정도는 BT보다 성능이 우수하다는 것은 알 수 있었으나 언제든지 우수하다고 단정할 수 없다는 것을 알게 되었다. 이면구속공구가 고속가공에 적합하다고 생각하는 것은 전술한 바와 같이 장착정도가 높아서 주축과 공구 샹크와의 편심(偏心)을 극소화 시킬 수 있으니 여러 가지 잇점이 있다는 것을 알 수 있다.

그러나 이와 같은 특성만으로 고속 가공에 있어서 BT샹크보다 우수하다고 말할 수 없다. 특히 시장에 나오고 있는 HSK-A형은 고속 가공에 적합한 접촉면이라고 단정할 수 없다. 동경 N대학에서 자기 주축을 가지고 있는 MC에 HSK를 장착시켜 1만 4만까지 회전시킨 후 소음(Noise)을 측정한 바 있다. HSK-A63을 2만 회전을 한 결과 소음이 85dB의 높은 소음이 발생하였고 4만 회전의 경우에는 100dB의 소음이 발생하였다. 이 소음이 발생하는 발생원은 툴 매거진(Tool Magazine)에 장착시키기 위한 후렌지 외주에 파서 만들어진 U홈이 최대였으며 공구의 ID용 홈과 V-Notch에서도 소음이 발생한 것을 알 수 있다. 발생하는 소음의 주파수는 회전속도를 기본 주파수로 하는 정수배이며 5kHz 이하였다. 고속용 공구의 접촉면으로서 이면구속형에 대한 연구가 더 절실하게 되었다.

### 2.5 소성가공기

소성가공은 생산성을 높이고 생산가를 감소시킬 수 있는 이점 때문에 자동차 전기 전자부품 등 정밀한 부품을 대량생산 가공에 널리 사용되고 있으며 최근에는 복잡현상일지라도 고급정도로 가공이 가능하게 기술이 발전되고 있다. 일반 부품 가

공급자에게서는 제품의 코스트 저하를 행하여 절삭 공정, 용접공정, 조립 공정등을 승낙하는 방향으로 움직이고 있다. 그러므로 소성 가공 기술이 재검토 되어 절삭 가공으로부터 소성 가공으로 공법 전환을 통하는 고부가가치화가 현실화 되고 있다.

이와 같은 가공 시장의 요구에 응하기 위해서 단압 판금 공작기계는

- ① 공정 준비 시간의 단축
- ② 초정밀 가공
- ③ 환경에 적합하고 안전한 작동
- ④ 동력과 인원을 적게 한다.
- ⑤ 저소음, 저진동
- ⑥ 기계 본체의 간결(Compact)화
- ⑦ 기계의 공간(Space)을 적게 한다.
- ⑧ 기계 조작을 간편하게 한다.

등을 목표로 하여 제품 개발을 해 나아가고 있다.

가공기에 관련된 신기술로서는

- ① AC 서보모터와 리니어 모터(Linear motor) 구동을 고속화시키고
- ② 데이터 뱅크 기능을 보유하는 CNC-소성가공기(Forming machine)
- ③ 회로망(Network)을 이용함으로써 가동율을 향상시킬 수 있는 판금가공기
- ④ 기동장치를 부착한 안전 장치를 포함시킨 프레스(Press) 기계
- ⑤ 열변위 대책 및 저진동 고정도 고속 프레스(Press)
- ⑥ 고속 프레스에 대응 할 수 있는 고정도 이송 구동 장치
- ⑦ 고정도의 소성기(Former), 파이프구불기(Pipe Bender), 직선소성기(Straighter machine)등이 출품되었다.

