

<초청논문>

DOI <https://doi.org/10.3795/KSME-C.2017.5.1.063>

ISSN 2288-3991(Online)

[특집: 대한기계학회 70년과 기계산업]

ICT 기반 공작기계 전망[§]

박 홍 석* · 송 준 엽**†

* 울산대학교 기계공학부, ** 한국기계연구원 첨단생산장비연구본부

ICT Based Prospects of Machine Tool

Hong-Seok Park* and Jun-Yeob Song**†

* School of Mechanical Engineering, Ulsan Univ., ** Korea Institute of Machinery & Materials.

(Received March 2, 2016 ; Revised March 30, 2016 ; Accepted March 30, 2016)

Key Words: Evolution of Machine Tool(공작기계 진화), Hybrid Technology(하이브리드 기술), Energy Efficient Machining(에너지 효율적 가공), Cognitive Agent(인지 에이전트), Cyber Physical System(가상 물리적 시스템)

초록: 한국 기계공업에서 공작기계는 예나 지금이나 기계기술발전을 견인하고 있다는 사실을 누구도 부인하지 못한다. 이에 따라 항상 첨단기술을 응용하여 새롭게 변신 하에 왔다. 본 논문은 공작기계의 발전 과정을 소개한 ICT 기술이 어떻게 적용되었는지 기술한다. 이를 위한 어떤 요소기술이 요구되는지를 보여준다. 미래 비전 또한 제시되었다.

Abstract: Nobody deny that Machine Tool has led to the development of mechanical technology as it is known for long time. According to this, it has always been changed newly by applying advanced technology. This paper introduces the evolution history of machine tools and describes how the ICT is applied to develop a new type of machine tool. For that, it has been shown what kind of elementary technologies are required. The future vision has also been concluded in this paper.

1. 공작기계 진화

인류가 유목사회에서 농업을 중심으로 한 정착시대를 맞이하면서부터 생산의 중요성이 점점 크게 부각 되었다. 이를 위해 각종 도구와 장비의 필요성이 대두 되었다. 이런 요구에 의해 벌써 선사 시대부터 도구 및 장비 개발이 시작되었다.(Fig. 1) 동물의 힘에 의한 석기시대의 끝 및 동력 창출은 공구와 장비의 시작 이었다. 이때는 주로 췌기 작용이나 지렛대의 원리 이었다. Leonardo da Vinci's가 목재에 의한 오늘날 선반과 유사한 가공 장비를 소개하였으나 실생활에 크게 응용되지 못하였다. 목재이기 때문에 공정에서 발생 하는 가공력 등에 의해 쉽게 구조가 일그러져 정밀도를 만족시킬 수가 없었다.

최초의 금속을 가공할 수 있는 기계는 1711년 Thomas Newcomen에 의해 고안된 증기장비가 James Watt에 의해 더 진보되었다. 이를 통해 기존 근력에 의해 구동되던 장비가 기계화 되었다. 1774년에 영국인 John Wilkinson이 1765년에 John Smeaton에 의해 소개된 장비를 개량하여 최초의 공작기계라고 불릴 수 있는 실린더 가공용 드릴 장비를 개발하였다. 이 기계로서 James Watt 증기장비의 실린더가 처음으로 당시 수준의 만족할 만한 공차로 가공되었다. 이후 19세기 말까지 각종 표준 공작기계들, 예를 들면 밀링, 보링, 평삭기 등이 개발 되었다.⁽¹⁾

§ 본 논문은 편집위원회의 초빙에 의해 대한기계학회 창립 70주년을 기념하여 발행한 <대한기계학회 70년과 기계산업>에 수록된 내용을 재정리한 논문임.

