

◆특집◆

21세기를 향한 국제 공작기계산업의 기술동향

박종권*, 송창규**

Technical Trend in Worldwide Machine Tools Industry for 21th Century

Jong Kweon Park*, Chang Kyu Song**

Key Words : High speed machining(고속가공), Information Technology(정보기술), Manufacturing Technology (제조기술), Multi-function technique(다기능 기술), Green manufacturing(청정 생산)

1. 서론

공작기계는 18세기경 유럽에서 주로 무기를 제작하기 위해 발명되었던 이래 NC선반, 머시닝센터 등에서부터 이를 토대로 한 FMC, FMS, CIM 등 무인공장설비에 이르기까지 많은 종류로 발전해오고 있다. 이와 같이 두 세기를 지나는 동안 공작기계 기술은 끊임없이 발전되고 혁신되어 생산 현장을 새로운 형태로 급속하게 변화시키고 있다.

특히 21세기로 향하는 지금 공작기계 기술은 고속화, 정밀화, 개방화, 환경친화의 방향으로 혁신을 지속하고 있으며 머지 않아 마이크로 프로세서의 급속한 발전에 힘입어 고속화 기술은 극 초고속화 단계로, 정밀화기술은 극 초정밀화 단계로, CNC 기술은 오픈화 및 네트워크화를 통한 다양한 통신기능이 부가됨으로써 설계, 생산, 영업 및 서비스 정보와 연계시켜 통합제어를 통한 타 지역의 공작기계를 원격제어 할 수 있는 단계로 이르게 될 것이다.

그리고 환경에 대한 관심이 고조됨에 따라 설계 단계에서부터 제작 단계에 이르기까지 환경을 고려하는 생산이 강구되어 리사이클링 하는 기술의 양상으로 발전해가게 될 것이 오늘날 공작기계 산업의 세계적인 기술추세이다.

따라서 세계 3대 공작기계 전시회 중 사상최대의 규모로 2000년도에 개최된 IMTS2000과 JIMTOF2000의 양대 전시회 내용을 토대로 지금까지 진행된 세계 공작기계산업의 신기술 동향과 향후 발전추세에 대하여 살펴보기로 한다.

2. 세계 공작기계기술의 발전동향

2.1 공작기계의 축제 IMTS2000/JIMTOF2000

IMTS(International Manufacturing Technology Show)와 JIMTOF(Japan International Machine Tool Fair)는 EMO(Exposition mondiale de la Machine outil)와 함께 세계 3대 공작기계전시회를 이루는 최대의 격년제 전시회로서 2000년 9월초 시카고와 10월말 동경에서 각각 개최되었다. 여기서 선보인 신기술들은 비슷한 경향으로 대부분 IT관련 기술개발에 지향을 두고 정보통신 기술과의 융합, 고속 고정도화, 기능복합 공정집약화, 환경대응 기술분야 등에 초점을 맞추었다. 특히 JIMTOF2000은 1962년 제1회로 시작된 이래 20회째로서 20세기를 마감하는 전시회라 「상품생산 신세기-미래공장에

* 한국기계연구원 자동화연구부, 책임연구원, Tel. 042-868-7116, Fax. 042-868-7180, Email jkpark@kimm.re.kr, 공작기계 시스템의 고속화 및 지능화기술 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있으며, 산업자원부의 중기거점과체인 "고속지능형 가공시스템의 개발"과제에 총괄책임을 맡고 있다.

** 한국기계연구원 자동화연구부, 선임연구원, Tel. 042-868-7178, Email song@kimm.re.kr 공작기계 시스템의 위치결정 설계기술과 정밀측정기술에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

의 제창」이라는 통일된 테마로 사상최대 규모의 신기술들을 선보였고, IMTS2000에서는 일명 「The Buying Show」라고 불리어지듯이 실용화된 제품을 위주로 전시한 것을 주요 특색으로 하였다.

