

21세기 기계공학, 어떻게 할 것인가?

이 건 우 | 서울대학교 기계항공공학부, 교수

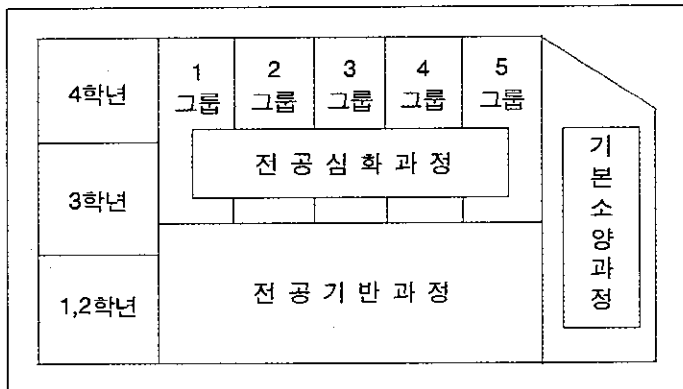
뉴 밀레니엄이란 용어로 시골벽적 하더니 과연 거기에 걸맞게 인류사회는 과거에 비해 훨씬 더 빠른 속도로 변하고 있다. 일반인들도 신문, TV 등 매체를 통해 정보기술(Information Technology), 생명공학, 통신기술 등의 분야에서 현격한 변화가 일어나고 있음을 몸으로 느끼고 있을 정도이다. 일반인에게는 다소 인지가 덜 되고 있지만 기계산업 분야도 21세기 들어서면서 큰 변화를 일으키고 있다. 그 특징을 보자면 기계 제품의 전자화, 정보화, System화, 환경중시경향, 인간 중심화, 초소형화, 또 이들 제품의 설계 및 생산에 있어서 globalization을 들 수 있다. 따라서 21세기를 대비한 기계공학에서의 교육 및 연구방향도 이러한 특징을 반영하여 재정립되어야 할 것이다. 이를 위해서는 현재 기계 관련 교육 및 연구 기관이 처해 있는 상황 및 문제점을 살펴 보고, 이를 해결하기 위한 새로운 교과과정의 도입, 선진 외국 교육 기관의 교과과정 및 연구 분야 분석, 국내 실정에 맞는 연구 분야의 도출, 차세대 주역의 globalization을 위한 교육 등이 검토되어야 할 것이다.

기계 관련 교육 및 연구 기관의 현황

현재 기계 분야에 몸담고 있는 사람들이면 모두 다 위기의식을 느끼고 있다고 하더라도 과장된 표현이 아닐 것이다. 실제로 대학에서는 모집 단위의 광역화로 인해 많은 학생들이 전자, 컴퓨터(Information Technology),

생명공학(Bio Technploxy) 등의 인기 있는 분야에만 몰리고 기계공학을 위시하여 전통적인 공학 분야는 기피하는 현상이 심각하게 일어나고 있다. 대학원 과정은 더 심각하여 심지어 서울대학교 대학원 입시에 이들 관련 학과의 정원이 미달되는 현상까지 일어나고 있다. 한편 기계 관련 국책 연구기관에서도 소위 IT(Information Technology), BT(Bio Technology), NT(Nano Technology), ET(Environmental Technology) 분야의 득세에 연구비가 축소되는 등 연구원의 사기가 많이 저하되어 있는 실정이다. 이는 정부나 대중 매체에서 앞서 열거한 ?T 분야를 집중적으로 드라이브한 영향도 있겠고, 국내 자동차산업 등 기계산업의 위축에도 기인한다고 생각된다. 그러나 필자는 이러한 요인 외에도 상당히 큰 부분은 기계 분야에 종사하는 인력들에게도 그 원인이 있다고 생각한다. 기계 분야에 종사하는 사람들이 전통적으로 보수성이 강해 시대의 흐름에 맞춰 제대로 변신하지 못한 것이 이 지경까지 오게 된 주된 원인이 아닐까 생각한다. 따라서 필자는 다음과 같은 질문을 우리 기계인들에게 던지고 싶다. 왜 IT, BT, NT, ET 등살에 못 견디겠다고 불평만 하는가? 왜 이들 기술을 구현하는데 적극적으로