† Corresponding Author, khg@seoultech.ac.kr

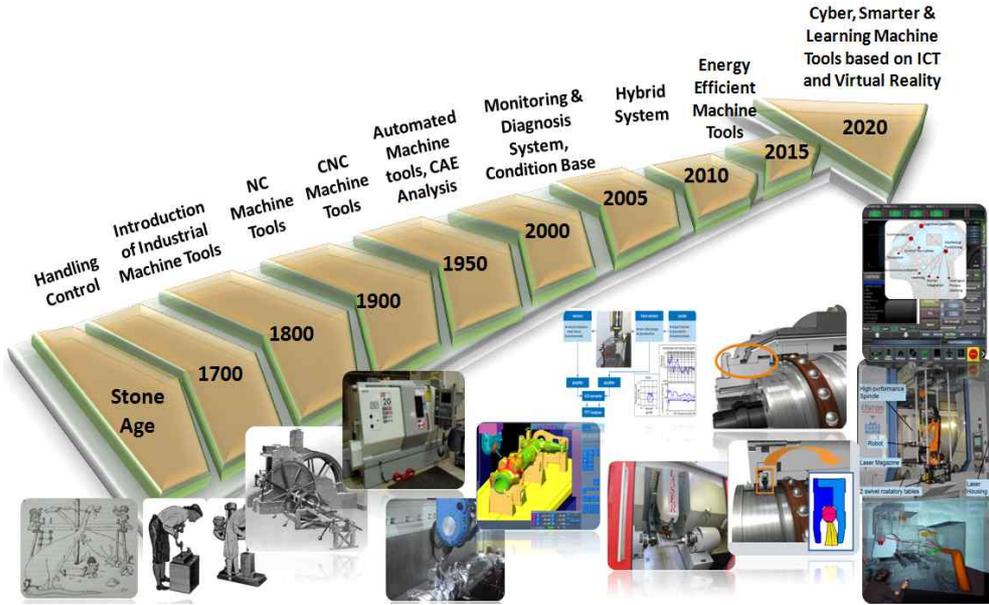


Fig. 1 공작기계의 시대적 발달

1950년 초에 미국에서 처음으로 수치제어 공작기계 (Numerical Controlled Machine Tool)가 개발되었다. 이로 인해 NC 기술 시대가 열리게 되었다. ICT융합기술의 서막이 시작되었다. 천공카드나 마그네트 테이프 등에 의한 디지털 데이터에 의해 공작기계가 제어될 수 있었다. 이로 인해 수동으로 행해지던 이 동계의 제어가 자동화 되었다. NC 기술의 진보에 따라 가공 중 장비의 모니터 위에서 NC-프로그램이 가능한 off-line 환경이 구축되었다. 또한 모니터 상에서 가공 시물레이션을 수행하여 NC-프로그램 오류도 수정 가능하게 되었다. NC 기술에 의해 가능하게 된 자동화의 효율을 향상시키기 위해 각종 H/W 주변 장치들도 평행하게 개발되었다.⁽²⁾ 공작기계의 강성을 향상시키면서 chip의 원활한 배출을 돕는 경사 베드, 공구 자동 교환 장치, 공작물 자동 교환 장치 등이 개발되어 가공시간 단축이 획기적으로 이루어졌다. 아울러 복잡한 형상의 공작물도 한 장비에서 한 번에 가공하게 되었다.⁽³⁾

균일한 품질확보와 자동화된 공정의 안정적인 수행을 위해 진단·감시 시스템이 개발되었다. 각종 센서 기술들의 기반 위에서 공정 및 장비의 현 상태를 빠르게 감지하여 나타낼 수 있는 가공 오류 및 장비 파손을 사전에 방지할 수 있는 대표적인 IT융합기술이라고 할 수 있다.

2000년 들어서서 여러 종류의 신소재들 등장으로 가공 효율성 향상을 위해 다양한 특수 가공기들이 새롭게 개발되고 응용되기 시작 하였다. 높은 동적인 요구사항에 의해 평행 기구학적(Parallel Kinematic) 메카니즘을 가진 공작기계, 세라믹 및 특수 합금강의 효율적인 가공을 위해 Laser 등이 통합된 복합 가공기들(Hybrid machine tools) 이 개발되고 있다.⁽⁴⁾ CO₂ 저감등 환경문제와 고 에너지 비용에 의해 에너지 효율적인 공작기계들(Energy efficient machine tools)의 개발에 열중하고 있다. 각종 작동유들의 사용량 절감 및 마찰 저감을 위한 구동 메카니즘, 에너지 소비 저감 부품들의 사용, 효율적인 운용 전략 등의 관점에서 연구가 이루어지고 있다.⁽⁵⁾