Table 1 IMTS/JIMTOF/EMO Overview

구 분	EMO (99년 하노바)	IMTS (2000년 시카고)	JIMTOF (96년 동경)	JIMTOF (98년 오사카)	JIMTOF (2000년 동경)
전시장 면적	120,602 ㎡	130,063 ㎡	80,660 ㎡	76,000 ㎡	80,660 ㎡
참가국	42개국	40개국	25개국	19개국	24개국
출품 업체	1,578사	1,354사	565사	753사	509사
부스	-	-	4,958	4,769	5,012
입장객 명	152,000	130,000	131,347	103,435	100,000

참고로 EMO는 유럽 공작기계 생산국 연합(CECIMO)이 주관하여 격년제로 매 홀수 해에 유럽의 주요도시(파리, 밀라노, 하노바)에서 번갈아 개최되는 전시회로서 금년도 9월 중순경에 EMO Hannover 2001 이라는 제목아래 독일에서 개최될 것이며, 신기술, 신경향 제품들이 경쟁적으로 대거 선 보일 예정으로 있다.

2.2 공작기계산업의 신기술 동향

공작기계에 대한 사용자 요구는 고속 고정도, 고능률화와 에너지절약 및 환경대응화에 있다할 것이며, 21세기에 진입하는 공작기계 기술은 차세대 신진 전력산업분야에도 유연성을 갖는 기술이라야 할 것이다. 이를 위해 현재 공작기계산업에서 진행되고 있는 주요 핵심 기술동향은 다음과 같다.^{[1],[2]}

2.2.1 정보통신 기술과의 융합화 기술

종래의 제조기술(MT: Manufacturing Technology)에 정보기술(IT: Information Technology)을 결합할 수 있도록 한 것은 반도체기술의 진보에 따른 NC 기술의 역할이 크다. 21세기 정보화사회에서의 제품생산에는 네트워크기술에 의한 부품조달과 생산 및 애프터서비스가 사용자 위주로 이루어지므로 네트워크 대응형 공작기계의 개발이 보편화 될 것이며, 여기에는 인터넷 기반 원격 이력정보의 감시 및 제어기술이 주된 역할을 하게 되고, 또한 설계의 효

율을 높이기 위한 대응으로서 3차원 CAD 활용에 따른 리드타임의 단축과 CAM 데이터를 직접 NC 화면상에 불러와 사무실과 원격지의 공장이라 할지라도 가공정보의 상호교환이 가능하여 생산의 효율을 높일 수 있도록 하고 있다. 참고로 Fig.1은 일본도요다 工機가 2001년4월부터 공작기계의 부품조달을 인터넷처리로 전환하여 종래 1주일이상 소요되던 방식을 1~2일로 단축시키겠다는 프로세스를 보인 것이며, Fig.2는 일본의 시티즌계에서 독자의 서비스 사이트 「Alkarnet」를 통해 네트워크 대응 자동선반(NMT : New Manufacturing Technology)으로 트러블 대응 서비스를 제공하는 기술을 나타낸 것으로서 이 회사는 이미 네트워크 단말기로서의 기능을 수행하는 NMT를 약 700대나 일본내에 판매한 실적을 갖고 있다.

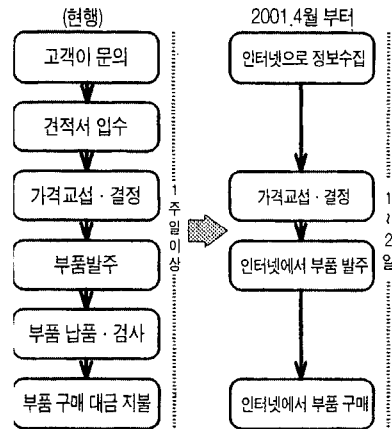


Fig. 1 Components supply process(Toyoda)

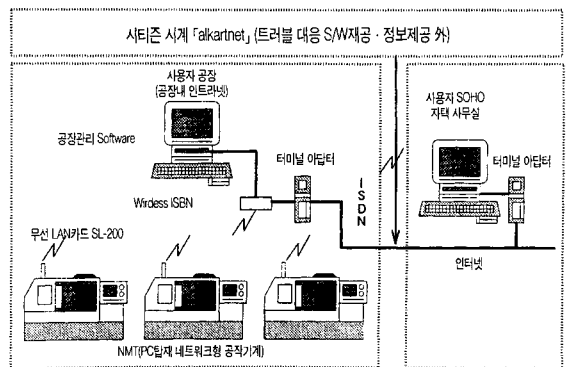


Fig. 2 NMT maintenance & supporting system (alkarnet+FA SOHO package)