참여하여 주도적 역할을 수행하지 못하는가? 왜 자신들은 삼·사십 년 전의 기술만으로 무장한 채 아직도 자기들이 가진 기술이 모든 공업의 기본이라고 우기고 있는가? 왜 그 사회가 얼마나 바뀌고 우리가 다루는 제품이 얼마나 바뀌



■ 그림 1 새로운 교과과정의 구조

있는지 돌아보지 않는가? 이제 우리 기계인들은 종건 삼긴 간에 변하지 않고는 생존할 수 없는 상황에 처해 있다. 이는 선택의 문제가 아니며, 단지 어떻게 변신하는 것이 살 길인가를 생각하는 것만이 고려 대상이 될 수 있다. 이 글에서는 문제의 범위를 좁혀 기계공학 교육의 변혁, 연구 방향의 재정립에 대해서만 고민해 보기로 하겠다.

기계공학 교육의 변혁

우선 기계공학 분야에서 학위를 수여하고 있는 국내 대학의 교육에 대해서 생각해 보자. 필자는 이십오륙 년 전에 기계공학을 전공하였고 현재도 서울대학교 기계항공공학부에서 교편을 잡고 있지만 그 교육 내용을 보면 그때나 지금이나 별반 차이가 없다는 것을 솔직히 시인하지 않을 수 없다. 이러한 현상은 비단 서울대학교뿐만 아니라 기계공학 분야의 보수적 특징으로 인해 전 세계 공통 현상이기도 하다. 항상 첨단을 자랑하는 M.I.T.의 경우에도 1995년에 기계공학과와 새 교과과정이 시작되었을 정도다. 그나마 일부 국내 대학교에서 최근 들어 새로운 교과과정을 연구하고 이의 도입을 시도하고 있다는 것은 늦었지만 그래도 다행이라 생각한다. 이 글에서는 1997년에 서울대학교 공과대학 연구

팀에 의해 제안된 교육혁신 방안 중 교과과정 부분을 제안하고자 한다. 새로운 교과과정의 가장 큰 특징은 기존의 단순 계층형 교육체계를 탈피한다는 것이다. 기존의 단순 계층형 교육체계에서는 1학년에 교양과정, 2학년부턴 3학년에 전공필수과목, 4학년에 전공선택과목을 순차적으로 이수하는 반면, 새로운 교육체계에서는 그림 1에서와 같이 1학년부턴 4학년 전 기간에 걸쳐 전공기반과정, 전공심화과정의 순서로 교과과정을 제공하며, 이와 병행해서 기본소양과정을 4년 전체에 걸쳐 선택한다는 것이 큰 차이라 할 수 있다. 이렇게 기본소양과정을 고학년에 선택할 수 있도록 함으로써 자신의 진로에 필요한 지식을 능동적으로 습득할 수 있도록 하는 장점이 있다. 이 기본소양과정에는 기존의 교양과목을 대폭 확대하여 회계학, 경영 등 실용성 있는 과목도 포함된다. 필자의 경험에 의하면 1, 2학년 때의 교양과목이라는 것들이 많은 경우 고등학교에서 배운 것과의 유사하거나 또는 수강생 자신의 motivation 부족으로 인해 대학 들어오자마자 대학 교과목에 회의를 느끼게 한 감이 없지 않다. 새로운 체제에서는 고학년에 학생 자신이 필요에 의해 다양한 과목을 교양과목으로 선택하게 하므로 이런 문제가 최소화되리라 생각된다.

