

국내외 공작기계의 최신 기술동향과 향후 발전방안



박 광 순

산업연구원(KIET) 연구위원

1. 국내 공작기계산업의 기술동향

IMF 외환위기 이후 급격한 구조조정 속에서 어렵게 견뎀을 본 국내 공작기계 업체들은 꾸준한 연구개발을 통해서 기존의 일반적인 가공기술 수준을 한 단계 넘어 세계시장을 겨냥한 첨단제품들을 출품하고 있다.

세계적 공작기계 메이커로 거듭나면서 차세대 기술을 실용화한 머시닝센터를 개발한 대우종합기계(주), 공작기계 종합메이커로서 Line-up을 이루며 자동화, 복합화 등 보다 차별화 된 신제품을 출품한 두산메카텍(주), 소형 금형 가공과 IT부품가공을 타깃으로 고품위 가공성과 반영구적인 무급유 자기윤활 System 및 LAN통신을 적용한 현대자동차(주)의 머시닝센터, 보다 실용적이고 강력해진 금형 가공용 설비를 출시한 화천기계공업(주) 등 국내 공작기계 업체들의 경영전략이 다양해지고 있다.

여기에서는 국내 주요업체들의 기술 및 제품동향을 주요 분야별로 살펴보고 대표품목인 NC 선반과 머시닝센터의 관련 기술동향에 대해서 언급하고자 한다.

1.1 주요 기술분야별 · 업체별 최신 동향

1.1.1 고속화 및 복합화 기술적용

대우종합기계(주)의 수평형 머시닝센터 'FH500'은 차세대 기술인 리니어모터를 적용한 제품으로, 세계 최초의 가감속속도 3G, 급속이송속도 분당 120m (X/Y/Z축), 주축 회전속도 35,000rpm, 주축 선속도 마하 0.6, 그리고 공구교환속도 0.4초를 실현한 초고속가공기로서 차세대 기술을 적용하고 있다.

아울러 점차 다양화되는 부품의 증가로 복합가공이 가능한 제품이 인기를 끌면서 복합기술 개발도 적극적으로 이루어지고 있다. 대우종합기계(주)의 복합형 CNC선반인 'PUMA 2000SY'는 Y축 부가와 서브스핀들을 장착하여 1번의 Setting으로 공작물 양면의 전공정 가공 수행이 가능한 것이 대표적인 예라고 하겠다.

1.1.2 설비자동화 및 가공단축 요구실현

생산성, 신뢰성, 쾌적한 환경을 중요시하는 설비자동화 부문의 요구가 높아지면서 이를 수용한 제품개발도 이루어

지고 있다. 두산메카텍(주)의 수직선반 I330은 저진동의 역전형 수직주축을 장착하여 공작물의 착탈과 가공을 별도의 자동화장치 없이 수행함으로써 공작물의 로딩과 언로딩 시간을 최소화하고 가공시간을 단축하여 생산성을 극대화한 것이 특징이다.

또한 I330은 자동화 라인구성을 용이하게 한 제품으로 권선 절환방식의 주축모터 채용으로 Full Power 영역을 대폭 확장하였으며 강력 Torque를 확보하여 강력 절삭과 고속·고정도 절삭을 동시에 만족시켜 주는 장점도 갖고 있다.

1.1.3 건식 가공기술 및 라인업 기술 강화

습식보다는 건식가공을 선호하는 고객의 요구에 맞게 건식가공의 최적화를 실현한 제품도 출시되고 있다. 화천기계공업(주)에서 출품한 머시닝센터는 초대형 금형가공을 위한 SIRIUS-5를 비롯하여 소형 금형가공과 Graphite가공까지 최적의 금형가공을 위한 제품의 Line-up을 구성하고 있으며, 특히 고속·고정도 기능의 완벽한 수행을 강조한다.

두산메카텍(주)의 Graphite가공기 VMG 65은 국내 유일의 대형 건식전용 가공기로 가공전극의 품질신뢰성을 극대화하여 고품위 가공을 보장하며 X/Y/Z축의 스트로크가 각각 1000mm/650mm/550mm로 최대의 절삭영역을 확보, 대형 공작물에 대한 뛰어난 가공 대응성과 다중 소형 공작물의 동시 Setting을 가능케 하는 등 가공물의 다양화 추세에도 대응할 수 있도록 하고 있다.