이밖에 일본의 오쿠마는 IT를 활용한 제조시스템의 기본모델 Net Factory 「IT Plaza」를 개발하고 있으며 이는 인트라넷 대응의 CNC장치 「OSP-E100」을 주축으로 CAD/CAM S/W와 공정관리 S/W 및 속련기능 DB 등으로 구성된 모델을 상업화 할 예정으로 있는 등 네트워크를 활용하는 공작기계기술이 본격적으로 전개되는 상황에 있다.

2.2.2 고속화 기술

공작기계에서 고속화 기술의 대표적 적용분야는 주축과 이송계 및 분할장치와 위치결정 장치이다. 금형가공용 머시닝센터의 고속화는 Darmstadt (60,000rpm), Matsuura(60,000rpm), Mikron(42,000rpm), Roders(42,000rpm), DeckelMaho (30,000rpm) 등에서 발표한 바가 있으며, 현재는 주축속도 40,000~60,000rpm을 보편화시키면서 10만rpm까지 개발하는 단계에 있고, 국내에도 Mikron, Roders 제품이 다수 수입되어 활용되고 있다. 이들에서 사용된 주요기술은 고속화와 고강성화 관점에서 베어링설계에 극미량의 윤활법 채용 및 관성부하를 감소시키는 구조설계와 구조재료의 선택기술 등을 주요 설계인자로서 생각할 수 있으며, 특히 고속주축으로는 비중이 낮은 세라믹베어링과 공기 및 자기베어링 주축이 활용되고 여기서 자기베어링 주축은 고속화와 능동제어 할 수 있는 장점 때문에 최근 고속용 주축기술로 활용하기 시작하는 단계에 있다.

고속가공기술에서 공구 날끝의 전단각 증가는 절삭칩 두께의 감소를 가져오게 되며, 이에 의해 나타나는 가공메카니즘의 여러 현상들은 Fig. 3과 같이 매우 중요한 의미를 가져다주기 때문에 날로 고속가공기술에 대한 관심들이 높아지고 있다. 고속주축의 한계는 베어링과 축계의 원심력에 의한 파괴로 결정되며 현재까지의 주축고속화는 최고 회전수, 강성, 부하능력, 회전정도 등의 기본적 특성 이외에 가감속 시간, 진동 및 밸런스, 마찰에너지 손실, 윤활유 배출과 환경오염 등에 관한 안정성, 코스트 등이 고려되어야 한다.

또한 이송계에서의 고속화는 일본의 야마자키에서 볼스크류(직경 40mm, 리드30mm)를 이용한 이송속도 90m/min, 가속도 1.5G를 실현하기도 하였으나 무엇보다도 리니어모타의 역할이 지대하며 97년도 EMO에서 많은 기계에 채용한 이래 현재 각국에서 적용시키는 사례가 증가하고 있다. 이는 종래의 구동방식인 서보모터와 볼스크류 등을 생략한 것으로 관성부하를 감소시킬 수 있어 이송테이블의 고속화를 가능하게 하여 향후 고속화에 기대되는 기술이라 할 수 있고, 현재 일본의 도요다工機, 오쿠마 등에서 이송속도 120m/min, 가속도 2G를 초과하는 머시닝센터를 발표하는 상황에 있기도 하다. 참고로 Table 2는 IMTS2000에서 전시되었던 고속용 머시닝센터를 대표적으로 소개한다.