지금까지는 공작기계의 고 정밀화, 고속화, 고 효율화를 추구하는 H/W중심의 장비 성능 향상에 주력한 경향이 강하다. 향후에는 이와 더불어 ICT(Information Communication Technology) 및 AI(Artificial Intelligence) 기술의 발달로 공작기계의 스마트화가 가속화 될 것이다. 공작기계도 전체 시스템의 네트워크 내에서 스스로 학습하고 판단하는 지능적인 자율 에이전트로 성장할 것이다.

2. ICT기술의 응용

2.1 NC와 제어 기술

1950년 초에 NC기술에 의해 처음으로 수치제어 공작기계(Numerical Controlled Machine Tools)가 탄생되었다. 이로 인해 새로운 도전적인 연구 과제들이 생겨났다.

- 새로운 형태의 이송축 구동 (예를들면 stepper motor)
- 새로운 형태의 테이블 이송 메카니즘
- NC-프로그래밍(다양한 형태의 CAM 시스템들)

이들의 개발을 통해서 두 가지가 가능해졌다. 가공자의 능력에 상관없이 복잡한 형상의 공작물들이 자동으로 가공되게 되었다. 다른 하나는 다품종 소량 생산이 경제적으로 가능해졌다. 이와 더불어 공작물의 가공을 위해 기구학적으로 잘 설계된 공작기계의 각 축들을 수치적으로 주어진 값에 의해 제어할 수 있는 제어기가 요구되었다. 처음에는 기계적인 릴레이(Relay) 등과 같은 HWC(Hard Wired Controls)에서 PLC(Programmable logic Controller) 거쳐 PCS(Process Computer System)로 발전되었다.⁽⁶⁾ 오늘날 PCS의 기능을 확장하여 단순 축 제어를 넘어서 진단·감시, 공정제어, 기계적 및 열적 변형에 의한 오류 보상, 5축 가공에서 spline 보간법에 의한 공구 보정, 공구 충돌 방지, 상위 MES(Manufacturing Execution System)와의 인터페이스 등의 작업들을 수행할 수 있게 되었다.

2.2 하이브리드 및 그린 기술

기존에는 각각 수행되던 물리적인 성격이 다른 다양한 가공방법들을 한 장비 내에서 수행되도록 고안된 기계를 하이브리드 기술을 대표하는 제품이라고 할 수 있다. 하이브리드 장비에 의한 가공공정들의 통합을 통해서 공작물 Set up 시간의 단축, 가공 계획을 위한 비용 및 시간 절감과 가공품 품질 향상을 획기적으로 도모할 수 있다. 또한 현 기술로는 가공하기 어려웠거나 불가능 했던 소재들의 가공도 가능해졌다. 레이저 지원 밀링 장비(Laser assisted Milling), 초음파 지원 연삭 장비와 로봇 통합 레이저 용접 및 밀링 시스템 등은 하이브리드 기술로서 상용화되고 있다. 이들의 구현은 다중 객체들의 충돌방지 및 동기화된 공정 수행을 위한 센서 및 제어 기술, 즉 ICT의 핵심기술의 응용에 의해 이루어졌다.