1.1.4 IT관련 가공설비 개발

현대자동차(주)의 고성능 수직형 머시닝센터 SPT-VM600은 소형·금형 가공과 고품위 IT부품의 가공을 목적으로 개발되었으며 C-Frame의 넓은 작업공간과 Bridge Type의 고정도, 고강성 구조를 채택함으로써 안정적인 강력 중절삭 실현이 가능하다.

(주)한화/기계가 2년여의 준비기간을 통해 개발 완료한 SL20H+, SL26H+ 및 SL32HP(D)는 2003년을 준비하는 기종으로서 고객지향적이면서 미래지향적인 Concept으로 설계하였다. 특히 인터넷이 가능한 NC장치를 채용함으로써 컴퓨터와 같이 친숙한 환경에서 작업이 가능하도록 하

였고, 또한 원격진단기능(RDS)을 통해 사용자와 제조자간의 의사소통을 원활하게 한 점이 장점이라고 하겠다.

1.2 대표 품목의 기술동향

1.2.1 NC 선반

최근 국내기계의 구성을 보면 제어장치로 NC장치 각 운동부를 이동시키는 서보(Servo) 기구를 부가한 것이다. 베드, 공구대 이외 것의 강성은 NC기의 기능을 만족할 수 있도록 대폭 강화시켰으며, 또한 Compact화시킨 특징도 있다.

NC선반의 주축대는 주축의 고속·고출력화에 대응하여 강성이 강화되었다. 즉 주축대의 고 강성화, 주축의 대경화(大徑化: Power-Chuck 사용), 부하용량이 큰 베어링을 채용하게 되었다. 고속회전에 의해 상당히 발열되기 쉽기 때문에 주축대의 구성과 특별한 베어링의 선택, 배열·사용방법에는 세심한 주의를 요하고 있다.

DC모터 구동은 1965년 중반부터 선반의 주 전동기용으로 사용되어 왔고, 그 이후 AC모터의 가변속 제어기술이 발전하여 Maintenance-Free의 AC모터 채용이 증가하여 현재는 AC모터가 주류로 사용되고 있다.

속도변환은 Non-Stop Change로 이의 변환방식으로는 주축모터와 주축대의 Gear-Shaft의 조합으로 된 것, 기계식 무단 변속기에 의한 것, 재차 주축 회전을 하는 것 등을 NC로 직접 지령을 하거나, 절삭속도를 지령하면 가공경에 대한 회전수로 구동하도록 되어있다. 범용선반에서는 주축의 회전으로 얻었던 이송동력도 NC선반에서는 주축에서 분리되었다. 즉 서보 모터를 컨트롤하여 어떠한 단계에서도 이송이 자동적으로 되게끔 하였다.

NC선반은 공구대가 자동적으로 Clamp, Unclamp 또는 선회, 분할이 되며, 분할방식으로는 전기식, 유압식, CAM식 등이 있지만 반복 위치결정 정도가 필요하기 때문에 분할위치 결정용으로 고정도 분할판이 사용되고 있으며 Cubic Coupling 등이 많이 사용된다. 공구의 교환시간을 가능한 단축하고 공구대의 분할속도를 빠르게, 또한 최적의 절삭속도를 높여 가공 Cost를 낮추기 위해 동시에 다공구화하는 경향도 많아졌다. 예를 들어 4각과 6각의 공구대

를 조합시킨 Multi-Tool Set의 공구대(복수 공구대), 2단 6각 공구대(복합 공구대), 8~12각 공구대 등이 있다. NC 선반의 공구대를 이러한 형태로 분류하면 ①FLAT형 ②DRUM형 ③STAR형 ④CROWN형 ⑤조합형 ⑥COMB형 등 여러 가지가 있다.

이 가운데 COMB형 공구대는 Cross-Slide 위에 고정된 것을 평면적으로 배치한 것으로 선회 분할할 필요가 없기 때문에 Idle-Time이 극히 적다. 또한 CROWN형은 미국의 CINCIINNATI-MILACRON社가 개발한 것으로 일본에서도 일부 이것과 유사한 보석형이라고 하는 공구대도 이전에 개발된 적이 있다.