## 2.6 회로망(Network) 구축

FA 시스템에 대한 Internet/Intranet 기술의 적용에 각 회사간의 협의를 만들기 위해 [FA Internet 추진협회] 와 [OSE협회의] 를 조직하였다. 전자는 공작기계 제조업자와 컨트롤 제조업자, 소프트웨어 개발자(software Bender)등 40여개 회사가 조직하였으며 FA시스템에 있어서 유통하여야 할 정보등(생산지시, 가공데이터, 가동실적, 진행사항, 공구데이터등)을 표현형식을 정하는 지침(Guideline)을 검토하고 있다. 후자의 OSE협회의는 Open CNC

의 개발을 목적으로 하여 1994년에 설립된 단체이다. 1997년부터 시작되고 있는 OSEC-III 프로젝트에서는 Internet 응용에 힘쓰고 있으며 작년의 Mecatro-tech Japan에 있어서는 Internet 전뇌(電腦)공장의 개념을 제시하고 제조업의 근미래상(近未來像-Cyber Mall)과 회로망(Network)을 활용한 생산(Cyber manufacturing)의 개념에 관한 전시를 하였다. 회로망(Network) 접속 소프트(soft)로서 OSE-NC-Kit를 전시하였다.

금번의 전시회에서는 부품과 금형 가공의 생산현장을 위한 정보 회로망(Network)을 작성한 전술한 바 있는 협의회가 「FA Internet 공장 시스템」을 실제 확인하기 위한 전시를 하였다. 이 실제 확인 시스템에는 통협회가 작성한 지침에 따라서 복수메이커의 공작 기계와 FA기기를 접속시켜 FA-Contents를 상호간에 활용할 수 있게 함으로서 장래의 FA Internet의 실용성과 가능성을 보이고 있다. 회장에는 일본의 우수 회사 6사가 각 Booth를 회로망으로 접속시켜 「FA Internet 공장 시스템」을 구축하여 각 회사의 공작기계의 가동 상황을 감시시킬 수 있는 공통 정보처리와 전자취급 설명서를 작성한 후 이것으로 각종 정보와 기계 모니터 정보를 연계하여 한 정보로서 처리할 수 있게 하고 있다.

또 O사의 5개 회사는 공구, 치구의 전자 카다로그(Catalog) 정보를 통합활용이 가능하게 할 수 있는 공통 카다로그 검색을 할 수 있는 시스템을 시작하는 정보 이용 기술을 실증하였다. 그 외에, F사를 제외한 13개 회사가 협찬 참가하여 함께 24개 회사가 FA Network 프로젝트에 참가하고 있다.

통협회에서 97년 4월에 여러 제조업자, 즉 FA 기기, 정보기기, 공구, 치구 메이커들이 참가하여 발족된 것이며 이 회사들과 그 제품 사용자, 판매자, 시스템 통합업자등 서로 상이한 업종을 가지는 자들이 공동으로 FA Internet의 보급에 힘을 모으고 있다.

## 2.7 주목하여야 할 기술동향

### 2.7.1 초고속연삭

연삭가공의 고속화에 의해서 연삭 저항의 저하, 슷들의 마모 감소, 표면 소면의 향상, 연삭 표면의 잔류응력이 압축응력으로의 변화등 여러 가지 메리트가 있다는 것이 확인되었다. 슷들의 주속이 200m/s의 초고속 연삭이 유채 베어링을 사용하여야

한다. 주속이 높으면 높을수록 양호하다고 보고 있으며 구라파에서 400~500m/s 레벨의 연구를 하고 있다. 슷돌축 회전수를 1만 이상으로 하기 위한 주축을 동압 또는 정압 베어링을 채용하고 있다. 일반 200m/s의 고주속 연삭을 하려면 고속에 대응하는 슷돌의 제작기술도 향상되어야 한다. 슷돌의 요소와 Core와의 접착강도, 슷돌의 원심 파괴 강도, 슷돌의 원심 팽창과 열변형, 슷돌과 그 축과의 결합법등 고주속도에 대한 과제가 해결되어야 한다.

### 2.7.2 품질 향상

일본의 FA관련업자들은 ISO9000 Series와 CE 마킹(European Safety Standard)에 매우 민감하게 대응하고 있다. 일본의 제품은 처음에는 TQC(Total Quality Control)에 매우 높게 평가를 받아 왔었다. 그러나 최근에 일본 회사들은 ISO9000 Serise의 인정서를 많이 받고 있다. 그 이유는 구라파 시장 또는 기타 국제적 시장에서의 신뢰도를 얻기 위한 것이고 종업원의 작업 안정도를 자극할 수 있기 때문이다.