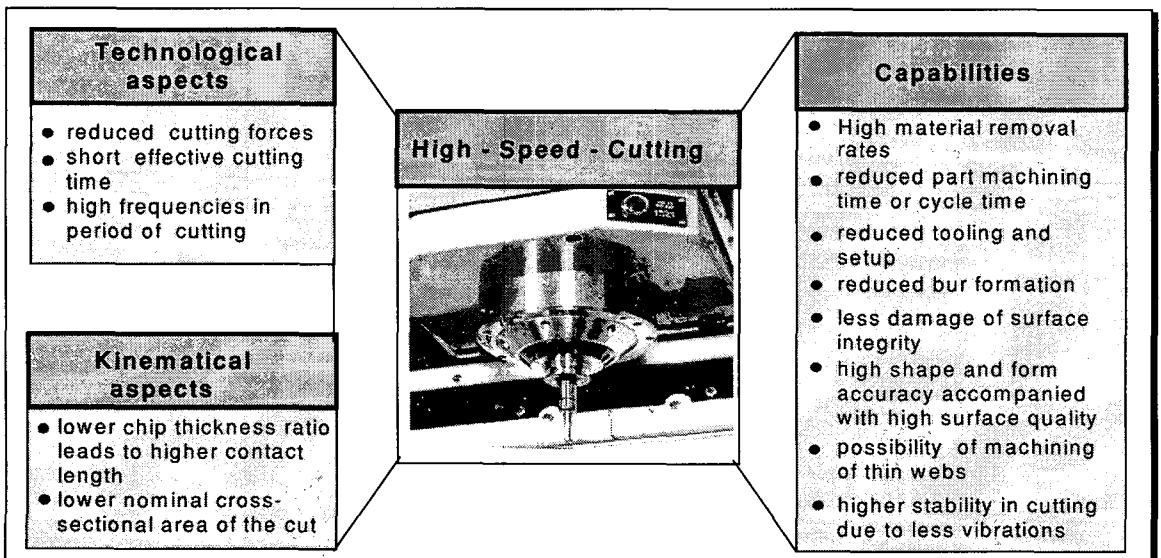


Fig. 3 Conditions and Advantages of High Speed Machining

Table 2 High speed machining center in IMTS2000

업체명	모델명	형식	주축속도 (rpm)	주축모터 (KW)	급이송 (m/min)	가속도 (G)
MAZAK	HYPERSONIC 1400L	분형 MCT	18,000	/37	120	0.7
MORI SEIKI	HVM 630	H-MCT	20,000	45/56	80	XY:1.0 Z:1.5
MATSU URA	LX-1	V-MCT	60,000 (100,000)	3.0 /4.5	90	1.5
CINCIN NATI	HYPER MACH	5축 가공기	40,000	/22	100	2.0
D.M.G	DMC 65V	V-MCT	18,000 (30,000)	10/15	60	1.0

2.2.3 다기능 복합화 기술

생산공정의 합리화 요구가 증대되면서 다기능 복합화 된 공작기계기술이 필요해지고 있다. 여기서 다기능화란 동일 기계에서 가공법을 변화시키지 않고 머시닝센터에서와 같이 밀링, 드릴링, 보링, 텀핑 등 공구를 교환하면서 다양한 가공을 할 수 있는 것을 의미하고, 복합화란 가공법을 변화시켜 이종가공을 가능하게 하는 것으로서 본질적으로 가공원리가 다른 절삭가공과 연삭가공 및 열처리 등을 복수로 조합하여 동일 기계에서 할 수 있도록 하는 것이다. 그러므로 복합가공은 하나의 가공공간내에서 여러 가지 다른 종류의 가공공정들을 동시에 또는 시계열적으로 실현하는 것이라고 정의할 수 있으며, 다기능·복합화가 되면 Fig. 4에서 보는 바와 같이 기계의 점유 장소가 줄어져 **Space**화가 가능해지고 이는 **Energy**화는 물론 **Cost** 저감과 생산성 향상에도 직결시킬 수 있다는 장점을 갖게 된다.