또 하나의 큰 특징은 맞춤형 교과과정을 제공하여 학생들로 하여금 원하는 분야를 심화할 수 있도록 하며,

표 1 표준 교과 과정의 구성

기본 소양 과정	기초과학소양	물리 및 실험 1,2(8), 화학 및 실험 1(4), 화학 및 실험2 또는 생물 및 실험(4), 수학 1,2(6)	22 학점
	인문, 예술, 사회 경제적 접근능력 교양 과목	자유 선택(12)	12 학점
	협동성 및 지도력, 정보처리 및 통신 능력 교양 과목	공학 작문 및 발표(3), 컴퓨터프로그래밍(3), 체육(1)	7 학점
전공 기반 과정	공학일반교양	공업수학 1,2(6), 실험 및 측정(3), 수치해석(3), 창의적 공학설계(3), 공학제도 및 그래픽(3)	218 학점
	전공기초 및 핵심 과정	기계설계(3), 전기전자응용(3), 재료과학(3) 포함, 열역학1(3), 고체역학1(3), 동역학1(3), 유체역학1(3), 열전달1(3), 기계공학실험(3), 기계공학작법 및 실습(4)	31 학점
전공 심화 과정	- 전공심화 과정은 5개 그룹으로 구분함. - 설계 및 제조 프로젝트(3) 포함 각 그룹에서 최소한 1과목 이상 수강. - 즉, 최소한 18학점 이상을 전공심화과정에서 이수		40 학점
총 이수학점			130학점

표 2 전공 심화 과정 그룹별 추천 과목

그룹 구분	추천과목들
제1그룹	기구설계 및 해석(3), 생산시스템(3), 최적설계(3), 창의적 설계(3), CAM(3)
제2그룹	고체역학2(3), 재료강도학(3), 유한요소해석(3), 소성공학(3)
제3그룹	동역학 모델링 및 제어(3), 진동학(3), 자동제어(3), 전기전자 1과목(3), 디지털제어(3), 마이크로프로세서응용(3)
제4그룹	열역학2(3), 공기조화냉동(3), 열시스템 설계(3), 내연기관(3), 연소공학(3)
제5그룹	유체역학2(3), 유체역학 응용(3), 유체기계(3), 열유체공학실험(3), 전산유체역학 및 열전달(3)

과목 평가도 전체 이수 학점 중 일정 범위 이내에서 학생 스스로가 등급 평가뿐 아니라 합격, 불합격 평가만을 선택할 수 있도록 하여 학생들의 과감한 과목선택을 장려한다는 것이다. 맞춤형 교과과정은 점점 개성을 중시하는 요즘 학생들에게 좋은 자극제가 되리라 생각된다. 실제로 요즘같이 빨리 변하는 사회에서 교과과정이 이를 제대로 따라 가기가 힘들 뿐더러 사회의 변화는 젊은 학생들이 항상 먼저 감지하기 때문에 이들로 하여금 본인이 원하는 교과과정을 꾸미도록 하는 것이 효과적이라 할 수 있다. 또한 Self learning이 주요시되는 새로운 교육의 paradigm에도 잘 부응하는 제도라 할 수 있다. 과목평가 방법을 학생들이 선택하도록 할 경우의 장점은 학생들이 실제로 필요에 의해 듣고 싶은 과목이 타 학과 또는 타 대학에서 제공될 경우 학점의 불이익을 염려하지 않고 과감하게 선택할 수 있게 한다는 것이다. 이렇게 되면 과목의 내용이나 교수의 강의 수준은 경쟁력이 없으면서도 단지 전공 과목이라는 이유만으로 수강 학생들을 확보하던 과목들을 도태시키는 효과도 얻을 것이다.

앞에서 열거한 전체적인 취지에 맞춰 기계공학 분야

의 교과과정을 제안해 보겠다. 1999년에 교육부 연구 사업으로 진행된 '연구력 증강을 위한 주요 9 개 분야 교육과정 개발 연구'에 필자도 참여하였는데 여기서 도출한 교과과정을 우선 제시하고 그 후 필자의 개인적 의견을 가미하겠다. 교육부 연구사업에서는 새로운 교과과정을 정하는 데 다음과 같은 기준을 적용하였다.