### 2.7.3 신 발상의 Mechanism

Parallel Mechanism을 이용한 공작기계가 금번에도 몇 개의 회사에서 전시되었고 이 새로운 발상으로 개발된 입형 선반도 발표되었다. 칩의 제거를 용이하게 하기 위하여 공작물을 위에서 파악하고 아래로부터 선삭한다는 발상은 이전부터 있었으나 상품으로서 보급은 되지 못하였다. 금번의 전시품은 칩을 제거하는 관점보다 주축에 로봇의 기능도 갖게 하므로서 동력을 절약하고 공간을 줄이게 하여 Z축 방향 운동을 중력에 이용케 할 수 있기 때문에 소비 전력의 절감에 기여하게 되었다.

## 3. 국제 공작 기계 기술자 회의

공작기계 및 관련 기술의 발전을 촉진시킬 목적으로 1984년 12회 JIMTOF-Tokyo에서 창설, 국제공작기계 기술자 회의(International Machine Tool Engineering Conference(IMEC))가 JIMTOF와 병행하여 개최되어 왔으며 금번은 제 8회가 된다.

이 IMEC는 10월 30일과 31일 양일간에 걸쳐 In-dex Osaka의 근처에 있는 Cosmosquare International Education and Training Center에서 개최되고 일본의 공작기계와 관계되는 대학교수 연구소의 연구

원, 제조회사의 전문가와 외국에서 이 방면의 전문가들 약200명이 한곳에 모여 진지하게 자기들의 연구결과를 발표하고 또 토론하는 장소이기도 하다. 한국에서는 동회의 운영위원의 특별의원이며 한국정밀공학회 회장, 서울대학교 공과대학장인 이장부 교수와 KAIST의 양민양교수 그리고 필자 3명이 참석하였다.(사진참조) 이 회의는 사교장이기도 하기 때문에 여러 저명한 전문가들과 새로운 인사를 하기도 하고 이야기 할 기회가 있었으며 매우 유익한 학회였다.

이 IMEC의 프로그램은 표2에서 보는 대로 「21세기에 향하는 공작기계기술」이 테마였고 운영위원회 회장인 동경 공대 YOSHIMI ITO교수의 개회사 후에 두 편의 Keynote Speech가 있었다.

Table 2 Program for the 8th IMEC  
October 30th(Fri.),1998

#### Opening Address

Mr.T.KATO Chairman of JMTBA  
Prf.Dr.Y.ITO Chairman of IMEC, Organizing Committee

#### Machine tool Technology towards 21st Century

Chairman Prof.Dr.Y.ITO (Tokyo Institute of Technology, Japan)

#### Chairman's Address

Keynote Speech "Strategy for Design and Sales of Competitive Machine Tools"

Mr.G.F HAAS, President

(Haas Automation, U.S.A)

Keynote Speech "CAD/CAM/CAE Technology in Europe"

Mr.E.DROIT, Executive Vice President

(Dassault Systems, France)

#### Technical Session 1 : Advanced Machining Technology for High Speed and High Productivity

Chariman Prof.Dr.M.TSUTSUMI

(Tokyo University of Agri. & Tech.,Japan)

CO-Chairman Prof.Dr.T.MORIWAKI

(Kobe University, Japan)

Invited Speech "Next Generation High Speed Machine Tools-Parallel Link Machine Tool and Application of Linear Motor -"

Prof.Dr.M.WECK  
(Technical University of Aachen, FR Germany)  
Speech "High Speed Cutting and Dry Machining -  
Revolution or Evolution ?"  
Dr. V. SINHOFF Tech. University Aachen, FR Germa  
ny  
Speech "Current Status of High Speed Machining and  
Cutting Tool Mterials"  
Mr.K.TOMITA, Manager  
(Sumitomo Electric, Japan)  
Speech "Spindle for High Speed Milling"  
Mr.A.de VICQ, Technical Director  
(AMTRI, U.K)  
Chairman's Comments