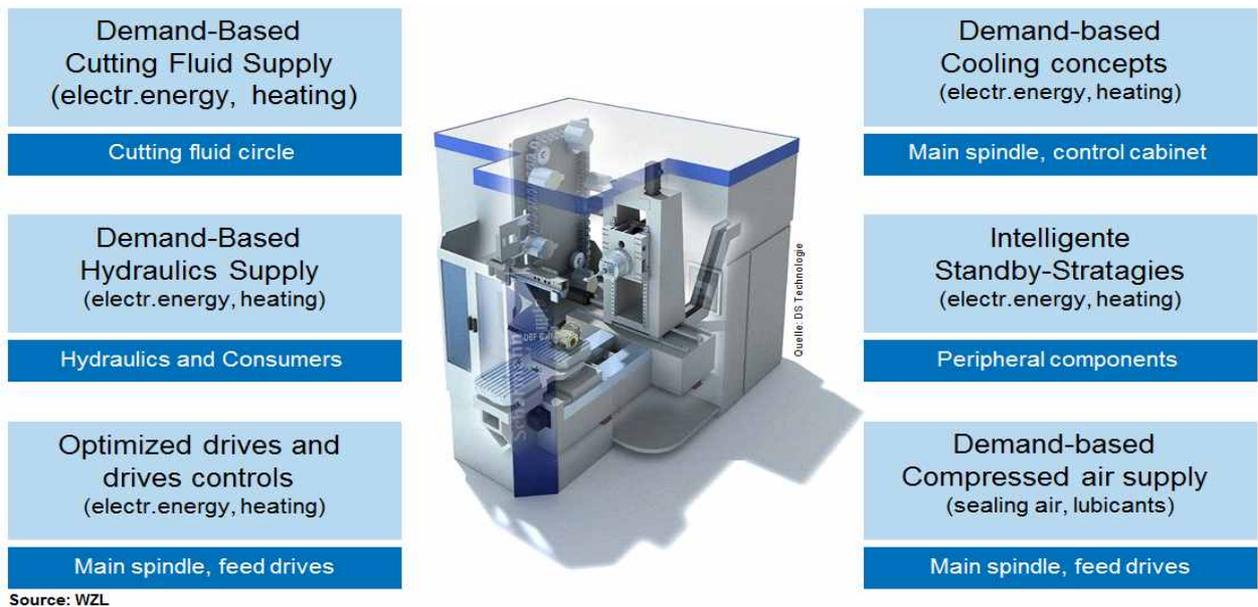


Fig. 2 공작기계 주 에너지 소비원의 에너지 최적화⁽⁷⁾

증가되는 에너지 비용, 자원고갈 및 환경문제 등은 생산현장에서 자원의 효율적 사용에 기술적 및 조직적인 대책을 요구한다. 이에 따라 공작기계에서도 에너지, 절삭유, 장비 가동류, 소재 등의 효율적인 운영을 위한 지속 성장 전략(Sustainable strategy)이 개발되어지고 있다. 절삭공정을 위한 주축 및 이송축 이동, 위치제어를 위한 각종 전자기 장치, 공구 및 공작물 교환, 각종 주변장치들을 위한 운영 매체 공급(유압, 공압, 냉각수, 절삭유)등의 전력 소모량이 공작기계에서 주 에너지 소비원으로 인식 된다. 이들의 에너지 소비 절감을 위해 공작기계의 각 부분에서 최적화가 진행되고 있다(Fig. 2). 이들의 최적화를 위해 각종 H/W들이 개발되고 ICT기술들이 응용되어 진다.

공작기계 각 구성요소들 및 주변장치들이 적정에너지 요구량에서 운전되기 위해서 ICT 관점에서 그들이 연결되고 동기화 되는 운영체제가 개발되고 있다.

2.3 스마트 기술

심하게 변하는 동적인 생산 환경 때문에 굳은 중앙 집중식 시스템은 한계를 드러내고 있다. 이에 따라 현재 조직적 및 기술적 분야에 적용되고 있는 정적인 계획 및 제어 시스템은 분산 환경의 자율적인 시스템으로 대체되어 지고 있다.⁽⁸⁾ 이와 더불어 생산 시스템은 경제적·기술적 및 조직적인 측면의 전체적인 관점에서 합리적인 대안이 생성되어야 한다. 이런 경향에 의해 오늘날 공작기계는 단순히 가공 프로세스만을 수행하는 기계가 아니라 전 생산 공정상에서 계획되고 제어 되어야 하는 시스템 내의 한 구성 요소로 간주된다. 즉, 전 가치 창출 사슬에서 공정, 가공물, 상위 시스템, 다른 장비 및 주변 장치들, 작업자와 상호 작용을 하는 시스템 요소로 간주된다. 이에 따라 공작기계는 기존과 같은 폐쇄회로에 따른 제어를 수행하는 것이 아니라 현 상태를 지속적으로 해석하여 상황에 맞는 목표를 설정하고 그 차이를 자율적으로 보상하는 장비로 진화 되어야 한다. 이 과정에서 공작기계는 학습기능을 갖고 스스로 환경변화에 적응할 수 있는 인지 능력을 갖는 장비로 발전 되고 있다. 상황인지를 위한 스마트 센서, 지능화를 위한 인간사고 프로세스 모델링과 인지 에이전트(Cognitive Agent)화 되어 최적의 결정을 위한 협업 기능 등은 스마트 공작 기계 구현을 위한 ICT 핵심 기술입니다.