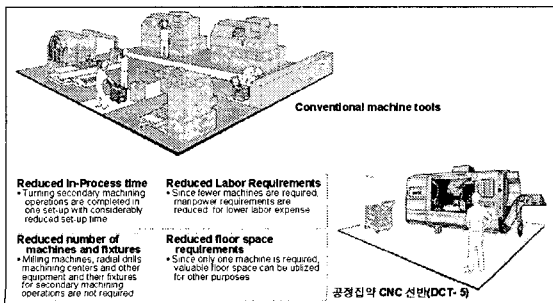


Fig. 4 Multiple process CNC turning center

다기능 가공기의 전형적인 모델은 머시닝센터이며 연삭기능을 부가하여 복합화로 발전시키는 것 보다는 고속화와 네트워크로 발전시키는 경향이 높고, 반면에 다기능 복합화는 터닝센터에 적용시키는 경향이 높다. 터닝센터는 선반을 기본으로 하는 가공기로서 선삭 공구에 밀링계통 회전공구를 부가하여 구멍 및 평면가공이 가능하도록 한 것으로서 최근에는 Fig. 5와 같이 이송계 및 주축유니트의 운동이 높은 자유도를 갖도록 다축화 하여 공작물을 자동으로 Loading/Unloading하면서 다양한 가공이 추구되도록 구성하고 있고, 또한 전혀 다른 가공원리에 근거하여 하드터닝을 실시한 후 연삭가공까지 하거나 레이저열처리 장치를 부가하여 가공 후 열처리까지 할 수 있도록 하고도 있다. 그러나 구조적으로 볼 때 다기능·복합화라는 기계구성은 가공의 종류에 따른 가공력 방향의 복잡화로 진동, 열 발생 등에 취약하고 다축제어로 이루어지는 공구와 공작물 사이의 충돌과 간섭으로부터 안정화시키는 설계기술이 필요하며, 특히 고도의 이용기술을 높이기 위해서는 3차원 CAM 소프트웨어의 성능이

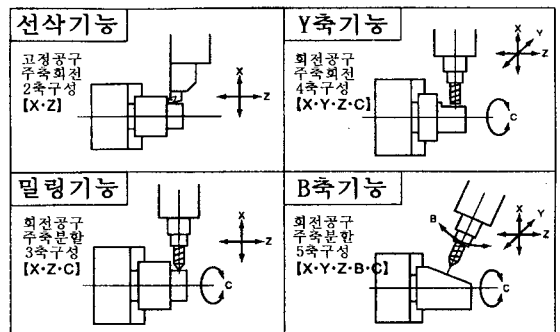


Fig. 5 Multi-function machining in CNC lathe

중요하다고 할 수 있다. 즉 가공형상에 따라 공구, 치구 등에서 발생하는 간섭과 충돌을 회피하는 공구경로 데이터(CL데이터)를 오프라인 생성할 수 있는 메인프로세서의 개발과 CAD 데이터에서 얻어진 CL 데이터를 복합가공기 구조에 적합한 NC데이터로 변환하는 프로세서의 개발은 중요하다.

따라서 머시닝센터와 터닝센터에서 다기능·복합화로 발전되어 가는 추이와 IMTS2000에서 출품된 복합가공기의 현황을 각각 Fig. 6과 Table 3에 나타낸다.

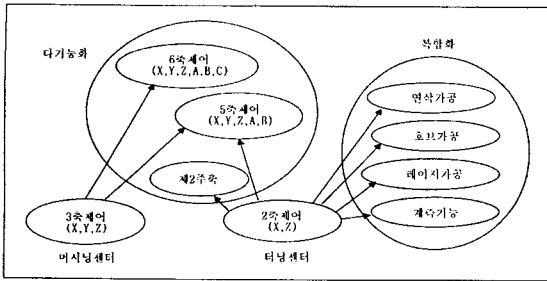


Fig. 6 Multi-function technique in machine tools

Table 3 Multi-function machine tool in IMTS2000

업체명	모델명
MAZAK	INTEGREX 100SY/100Y-GL/200SY/ 300Y/400SY/50YB
MORI SEIKI	MT 2000SY/3000Y/4000Y
OKUMA	MacTurn 30-1SC/50-2SC
HITACHI	Super HiCell 250/400
D.M.G	TWIN500

2.2.4 환경대응화 기술

20세기의 대량생산, 대량소비의 시대는 지나고 21세기는 환경을 우선하는 가치관 시대로 바뀌고 있다. 여기서 공작기계는 생산활동의 중심으로서 수행해온 역할은 매우 크고 앞으로도 필수적인 존재임으로 환경을 중시하는 시대에는 이에 맞는 방향으로 변모되어야 한다. 일본의 경우를 보면 신 Energy산업융합개발기구(NEDO)에서 환경과 에너지에 관련한 연구조성을 적극적으로 실시하고 있으며, 최근에는 공작기계나 산업기계를 대상으로 다음과 같은 기술개발 프로젝트를 모집하여 수행하고 있다.