October 31st(Sat.) 1998

**Technical Session2 : Maintenance and Safety  
Aspects in Machine Tool Technology**

Chairman Dr.K.MORI,Director  
(Mechanical Engineering Laboratory, Japan)  
CO-Chairman Prof.Dr.Y.TAKEUCHI  
(The University of Electro-Communications, Japan)  
Speech "Targeting the Manufacturing of Trouble-Free  
Machine Tool-Technology of Reliability Design - "  
Mr.T.OHYA,General Manager  
(Toyoda Machine Works, Japan)  
Speech "Improvement of Production Reliability Based  
on the Maintenance Data of Installations "  
Mr.T.ISHIHARA, Chief Engineer  
(Honda Engineering, Japan)  
Speech "IEC Standards and Maintainability Design  
Studies for Machine Tools"  
Dr.K.ONODERA, Associate (Hitachi, Japan)  
Chairman's Comments

**Technical Session 3 : Next Generation Precision  
and Ultraprecision Machining Technology**

Chairman Prof.Dr.I.INASAKI  
(Keio University, Japan)  
CO-Chairman Prof.Dr.K.MITSUI  
(Keio University, Japan)  
Speech "Micro Cutting by Nano-Machine"  
Dr.K.SAWADA, Honorary General Manager  
(Fanuc, Japan)  
Speech "Fabrication and Testing of High-Precision

Optics"  
Mr.A.ISHIDA, Research Group Leader  
(Nikon, Japan)  
Speech "Monitoring of Ultraprecision Machining  
Processes"  
Prof.Dr.D.A..DORNFELD  
(University of California, Berkeley, USA)  
Speech "Ultraprecision Machining - Key to Advanced  
Products "  
Prof.Dr.E.BRICKSMIEIER  
(University of Bremen, FR Germany)  
Chairman's Comments  
Closing Address  
Party (Hyatt Regency Osaka)

처음은 세계에서 가장 경쟁력 있는 공작기계를  
생산하고 있는 Haas Automation의 사장인  
G.F.HAAS씨가 「경쟁력 있는 공작기계의 설계 판  
매 전략」이란 제목으로 미국의 경기 침체기와 세  
계의 경제가 저성장임에도 불구하고 계속적으로 성  
장한 성공 비결은 무엇인가 ? 매우 궁금하게 여겨  
지는 발표였다. Haas사의 목표는 다복적이고 운전  
이나 보수가 용이하고 신뢰성이 높은 공작기계를  
제작하는 것이다. 저가격과 고품질, 납기를 유지하  
기 위해서는 중요부품은 자작하고 간단한 설계를  
채용하고 부품의 공유화, 그리고 철저한 유통작업  
을 하여야 하며 특수한 것보다는 대량 판매 할 수  
있고 전용기를 한 대씩 제작하기보다는 제작이 용  
이한 번용기를 대량생산함으로써 현재의 성공을 얻  
었다고 보고 있다.

두 번째 Keynote Speech는 불란서의 Dassault Sy  
stem사의 부사장 E.DROIT씨였으며 「구라파의 CA  
D/CAM/CAE기술」이었다. 설계에서 생산까지 공  
업적인 것부터 비공업적인 것까지 기업 내에 있는  
모든 기능의 통합화가 전환과 기술혁신의 중요한  
요소가 되어 있다. 디지털적으로 확장된 Digital Ext  
ended Enterprised의 개념은 Internet/Intranet기술의  
잠재력 지원과 기업에서 점점 증대되고 있는 Globa  
l형의 통합 요청을 받아들이는 것이며, 이것은 또한  
Dassault Sy-stem의 전략이기도 하다.

두 Keynote Speech가 끝난 후 운영위원회에서  
계획한 3개의 기술섹션(Technical Session)이 순서대  
로 진행되었다.

Session 1은 최근의 관심을 반영한 「고속가공

과 고생산성을 위한 선진 절삭 기술」의 제목으로 4명이 그 연구결과를 발표하였다.