- 기본 Tool의 충실한 교육
- 프로젝트 과목의 활성화
- 현장위주의 전문 기계 기술 인력 양성
- 설계 능력의 향상
- 회계학, 경영학 등 실용 공학과 관련된 교육
- 다양한 진로에 대비하여 맞춤형 교과과정, 평가 방법의 자율 선택 허용
- Globalization에 대비한 교육
- ABET의 요구 사항 충족

앞의 기준 조건을 고려해서 '연구력 증강을 위한 주요 9 개 분야 교육과정 개발 연구' 보고서에서 제시한 교과과목을 표 1과 2에 예시하였다. 또 표 3에는 과목의 평가방법을 자율적으로 선택하는데 있어 제시된 guide line을 발췌하였다. 이는 하나의 예시일 뿐 각 대학의

표 3 자율 선택 평가 제도의 guide line

구분	내용
평가구분	등급평가 : A, B, C, D, F 자격 평가 : S, U
등급학점 이수조건	전체 130학점 중 등급학점 70학점(예시) 이상
과정별 등급학점 이수조건	전공 기반과정 : 45학점(예시) 이상 기존 소양과정 : 없음(예시) 전공 심화과정 : 18학점(예시) 이상
평점 산정방법	등급학점 만을 대상으로 산정
등급평가 과목 지정	학생 스스로 결정(수시 변경 가능)
평가별 상호관계	자격학점 S는 등급학점 A, B, C에 해당

Departmental Program		Units
Required Departmental Core Subjects	How and Why Machines Work(3-3-3) Mechanics and Materials I(3-2-7)	129
	Mechanics and Materials II(3-2-7) Modeling Dynamics and Control I(4-0-8)	
	Modeling Dynamics and Control II(4-0-5) Thermal-Fluids Engineering I(5-0-7)	
	Thermal-Fluids Engineering II(5-0-7) Design and Manufacturing I(3-4-5)	
	Design and Manufacturing II(3-5-4) Mechanical Engineering Tools(6)	
	Measurement and Instrumentation(12) Differential equations(12)	
Professional Required Subjects	The Product Engineering Process(3-3-6) Project Lab(6)	24
	Independent Study or Thesis(6)	
Professional Elective Subjects	Students are required to take two of the following elective subjects	
	Mechanical Vibrations(3-1-8) Modeling Dynamics and Control III(3-2-4)	24
	Principles of Internet Computing(3-2-7) Information and Probability(12)	
	Heat and Mass Transfer(12) Elements of Mechanical Design(12)	
	Mechatronics(12)	
	Molecular, Cellular, and Tissue Biomechanics(12)	
	The Design and Control of Manufacturing Systems(12)	
	Management in Engineering(12)	
	Finite Element Analysis in Computer Aided Mechanical Design(12)	

특성, 사회의 변화 등에 맞춰 다양한 형태가 가능함을 유의해야 할 것이다. 솔직히 필자는 전공 기반과정의 과목들이 과연 전공필수로 못 박혀 있어야 될 것인가, 전공 심화과정의 5개 그룹이 합당한 것인가 등의 의문

이 있다. 욕심을 내자면 산업체에 설문을 보내 과연 어떤 과목들이 반드시 필수적으로 제공되어야 하는지, 또 전공 심화과정에는 어떠한 새로운 과목이나 인접 분야의 과목이 포함되어야 하는가 등을 수요자 입장에서 정