베드와 관련해서는 최근 절삭 Chip의 처리, 가공물로의 접근성, 공구대로의 접근성, Loading의 용이성 등이 중요한 Point로 되어 베드의 형태가 복잡화되어 가고 있는 실정이다. 특히 NC선반의 고속·고출력 절삭에서는 대량의 Chip이 배출되기 때문에 이의 적절한 처리가 크게 ISSUE화 되고 있다. 이러한 관점에서 보면 최근의 NC선반에서는 Slant형의 베드가 주류를 이루고 있고 이 형태의 NC선반은 절삭 Chip 낙하가 용이하고 또한 공구가 가공물의 위 방향에 위치하는 관계상 공구로의 Chip 말림 현상이 적다. 또한 떨어진 Chip을 기계 외부로 운반하는 Chip-Conveyor와 Chip 비산방지 Cover 등을 갖추기 쉽다는 등 여러 가지의 이점이 있다. 이것 외에 사용하기 쉽다고 하는 FLAT형은 Chip-Blow를 양호하게 하는 연구가 이루어져 베드 형상은 다양화된 경향이 강하다.

NC선반 본체의 고 강성화, 고속·고 정밀화의 진전과 병행하여 자동화가 진행되고 있는데 선반의 자동화를 지원 하는 주변기기는 다음과 같다.

1) 피가공물의 반송, 착·탈 자동화를 위한 기기(機器)

피가공물의 반송, 착·탈 자동화에는 Auto-Loader와 BAR-Feeder, Handling Robot, Conveyor가 사용되고 있다. 피가공물의 형상이 변한다거나 이의 범위가 넓은 경우는 Robot와 Flat Conveyor를 조합 이용하고 있다. 또한 최근에는 고속성과 소형화(소요면적 최소화)를 겸비한 Gantry Type의 Auto-Loader 사용이 증가하고 있는 상황이다.

2) Setting 작업 자동화를 위한 기기

Setting 작업 자동화는 여러 종류의 피가공물의 Chucking, 공구의 교환 및 공급, 공구 Set-Up 치수의 보정, Tail-Stock의 이동 등이 있다. 먼저 Chucking 장치는 유압 또는 공압에 의해 작동하는 Power-Chuck, BAR가 공용 Collect-Chuck이 있지만, 이것은 직경치의 자동 변경이 불가능하다.

Chuck의 Jaw를 동시에 교환하여 여러 종류의 피가공물의 Chucking을 자동화하는 자동 Jaw 교환장치(AJC : Auto Jaw Changer)가 개발되어 있으며, 공구교환 공정에서는 NC선반에는 통상 12벌 정도의 공구를 영구 장착할 수 있는 터렛 공구대가 장착되어 있다. 그러나 피가공물의 종류가 많고 장시간 운전할 경우에는 공구의 추가 또는 마모공구의 교환이 필요하게 되어 ATC(Auto Tool Changer)가 사용된다.

3) 계속 보정용 기기

Tool-Post에 Touch-Sensor를 달아 NC 지령으로 피가공물의 필요부분의 치수를 계속하여 목표치와의 차이를 자동 보정하여 다음 가공시의 가공 치수를 수정하도록 하고 있다.

4) 감시용 기기

무인운전에서는 Trouble을 방지하거나 대처하기 위해 운전상황을 감시하며, 감시항목에는 ㉠주축 모터, 이송용 모터 등의 전류치 검출 ㉡Chip-Conveyor용 모터 전류치 검출 ㉢유압 Tank의 압력 Check ㉣가공Cycle-Time의 Check 등이 있다.

5) 절삭 Chip 처리장치

절삭 Chip과 절삭유의 처리를 원활히 하기 위해 Slant-Bed 구조로 하며 기계 외측으로의 배출을 위해 Chip-Conveyor를 사용한다. 절삭 Chip과 절삭유의 분리는 Chip-Conveyor에서도 어느 정도 가능하지만 통상은 분리기를 사용하는 실정이다.

1.2.2 머시닝센터

머시닝센터는 최근 Needs의 다양화에 대응하여 기존의 범위가 다양화되어 있고 전반적으로 고속, 고정도화가 두드러지고 있다.

고속화를 이송속도 면에서 본다면 현재는 30~40m/min이 일반적이거나 최대 120~200m/min까지도 개발되어 있고, 고정도화에서는 NC장치의 64bit화와 고분해 능력화(최소 설정단위가 0.001mm에서 0.0001mm로), 열변위의 자동 보정기능 장치, Feed Forward 제어, Look Ahead 기능을 채용하고 있다.