첫 번째 Aachen공대의 WECK교수는 “차세대고속공작기계”에 대하여 설명하고 Parallel linked 공작기계에 대하여도 그 연구 결과를 발표하였다. 다음은 역시 Aachen공대에서 온 SINHOFF씨가 “고속 절삭과 건식(Dry) 절삭”의 제목으로 발표하였으며, 현재의 문제점을 잘 반영하였다. K.YOMITA씨는 “고속용 공구의 발달”에 대하여 A. de VICQ씨는 “고속밀링”에 대하여 발표가 있었다.

Session 2에서는 점점 중요성이 높아 가고 있는 「공작기계의 보수·보전 기술」의 테마로서 T.OH YA씨가 “고장이 없는 공작기계의 생산”에 관하여 이야기하고 T.ISHIHARA씨는 “설비보전 데이터로부터 본 신뢰성의 향상”, “공작기계에 관련하는 IE C 규격과 보전성 설계 기술”을 K. ONODERA가 발표하였다. 이 Session II에서는 신기술 개발보다도 개발된 공작기계를 더 신뢰성 있게 다루어야 하는 문제를 다룬 것 같아 보였다. 주로 일본의 일류 기업에서 종사하고 이 방면에 실무 경험이 풍부한 전문가들의 발표였다. 각 발표가 끝나면 활발한 질문 응답이 반드시 있었다. KAIST 양민양 교수도 유창한 영어로 여러 가지 질문을 하여 여러 사람들의 주목을 받았다는 것을 여기에 부언하고자 한다.

Session 3에서 초정밀가공 기술이 테마였으며 처음에 K. SAWADA씨가 “Nano-machine에 의한 Micro가공”을 발표하여 일본의 초정밀 공작 기계 개발과 그것을 이용하는 초정밀 가공기술을 소개 해주었고 A. ISHIDA씨는 “정밀 광핵소자에 의한 가공과 계측”에 관하여, 미국에서 온 DORNFELD교수는 “초정밀가공에 있어서의 Monitoring”을, 마지막으로 독일 Bermen대학에서 온 BRINKSMEIER 교수가 “초정밀가공기술-고기능 부품을 위한 기술”을 발표하였다. 각 Session이 끝날 때마다 좌장들이 그 Session의 강연 내용을 잘 종합하여 기술 발전에 대한 방향을 설명해 주었다. 2일간 이 학회에서 느낀 것은 이 학회가 국제기술회의를 가장 효과적으로 하는 곳이라는 것을 느꼈다. 첫째, 영어와 일본어를 동시 통역하는 3명의 일본여성들이 그 복잡하고 전문성 있는 기술용어를 양쪽 말로 틀리지 않고 동시 통역해 낸다는 것을 보고 찬사를 보내고 싶었다. 마지막에는 호텔에서 유쾌한 파티로 끝을 맺었다.

#### 4. 신기술포스트 전(New Technology Poster)

지난 번 JIMTOF-Tokyo(1996)에서 처음 개설한 New Technology Poster가 매우 호평을 받은 바 있는데 금번에도 Index Plaza 한쪽에 대학·국공립연구기관등 17개의 연구기관으로부터 33개의 공작기계 관련의 선단연구 내용이 소개되었다. (18회에서 50개가 소개되었음) 그 과제별 Poster의 내용은 표3에 나타나 있고 전시장에 온 참관자와 연구자 사이의 기술교류가 활발히 진행되고 있었다. 특히 10월 31일과 11월 1일 양일간에는 각 연구자가 Poster 현장에 나와 직접 설명회를 갖었다. 이런 점을 볼 때 산학연대가 잘되고 있는 것을 느낄 수 있었다.

Table 3 제 8 회 New Technology Poster 전 참가자

1. Basic Study on the Chucking Sensor  
Akita National College of Technology
2. Study on Holonic Manufacturing System  
Osaka Prefecture University
3. In-Process Monitoring Technology for Machining  
Mechanical Engineering Laboratory, AIST
4. Three-Dimensional Surface Figure Generation by Diamond Turing  
Mechanical Engineering Laboratory, AIST
5. Robustness Estimation for Machine Tool Designs  
Mechanical Engineering Laboratory, AIST
6. A Study on Designing and Implementing for Manufacturing Systems  
Technical Institute, Japan Society for the Promotion of Machine Industry
7. A Consideration of the Merits and Demerits of Open NCs based on a Case Study  
Technical Research Institute, Japan Society for the Promotion of Machine Industry
8. A Study on the Improvement of Machining Accuracy Using Digital Control  
Technical Research Institute, Japan Society for the Promotion of Machine Industry
9. Material Processing Data Base  
Technical Research Institute, Japan Society for Promotion of Machinery Industry
10. Intelligent Machine Tools  
Kyoto University
11. Development of Surface Grinding Machine with Linear Motor Driven Table System