(a) 에너지 사용 합리화를 위한 공작기계 기술 개발

(b) 대기시 소비전력 삭감기술 개발

여기서 (a)의 경우 「공작기계는 생산활동의 중핵적인 설비로서 에너지 절약하나 환경부하 저감을 도모한다면 에너지의 유효이용이나 CO₂ 등의 유해가스 배출삭감 효과가 클 것」이라는 관점에서 평성11년과 12년도에 걸쳐 연구과제를 공모하여 11과제를 채택하였고, (b)의 경우는 「가전제품에서

소비전력의 약10%는 대기시 소비전력이고 일반 산업기계나 사무용기계에서도 마찬가지로 대기시 전력이 소비되고 있으므로 이들 소비전력을 삭감하는 문제는 민생 산업부문에 있어서 에너지 절약을 추진하는데 긴급한 과제」라 하여 역시 평성11년도에 연구과제를 공모해 4과제 중 1과제를 공작기계 분야로서 森精機製作所の 제안 과제를 채택하였다.

Table 4 NEDO projects concerned with machine tools

년도	경우	연구 과제	제안자
평성 11년	(a)	1)환경대응형 연삭가공시스템의 연구개발	豊田工機
		2)트랜스퍼머신의 쉘에너지기술의 연구개발	日平道야마
		3)방전가공을 치환한 절삭가공법의 연구개발	東芝機軸
		4)자연현상을 이용 냉각을 셀프 컨트롤하는 쉘에너지 -고정도 선반의 개발	高松機軸工業
		5)절삭가공을 사용한 드라이가공 기술과 드라이가공용 머시닝센터의 연구개발	엔슈우
		6)에너지-CNC 호머머신의 연구개발	가시후지
		7)유압레스 공작기계 연구개발	오오쿠마
	(b)	8)공작기계에 관련한 대기시 소비 전력 삭감기술 연구개발	森精機製作所
평성 12년	(a)	9)에너지회화 및 실용화를 실현한 리니어모터 시스템 개발	오오쿠마
		10)수용성 윤활유에 관계되는 환경 부하 저감 등 기술개발	日石三菱
		11)드라이 절삭용 내마모·윤활성 피복공구의 개발	三菱머티리얼
		12)비량분무 유막에 의한 가공방법의 연구	大同메탈工業

이와 같이 환경대응 관련 연구에 공작기계 기술 분야가 12과제가 채택되었다는 것은 공작기계분야에도 환경을 중시하는 연구가 필요하다는 것을 알 수 있으며, IMTS2000 및 JIMTOF2000에 출품된 공작기계 현황을 보더라도 이전의 전시회에 출품된 경우보다 환경을 고려한 공작기계가 다수 출품되고 이의 문제를 중요시 다루고 있는 상황을 볼 수 있다. 즉 Fig. 7에서 보듯이 21세기에는 환경을 우선하여 저 환경 부하방식으로 에너지절약 대응의 공작기계가 Emission Free Machining을 추구하고 비약적인 발전을 이룰 것으로 전망되고 있다.

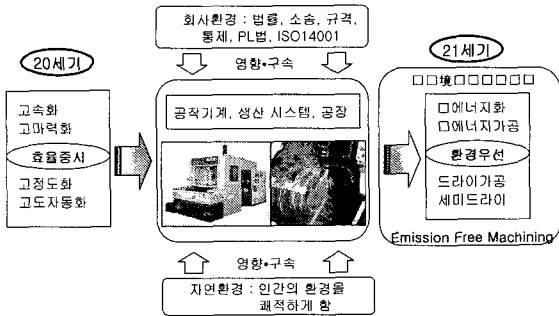


Fig. 7 Emission free machining system in 21th century

2.2.5 기타

21세기에 있어서는 신 전략산업분야에도 대응할 수 있는 공작기계 기술로서 전혀 새롭고 획기적인 개념을 가진 「뉴-컨셉 머신」의 개발이 강하게 요구되고 있다. 현재 뉴-컨셉 머신을 지향하면서 주목하고 있는 내용을 요약정리 하면 Fig. 8과 같다.