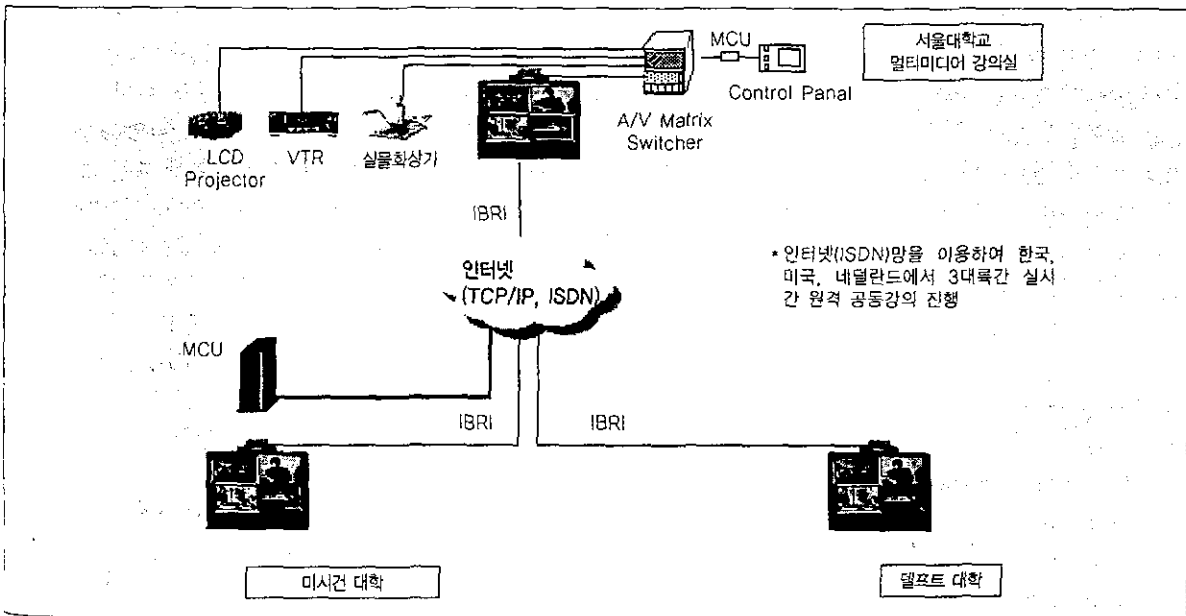
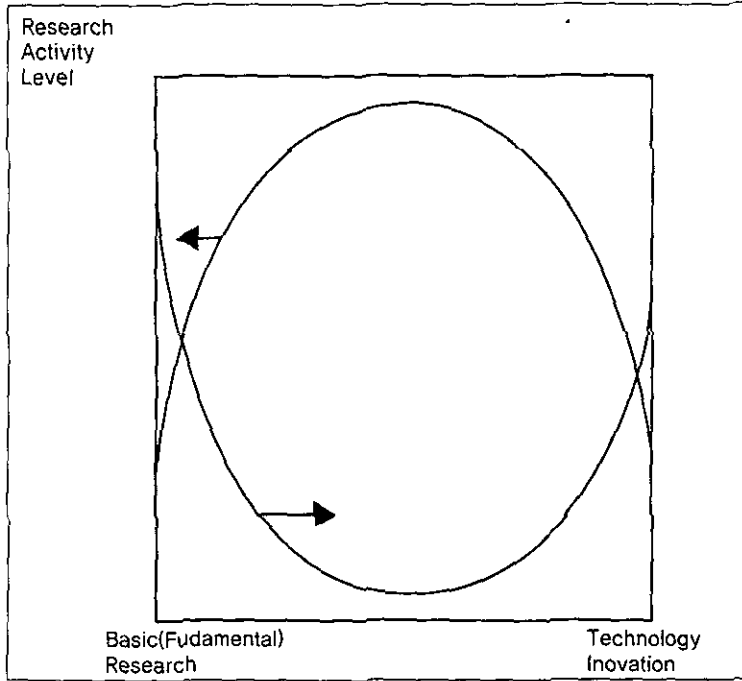


그림 2 국제 공동 강의를 위한 환경

해 보았으면 한다. 그리고 아무 motivation이 없는 상태에서의 기본 역학 과목 교육을 방지하기 위해 이들 과목의 motivation을 줄 설계 과목 등 응용성이 강한 과목들을 과감히 저학년 에 내려보내고 역학 과목을 고학년 에서 수강하도록 하는 것도 제안해 보고 싶다.