12. Ultrasonic Elliptical Vibration Cutting and its Applications  
Kobe University
13. Development of Ultraprecision XYθ Table by Applying Walking Drive  
Kobe University
14. Development of Chucking Mechanism of Cutting Tool for Ultra High Speed Spindle  
Sophia University
15. Analysis of Thermal Deformation of Double Column Type Machine Tool  
Sophia University
16. Development of In-Process Monitoring System for Working Surface Condition of Grinding Wheel  
Sophia University
17. Development of Cutting Force and Cutting Edge Temperature Measuring System for High-Speed Milling  
Chiba University
18. Six-Axis Control Mchining of Pocket Shape with Edged Corners  
The University of Electro-Communications
19. Tool Grinding CAM System for Conicoid End Mill  
The University of Electro-Communications
20. Development of a Resinoid Diamond Wire Containing Metal Powder for Slicing of a Silicon Ingot  
Institute of Industrial Science, University of Tokyo
21. Ductile Regime Cutting of Brittle Materials Using a Flying Tool under Negative Pressure  
Institute of Industrial Science, university of Tokyo
22. The Axial Entrained Air Flow Around the Lathe Chuck  
Tokyo Institute of Technology
23. Measurement and Evaluation of Contact Pressure between Bearing and Bering Housing by Means of Ultrasonic Waves  
Tokyo Institute of Technology
24. 3D Rapid Prototyping of Polystyrene Foam by Hot-Wire  
Tokyo Institute of Technology
25. Development of High Speed nanometer Positioning Table System and Its Performances Evaluation  
Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology
26. Generation of Atomic Level Flat Surface using MBE  
Tokyo Metropolitan University
27. Fabrication and Position Control of Micro-Linear Motion Mechanism  
Tokyo Metropolitan University
28. An Ultratrecision Machine Tool using Twist-Roller Friction Drives and Active-Control Aerostatics  
Tottori University
29. Setup Free Technology for MC Work  
Toyohashi University of Technology
30. Dvelopment of a Composite Lathe using Three-Dimensional and Functionally Gradient Material  
Nagaoka University of Technology
31. Influence of Factory Environment on Machining and Measurement Accuracy  
Nagaoka university of Technology
32. Temperature Rise of Cutting Tool and Workpiece in Ultraprecision Diamond Cutting  
Himeji Institute of Technology
33. Optimization of Cutting Conditions for CO<sub>2</sub> Laser Cutting Based on Fuzzy Mathematical Programming  
Himeji Institute of Technology