최근에는 Tilting Head의 눈부신 발달로 수평과 수직작업이 한 장비에서 가능토록 한 5축 가공기도 확산되고 있으며 Table이 Swivel 되는 Trunion 형태로 프로펠러 등 임펠러 가공이 가능토록 한 장비도 다양한 형태로 출시되고 있으나 아직 시장의 미성숙과 기술력의 미비로 국내에서는 개발이 초기단계에 있다.

머시닝센터는 ATC(Automatic Tool Changer : 자동 공구 교환 장치), APC(Automatic Pallet Changer), Base, Column, 주축 Head, 이송계(볼스크류& L/M Guide), 테이블 또는 분할기구, Controller로 구성되어 있다.

APC는 비절삭 시간을 단축시키기 위해 기계내부에서 가공이 진행되는 동안 기계 외부의 Pallet에 공작물을 Setting하고 가공이 완료되면 자동으로 Pallet를 교환시켜 기계의 가동률을 향상시키기 위한 머시닝센터의 부가 장치로서 Pallet수량에 따라 2 Pallets APC, 6 Pallets APC, Multi Pallet가 장착되고 있다.

주축 Head는 공구를 회전시키는 주축을 갖춘 부분으로서 머시닝센터에서 매우 중요한 Unit이다. 주축에는 AC-Servo Motor를 탑재하는 것이 일반화되어 있고 고속 기계에서는 주축과 Loader가 일체화된 Built-In Motor 채용이 증가하고 있으며, 최근 고속화 Needs의 추세에 따라 주축 NT테이퍼 기준 30번의 경우 10만rpm, 주축 NT테이퍼 기준 15번의 경우는 15만rpm까지 개발되어 있다.

자동공구 교환 장치(ATC)는 일련의 작업에서 필요로 하는 공구를 Magazine에 수납하고 자동적으로 공구를 교환하고 정확히 주축에 Setting시키는 장치로서, 공구를 교환하는 방식은 Arm의 취부 방식에 따라 Twin Arm식과

Armless Type이 있다. 공구 선택방식은 Sequential 방식(공구를 공정순으로 수납하게 하여 순서별로 공구를 호출하는 방식)과 근거리 Random방식(공구 수납 순과는 무관하게 임의의 공구를 최대로 단시간내 호출할 수 있도록 하는 방식) 2가지가 있는데 최근에는 근거리 Random방식이 주류를 이루고 있다.

이송계는 서보모터에 의한 회전운동을 볼스크류를 통하여 직선운동으로 바꾸어 칼럼이나 테이블 등 이동체를 움직여 주는 역할을 한다. 이동체는 안내면을 따라 이송하는데 안내면은 칼럼이나 베이스에 직접 가공된 박스형(Square Guide)과 고속 정밀이송을 위하여 마찰계수를 극소화한 Linear Motion Guide로 나누어진다. 또한 최근에는 고속이송을 위하여 자기장을 이용한 Linear Motor를 활용한 이송계 활용이 늘고 있다.

2. 해외 공작기계산업의 기술동향

2.1 최적 제원으로 최적의 기능 추구

최근 국제공작기계 전시회에 출품된 CNC 공작기계의 기술동향 가운데 「최적화」기술이 새롭게 등장하고 있다. 소위 말하는 “뉴 컨셉 머신”이다. 가격을 억제하면서 성능(사양)을 향상시킨 「하이 코스트 퍼포먼스(HCP) 제품」의 개발이 활발히 이루어지고 있다.

HCP 제품은 종래 상품보다도 성능을 향상시키는 한편, 가격은 어느 정도 싸게 함으로써 사용자의 부담을 덜어주도록 하는 것이다.

HCP 제품을 상품화함에 있어서 고도의 모의실험 기술이나 설계병행생산(Concurrent Engineering)을 구사하는 등의 설계·생산에 혁신적인 방법을 채택, 개발에서 시장투입까지의 기간 단축 실현도 최근의 두드러진 동향 가운데 하나이다. 이러한 발상에 근거하여 개발된 제품로서는 모리세이키(森精機)제작소의 수직·수평형 MC 「NV5000/NH5000」, 야마자키마작의 수직·수평형 MC 「NEXUS 씨리즈」, OKK의 수직형MC 「VP400/600」 등을 들 수 있다.