3. 전 망

가중 되는 가격 및 혁신 압력과 증가 되는 세계화로 인해 기술 경쟁력 강화가 기업생존의 핵심이슈가 되고 있습니다. 이에 따라 공작기계 산업도 지속성장을 위해 꾸준한 개발에 의해 혁신 제품을 지속적으로 출시해야 합니다.

기존 개발방향을 미루어 볼 때 공구, 공작물, 장비 간의 상호작용을 이해하여 실제 가공공정을 기술할 수 있는 신뢰성 있는 모델이 생성되어질 것이며, 이의 기반 위에서 CPS(Cyber Physical System) 기술의 응용으로 가상공작기계 시스템이 개발되어질 것이다. 이 가상 시스템을 이용하여 가공공정의 시물레이션을 통해 사전 가공 실험 없이 실제 가공품의 품질을 공차 만족도 까지 예측하고, 그 결과의 해석에 의해 품질 안정화를 위한 공정 파라메트들의 최적화를 기하는 시스템이 조만간에 개발 될 것이다. 아울러 지속적으로 고성능 및 고정밀화의 추구를 위해 공작기계 정·동적 해석 및 열 변형 해석에 기반 하여 최적의 구조와 치수를 갖는 공작기계 설계가 끊임없이 진행될 것이다. 공작기계의 가동률 향상과 최적운전을 위한 지능화도 지속적으로 추구되어 센서 및 액추에이터 등 스마트 요소들의 개발로 자율적인 진단·감시와 학습기능 기반 하에서 스스로 불량률 제거하는 시스템이 가까운 장래에 출현될 것이다.

제도가 궁극적으로 가치와 고용창출의 핵심 산업 이므로 이를 책임지는 공작기계는 지속적으로 발전할 것이다. 심해지는 글로벌 경쟁, 신소재 개발 등으로 공작기계의 고도화에 대한 요구는 갈수록 증가할 것이다. 이를 충족시키기 위해서 공작기계는 기존과 같이 고 정밀화, 고속화, 고 효율화와 전체 생산시스템의 핵심요소로서 협업화, 지능화 및 자율화를 지향하며 새롭게 나타나는 기술들의 응용 하에 새로운 개념의 공작기계로 끊임없이 진화할 것이다.

후 기

본 논문은 산업기술평가원의 “ICT 기반 스마트 공작기계 및 유연자동화 시스템 기술 개발” 과제의 부분적인 지원하에 이루어졌다.

참고문헌
(References)

- (1) Manfred weck, 1991, Werkzeugmaschinen-Fertigungssysteme Band1, VDI-Verlag GmbH, Germany
- (2) Mikell P.Groover, 2001, Automation Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing, Prentice Hall, U.S.A
- (3) Hans B. Kief and Helmut A. Roschiwal, 2013, CNC-Handbuch 2013/14, HANSER, Germany
- (4) Fritz Klocke, 2009, Manufacturing Processes 2, Springer-Verlag, Germany
- (5) Fritz Klocke, 2010, ressourceneffiziente produktionstechnik, Apprimus Verlag, Germany
- (6) Walter Eversheim, Tilo Pfeifer, and Manfred Weck, 2006, 100 Jahre Produktionstechnik, Springer-Verlag, Germany
- (7) Christian Brecher, Fritz Klocke, Robert Schmitt and Gunther Schuh, 2014, Integrative Produktion - Industrie 4.0, Shaker Verlag, Germany
- (8) Colette Faucher and Lakhmi C. Jain, 2014, Innovations in Intelligent Machines-4, Springer International, Switzerland