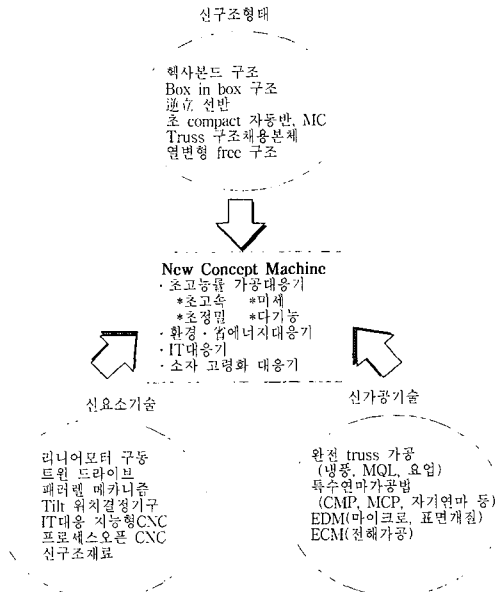


Fig. 8 Development Goal of New concept machine

여기서 개발목표의 하나로서 공작기계의 영원한 주제인 고정도화를 전제로 한 고능률화를 들 수 있겠으나 최근에는 이에 더해 에너지절약 환경대응과 IT융합화가 긴급한 과제로 대두되고 있고, 이들 목표달성을 위해 구조형태, 기계요소, 가공기술 등의 측면에서 연구개발이 이루어지고 있다. 즉 뉴-컨

셉 머신이라고 하면 새로운 구조형태의 기계라고 하는 이미지가 있으나 새로운 요소기술로부터 태어나고 있다는 것도 확인해볼 필요가 있고, 특히 획기적인 뉴-컨셉 머신을 창출하기 위해서는 새로운 가공기술의 개발도 잊어서는 아니 될 것이다.

따라서 Fig. 8에서 나타낸 목표를 다시 혁신적인 개념으로 어떻게 달성할 수 있는가가 금후의 과제가 될 것이며, 그 대상은 금속을 제거하는 가공을 주체로 한 것이 대부분이나 가공법에는 단조, 주조, 소결이라는 성형가공법과 코팅, 래핑, 래피드 타이핑과 같은 부가가공법도 있고, 이 같이 칩을 만들어 내지 않는 가공법도 환경과 에너지 대응이라는 관점에서는 주목될 것으로 보여 이들 가공법과 금속을 제거하는 가공법과를 융합한 뉴-컨셉 머신도 개발해 나갈 필요가 있을 것이다.

3. 결론

오늘날의 공작기계는 컴퓨터에 그려진 세계를 사회적 제약조건이 있는 현실의 세계로 만들어내기 위한 일종의 변환기라고 할 수 있으며, 그러므로 주역인 인간에게 있어 판단이 쉽고, 사용이 용이하게 하도록 하는 것이 기술개발의 주안점이라 할 수 있다. 이에 따라 최근의 공작기계 기술은 (초)고속가공기, (초)정밀 가공기, 다기능·복합화에 더해 환경대응화 및 지능·정보화 대응기로 발전되어 가고 있으며, 특히 기존의 MT기술에 환경대응과 IT기술을 대폭 도입해 가고 있는 것이 주요한 특징이라 할 수 있고, 이에 맞추어 금번 국제공작기계 전시회에서도 나타난 기술적 흐름이라 할 수 있다.

따라서 세계 공작기계생산 약 10위권에 있는 우리나라의 공작기계산업을 볼 때 고부가가치 창출을 위한 기술개발에 역점을 두어야 할 것이며, 특히 공작기계산업이 발전하지 않고서는 그 나라 기계산업의 발전은 물론 첨단산업의 발전도 기대할 수 없다는 것을 인지하고 산학연의 결집은 물론 정부의 지원이 적극적으로 이루어져야 할 때라고 본다.

참고문헌

1. Patricia L. Smith, "Manufacturing technology, takes center stage in Chicago," American MACHINIST, pp. 92-116, Oct. 2000.
2. 第20回日本國際工作機械見本市ガイドブック, 2000.