참고로 M.I.T. 에서 새로이 적용하고 있는 교과과정을 소개해 보겠



■ 그림 3 연구 종류와 연구 활동의 양

다. 기본 소양과목은 우리와 큰 차이가 없으므로 전공 과목만 살펴보면 표 4와 같다. 그림에서 과목 옆의 숫자는 첫 번째 것이 1주일 동안의 강의시간 수, 두 번째 것이 실습시간 수, 세 번째 것이 집에서 숙제 등으로 사용하는 시간 수로서 이들을 다 합친 것이 그 과목의 unit가 된다. 여기서 주시할 것은 많은 과목들이 실습 시간을 갖고 있다는 것과 우리는 따로 따로 제공하고 있는 과목들을 뭉쳐서 제공하고 있다는 것이다. 이는 각 과목간의 연관성을 강조하고 실제 project를 수행하게 함이다. 어떤 기능을 구현하는 project를 수행하기 위해서는 한 과목에서 가르치는 지식만으로는 부족하고 인접 과목의 지식을 같이 필요로 하기 때문이다. 이렇게 함으로써 motivation이 없는 상태에서의 기본 역학 교육을 방지할 수도 있을 것이다. 또한 기존 교과과정 외에 맞춤 교과 과정도 제공하고 있는데 다음의 분야에 특화된 교과과정이 있다.

- Bio medical engineering
- Pre-medicine
- Large scale systems design
- Technology policy
- Pre-law

• Management and entrepreneurship

• Information and computation

위의 특화 과정을 보면 기계 공학의 벽은 사실상 우리가 마음을 먹기에 따라 얼마든지 허물 수 있음을 알 수 있다.

마지막으로 우리 학생들의 globalization을 위한 한 가지 방법으로 국제 동시 공동 강의를 제안하고자 한다. 서울대학교에서는

2000년 가을 학기에 미국의 University of Michigan, Ann Arbor와 네덜란드의 Delft University와 video conference 장비를 이용하여 'Global Product Realization' 이란 주제로 3 개국 동시 강의를 진행하고 각 나라에서 2 명 씩 6 명이 한 팀이 되어 제품 개발을 Term Project로 수행하는 강의를 진행한 바 있다. 우리 학생들이 처음에는 어색해 하고 잘 참여하지 못했으나, 학기 말 쯤이 되어서는 매우 활발하게 참여하는 것을 보고 우리 학생들이 유학 가서 얻는 것과 비슷한 효과를 얻는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 강의를 여러 개 활성화하면 우리 학생들도 충분히 global 시대의 주역이 될 수 있을 것이다. 그림 2에 국제 공동 강의를 위한 하드웨어 환경을 나타냈는데 많은 대학에서도 입이 되었으면 좋겠다.

기계공학 분야의 연구

다음 연구분야에 대해서는 어떻게 해야 할지 살펴보자. 최근 기계공학뿐만 아니라 자연과학, 공학 모든 분야에서 과학분야 논문인용색인(SCI)에 인용되는 논문 집에 실린 논문수로 연구업적을 평가하는 추세에 따라

실제로 국제 논문의 발표 숫자는 매우 증가했다. 그러나 그 폐단으로 선진국에서 하는 연구를 약간 변형하여 논문만을 위한 논문을 양산해 내는 경향이 나타나고 있다. 이것이 과연 올바른 방향인가를 알기 위해 연구 활동의 pattern을 나타내는 그림 3을 살펴보자. 그림 3은 M.I.T.의 기계공학과 학과장으로 계시는 서남표 교수님이 애용하는 그림으로 세로 축은 연구 활동의 양, 가로축은 연구의 성격, 즉 가장 좌측은 기본적인 기초 연구를 가장 우측은 신제품 개발과 직결된 핵심기술 연구를 나타낸다. 서 교수에 의하면 일류대학은 기초 연구나 핵심 기술 연구 활동이 많아 그래프가 좌우가 높은 형태가 되며, 어정쩡한 대학은 이도 저도 아닌 서로 비슷한 연구를 많이 해서 그래프 가운데가 볼록한 형태가 된다는 것이다. 물론 가운데가 볼록한 형태의 연구 활동은 사회에 주는 파급효과가 작을 것이다. 그런데 불행히도 이러한 형태의 연구활동이 SCI에 인용되는 논문의 수를 훨씬 많게 해 준다는 것이다. 따라서 대부분의 연구 인력이 이러한 형태의 연구 활동에 주력하게 된다. 요즘 우리 연구계가 당면해 있는 문제도 바로 이것이라 할 수 있다.