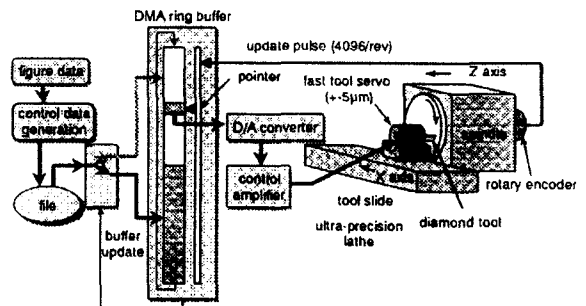


Fig. 2 System Configuration

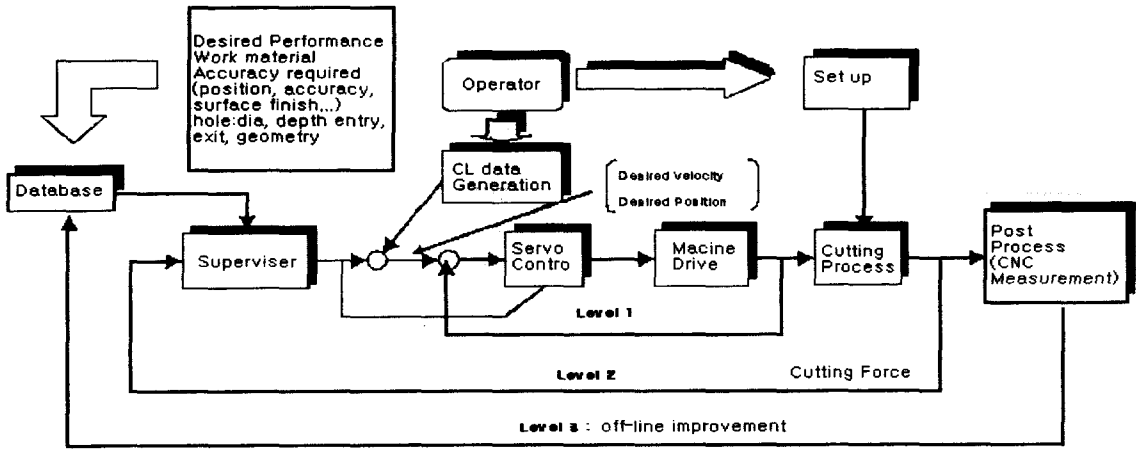


Fig. 3 The concept of Intelligent Machining Tools

33개의 Poster를 자세히 감찰한 결과 일본의 대학연구소에서는

- ① 초정밀공작기계설계 및 가공법
- ② 지능공작기계
- ③ 시스템 또는 시뮬레이션(Simulation) 기술 개발로 대변할 수 있다고 본다. 그 중 몇 가지를 소개하면

#4. 공업기술원 기계연구소에서 개발한 “다이아몬드 선삭에 의한 3차원 미세 표면 현상 창설”에서는 그림2에서 보는 바와 같은 시스템 구성을 만들었다.

즉, 고속공구 서보(Fast Tool Servo)가 초정밀선반의 공구 슬라이드(Slide) 위에 놓여져 있다. 지령에 의해서 절삭깊이를 고속으로 변화시킨다. 주축을 일정한 속도로 회전시켜 X축의 이송을 일정한 속도가 주어지면 공구는 가공면상에 나선의 궤적을 그린다. 이 공구의 궤적에 따라서 모든 높이를 독립적으로 하면 3차원 현상이 창설된다. 절삭 깊이는 주축에 부착된 Rotary Encoder의 Pulse에 의해서 주축과 동기로 갱신된다. 절삭 깊이 제어 데이터는 미리 창설하려고 하는 현상의 정의로부터 변환 프로그램에 의해서 생성되고 파일(File)에 저장하고 있다고 DMA 링버퍼(Ring Buffer)를 통하여 연속적으로 전송된다.

#10에 보는 경도대학에서 하고 있는 「지능화 공작기계의 연구」에서는 그림3에서 보는 바와 같

은 공작기계를 제작, 연구하고 있다.

고속, 고능률, 고정도, 긴공구수명등을 실현하기 위한 지능화된 고속·고가속도 공작기계를 연구하고 있다. 지능화 공작기계에는 적절한 절삭 조건, 적절한 제어 파라미터(Parameter)를 자동적으로 결정할 수 있는 데이터베이스와 적응 제어 기능을 부착하고 있다. 외부 센서는 적응제어에는 사용하지 않고 NC공작기계 본체가 갖고 있는 내부 센서만을 사용한다.