그리고 이런 제품의 성공적인 개발에는 주변 기술력의 획기적인 뒷받침이 전제되어 있다. 예를 들면 서보모터, 무윤활유 스피들, 베어링, CNC 장치의 성능향상 등의 기술 발전 정도가 바로 그것이다. 서보모터에서는 ① 소형·박형화, ② 고속화, ③ 저소음화, ④ 저소비전력화, ⑤ 하이파워(고마력), ⑥ 고가감속(가동시와 정지시의 빠르기) 등의 진전이 현저하다.

2.2 리니어모터 적용 기술 확대

오늘날 생산효율을 높이는 수단으로서 주목되는 것이 리니어모터 등을 이용한 기계동작의 고속성 추구하고 기능을 복합화 한 설비에 의한 공정집약일 것이다.

이 가운데 고효율 절삭과 비절삭 시간의 극소화를 위해 가공기의 각 이송축에 리니어모터 구동을 채용한 제품이 확대되고 있다. 모리세이키제작소, 야마자키마자, 오쿠마, 도요타(豊田)공기, 소딕, 미즈이세이키(三井精機)공업, 마츠우라(松浦)기계제작소, 후지코시(不二越) 등 지금까지 리니어모터 탑재기를 시판하고 있는 메이커에 추가하여 엔슈의 수평형MC「X107」, 미야노의 미세가공용 NC선반「BM-170P」, 로쿠로쿠(碌碌)산업의 소형 미세가공기「NANO-21」등에 추가로 리니어모터가 적용되면서 본격적인 실용기에 접어들고 있다.

2.3 제품의 복합화

한편, 복합가공기는 여러 대의 가공기에 갖추어져 있던 기능을 한 대의 가공기에 포함한 것으로 피가공물을 한번 셋팅하여 복수의 공정을 연속해서 마칠 수 있기 때문에 생산의 효율화는 물론 고정도의 유지 및 공간 효율화 등 효과가 큰 장점이 있다. 복합화에는 이종공정의 집약과 서로 다른 가공법의 통합이 있는데 MC나 NC선반, 연삭기 등에 있어서 다축화, 다두화의 흐름은 전자에 대응한 것이고, 레이저가공과 터렛핑칭가공의 복합이나 플라즈마가공 및 워터젯 가공의 병행탑재 등은 후자의 예라고 하겠다.

MC, 터닝센터와 함께 4축, 5축제어 이상의 다축화도 두드러진 특징이다. 특히 터닝계에서는 서로 마주보는 2개

의 축이 별도로 움직이면서 복잡한 가공을 수행해내는 제품이 등장하였다. 오쿠마의 2 헤드 터닝센터「MacTurn 350」, 시터즌시계의 2 스피들·3 바이트 CNC 자동선반「M32V」, 나카무라토메(中村留)정밀공업의 2 스피들 선반과 MC기능을 융합시킨 복합 CNC선반「Super NTX(s)」등이 그 예라고 하겠다.

2.4 국제적인 경쟁구조 속에서의 차별화

국제적인 치열한 경쟁구조에서 살아남기 위한 기업들의 차별화 노력도 활발하다. 화낙의「로보나노 U1A」, 소딕의「NANO-100」등은 어느 것이나 최소제어 단위가 1nm의 성능을 갖는다. 나노수준의 고정도가 요구되는 가공에 대응하는「나노머신」이 등장한 것이다. 또한 마키노(牧野)밀링제작소의 마이크로 FF가공기「HYPER-2」는 일반적인 공장온도 환경하에서 1 μ m이하의 가공정도 실현이 가능하도록 하여 차별화를 시도하고 있다.

일본의 엔슈사는 CNC 공작기계의 안전보장지원시스템을 개발하고 있다. 이 시스템은 공작기계의 구동량이나 각 부위의 온도, 진동 등을 원격 감시하여 점검시기나 부품의 교환시기를 알려 주는 것으로 MC의 일부에 표준으로 장착하는 것은 공작기계 메이커로서는 거의 선두 자리를 차지하고 있다.

2.5 실용성을 보다 중시

일본을 중심으로 답보상태에 있는 세계 공작기계시장의 타개책으로 실용화 기술이 보다 중시되고 있다. 즉 생산현장에서 사용되어 이용자에게 일정한 편리성을 제공하는 것이야말로 생산재로서의 본래의 가치를 발휘할 수 있다는 사고가 확대되면서 실용성을 중시하는 방향으로 전체 제품 개발의 흐름이 점차 전환되고 있다.