그럼 실제로 21세기의 기계산업에 대비하기 위해서는 어떤 연구를 수행하여야 할 것인가? 한 마디로 답하자면 산업계에 파급효과를 주는 연구, 특히 한국의 특징을 이용할 수 있는 연구가 수행되어야 할 것이다. 우리나라는 전 세계에서 메모리 반도체 생산국 1위, 국민 1.5 인 당 휴대폰 1 대, 높은 밀도의 거주형태, 심각한 환경오염 등의 특징을 갖고 있다. 이러한 특징과 관련된 연구를 할 때 우리나라에 파급효과가 있는 연구가 될 것이고, 또 세계적으로 인정받을 수 있는 연구결과를 얻을 수 있을 것이다. 우리 기계 인력 중 과연 얼마나 되는 인원이 반도체 장비, 휴대폰의 새로운 재질 및 새로운 제조법, 환경 관련 설비 등에 관련된 연구를 수행하고 있는지, 이들을 주제로 한 연구비를 신청하는지 묻고 싶다. 발상의 전환이 시급한 때이다.

맺음 말

기계 분야가 살아 나기 위해서 몸부림치는 시늉이라도 해야 되겠다는 생각에서 이 글을 쓰게 되었다. 사회의 변화에 따라 가지 못하며 기계공학이 그래도 모든 산업의 근본이라고 우기고 있는 것은, 호미로 손바닥만

한 땅에 농사를 지면서 뭐니 뭐니 해도 자기가 하는 일이 제일 근본이라고 우기는 고집스런 농부와 다를 것이 없다고 본다. 기계 분야에 신선한 젊은이들을 끌어들이기 위해서는 변신만이 유일한 살 길이고, 교과과정이나 연구 분야의 발상의 전환이 필요하다. 우리 모두가, 건설기계, 공작기계, 보일러 말고도 기계공학의 대상 분야는 무궁무진하다는 것을 항상 명심하기를 바라며 이 글을 마친다.

참고 문헌

- ▶ 대한기계학회, “특집 - 미래지향적인 기계공학교육,” 대한기계학회지, 제35권 제2호, 1995년 2월, pp. 107~153.
- ▶ 대한기계학회, “특집 - 기계공학교육의 문제점과 개선책,” 대한기계학회지, 제31권 제2호, 1991년 3월, pp. 147~211.
- ▶ 서울대학교 공과대학, “서울대학교 공과대학의 교육 혁신 - 21세기 산업과 사회의 지도자 육성,” 발행처: 서울대학교 공과대학, 발행인: 이장무, 1997년 12월.
- ▶ 교육부, “연구력 증강을 위한 주요 9개 분야 교육과정 개발연구,” 1999년 6월 30일.
- ▶ 서남표, “Research and Education in Mechanical Engineering: A Perspective View,” 2000년 11월 3일, 대한기계학회 추계학술대회.
- ▶ 서남표, “Role of Research Universities in Industrialized Nations,” 2000년 11월 3일, 서울대학교 공과대학.

기·계·용·어·해·설

공구위치 오프셋(Tool Offset)

제어축에 평행한 방향으로의 공구위치의 보정을 의미한다. 이는 공구가 가공 대상물을 가공하기 위해 회전하면서 동시에 가공물이 세팅되어 있는 가공물의 지지대가 X와 Y로 이동함으로써 공구가 이동중인 가공물에 접촉하면서 발생하는 힘 등의 편차를 보정하기 위함이다. 공구 오프셋은 두 축에 걸치는 경우도 있다.