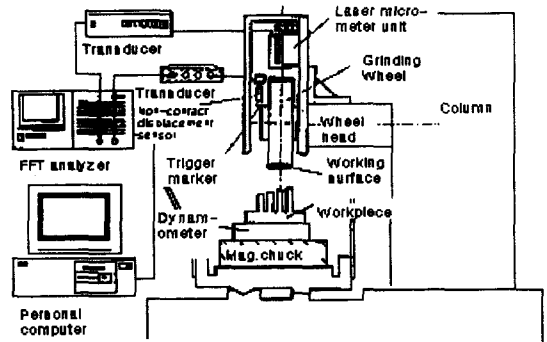


Fig. 4 On-machine measuring system of working surface topography

#16의 상지대학(SOPHIA UNIVERSITY)에서 개발한 “연삭 스톨의 작업표면을 In process로 감시하는 시스템”을 그림4에 소개하였다. 작업면의 Profile의 변화를 On machine에서 측정하기 위하여 고속 Laser 변위 계측기를 CNC 평면 연삭기의 스톨 헤드에 부착시켰다. 또 연삭 스톨의 마크는 Trigger 신호를 통하여 스톨 외주의 동일 장소 작업면의 Profile의 측정을 통하여 가능케 하고 있다.

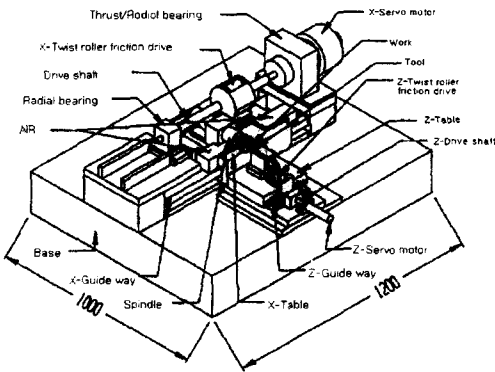


Fig. 5 Two-axes ultraprecision lathe using twist-roller friction drives

#28 TOTTORI UNIVERSITY의 “ Twist-roller Friction Drive를 이용한 초정밀 공작기계 개발” 에서는 그림5에 그 자세한 내용을 볼 수 있다. 테이블 위에 놓여져 있는 소재를 회전시키는 스펀들을 이송 구동시키는 X축과 절삭 깊이를 결정시켜 주는 Z축은 대리석 정반위에 T자형으로 배치되어 있고 각 축의 위치를 정하는 대로 이중롤러(Twist Roller) 마찰 구동 장치가 사용되고 있으며 이 장치는 그림 6에서 볼 수 있다. 각 구동 축에 3개의 Roller가 각각 미소한 교차각을 가지고 배치되어 있다. 이 성능상의 특징은 리드가 통상의 나사와 비교해서 매우 적다는 것이다. 즉, X축은 60 $\mu$ m이고 Z축의 400  $\mu$ m이다. 따라서 위치 결정 분해능은 0.5nm이고 Nanometer 단위이다.

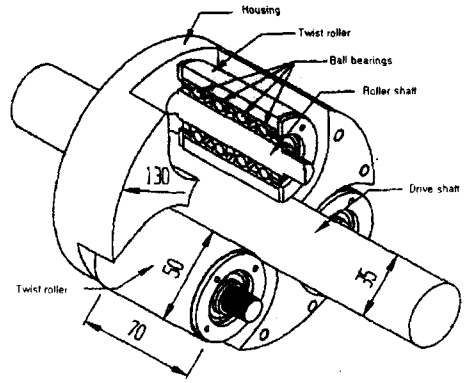


Fig. 6 Mechanism of twist-roller friction drive

## 5. 결론

- 1) 19회 JIMTOF는 일본 Osaka에서 10월 28일부터 11월 4일까지 「21세기에 대한 도전」이라는 목표아래 성대히 개최되었다.
- 2) 고속 · 고정밀 · 자동화의 기본 목표 외에 금년에는 「환경화」를 중시하는 냉각 가공 기술 개발이 눈에 띄게 활발하였다.
- 3) 회로망 구축도 새롭게 활발히 발전되고 있었다.
- 4) 국제 공작기계 기술자 회의(IMEC)에서는 21세기를 바라보는 공작기계 기술 동향을 알 수 있었다.
- 5) 일본의 대학 연구소에서 하고 있는 연구 결과를 소개하는 「신기술포스터」전은 우리가 배워야 할 것을 많이 시사하고 있었다.

## 참고문헌

1. 강철희, “일본국제공작기계전시회(18th JIMTOF)를 다녀와서.” 한국정밀공학회지 제14권 제1호. pp. 17-28, 1월, 1997.