향후 CNC 관련제품의 개발 프로세스도 신기술개발→시제품 제작→실용성 추구→보급이라고 하는 과정으로 전개될 개연성이 커지고 있다.

3. 향후 발전방안

지금까지 일본 등 선진국과의 경쟁에서는 기술에서 밀리고, 중국을 중심으로 한 후발 개도국들에게는 가격경쟁에서 밀리기 때문에 중간자적인 입장에서 어려움을 해결해 나가야 한다는 주장이 설득력을 얻었다. 그러나 우리의 최대 시장으로 부상한 중국이 기술수준제고를 위해서 적극적으로 노력하고 있기 때문에 기술력 제고는 생존을 위한 선택이 아니라 필수적인 사항이 되고 있다.

핵심 부품 (CNC Controller, Spindle Motor, Ball Screw, Spindle Bearing 등)의 국산화 및 보급확대로 원가인하를 꾸준히 추진하되, 핵심 부품의 국산화를 위해서는 국가적 차원의 지속적인 개발 지원 노력이 필요하다.

제품개발의 목표도 후발 개도국들과는 차이가 있도록 하고 선진국들의 기술추이를 신속하게 파악해서 접근해 가는 자세가 요구된다. 즉 고정밀·고속의 highend 시장에 대해서 일본 등 선진국과 적극적으로 경쟁하려는 노력이 요망된다.

중국 등과의 품질격차를 유지하기 위해서는 부품 업체의 노후 설비 교체 및 기술 수준 향상으로 기계에 사용되는 부품의 품질을 제고시키는 것도 중요하다. 완제품의 품질은 각 개별 부품의 품질이 상당히 좌우하기 때문에 Machine Builder들이 영세한 부품 업체의 자금 지원 및 기술개발에 동참하는 것을 전제로 산업기반기금을 확대 지원하여야 할 것이다.

최근 공작기계는 한층 더 생산성 향상을 지향한 고속가공, 제품정도를 높이기 위한 기계의 정밀도 향상, 나아가서는 복합가공에의 요망이 커지고 있다. 이러한 상황속에서 고속 고정밀도, 나아가서 저 가격을 지향한 제품의 출품과 함께 차세대를 향한 신 제조기술에 좀 더 박차를 가해야 할 것이다.

기술발전 방안을 좀 더 구체적으로 살펴보면, 신산업 대응 공작기계의 발전을 위해서는 ① 초정밀/초미세 기술 ② 초고속/고정밀화 기술 ③ 지능형 유연화 기술 등 주요 3개 분야에 대해서 적극적인 노력이 뒷받침되어야 한다.

먼저 초정밀/초미세 관련기술은 주로 IT, 전자, 광산업

등에 대응하기 위한 기술로서, 기초기술개발을 통한 시장 공략이 필요하며 철저하게 기술을 기초로 하는 marketing전략이 수립되어야 한다. 따라서, 응용기술의 동반개발이 요구되며, 수요자 입장에서의 신제품 대응력도 요구된다고 하겠다. 공구, 금형기술 등 관련 부품과 관련 기술의 동시개발도 필요하며, 기술이 주요 관건인 관계로, 국제 공동연구 등 폭넓은 연구진의 구성도 요구된다고 하겠다.

초고속/고정밀화 기술은, 기존의 공작기계 시장을 기반으로 점진적인 변화를 추구하는 분야로서 역시, 기초기술과 응용기술의 동반개발이 요구되며, 기존시장에서도 고부가가치화를 꾀할 수 있는 분야임을 감안하여야 한다. 동 분야는 중국 등 후발업체를 견제하면서도, 기존시장의 확대를 꾀할 수 있는 가장 유력한 분야라고 하겠다.

지능형 유연화 기술은 IT와의 접목과 공작기계의 다변성을 추구하는 분야로서 e-Manufacturing, e-Factory 등의 효율성을 높일 수 있으므로 상기 과제와 병행해서 개발할 경우에는 더욱 효과적인 분야라고 할 수 있다. 특히, 전자, IT, 산업공학, 기계공학 전문가의 동시참여시 Synergy 효과가 커지는 분야이기 때문에 가능한 기술개발 노력을 적극화하는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- (1) 한국공작기계공업협회, 『월간 공작기계』, 각호
- (2) 산업연구원, 『공작기계산업의 한·중 기술경쟁력 비교연구』, 2002.12
- (3) 일본 뉴스다이제스트사, 『월간 생산재마케팅』, 각호