

# 전문기계류의 고등교육을 위한 공과대학의 역할\*

Werner Soedel

Purdue대학 기계공학부 교수

## 1. 머리 말

공학적 지식이 증대되고 기계류가 더욱 더 정교하여짐에 따라 공학분야 교수들이 새로운 연구와 다양한 기계를 개발하기 위해서는 그들의 지식을 한데 모으고, 설계기술에 기여할 수 있는 전문가를 교육하는 대학내에 공업센터의 설립이 필요하다. 이러한 실례는 세계 도처에서 찾아 볼 수 있는데 여기서는 Purdue 대학 기계공학부의 Ray W. Herrick 실험실의 압축기 연구를 예로 들어 그들의 업적과 문제점들을 살펴 보고, 이를 해결할 수 있는 방법을 강구하기로 한다.

이 글에서는 먼저 전문화의 역사적 변천을 기술하고, 학부교육에 대한 기초교육의 필요성을 추구하고 동시에 대학을 갓 졸업하는 공학도들에게 일급기술을 습득케 하는 데는 산업계의 도움이 절대적으로 필요로 한다는 것을 언급하고자 한다. 그리고 산업에 미치는 대학원 교육의 역할과 연구기관들이 갖는 장점 및 그 기관들이 당면하고 있는 문제들을 기술하고, 연구기관들과 산업계 사이의 유대관계를 갖게 하는 단기이수과정과 학술회의를 논의하기로 한다.

\*이 글은 한양대학교 개교 50주년 기념 국제 학술 심포지움(1989. 5. 10~11)에서 발표된 것을 한양대학교 기계공학과 이관수 교수가 번역한 것이다.

## 2. 전문화에 대한 역사적 변천

지식의 증대는 공학자로 하여금 더 한층 전문화를 필요로 하고 있다. 전문가 한 사람이 배, 교량, 운하, 오새, 대포와 같은 군사무기, 탄광의 통풍장치 등을 혼자서 모두 설계할 수 있는 시대는 지나갔다. 과거를 돌이켜 볼 때, 기초공학발전의 초기단계에서, 혼자서 대포, 보일러, 가열로, 선박, 여과되는 커피포트를 설계한 Rumford 백작(1753~1814)으로 알려진 Benjamin Thomson의 만능적인 솜씨에 놀라지 않을 수 없다. 혹자는 현 시대에도 이와 비슷한 만능적 재질을 발휘하는 독특한 사람이 있다고 생각하겠지만 거기에는 현저한 차이가 있다. 오늘날 만능천재라 일컬어지는 사람들은, 첨단지식과는 별개로, 여러 공학분야의 훈련에 대하여 흥미를 갖는 천부적인 재주꾼이거나, 이 일 저 일 옮겨 다니면서 딴 사람의 지식을 잘 활용하는 단지 천부적인 조직력을 가진 사람이다. 물론 이런 것도 매우 유용하지만 문제는 오늘날 평범한 한 공학자가 다른 전문가의 도움없이 10년 내에 냉동압축기, 가스터빈, 현수교 및 인공위성을 설계해 달라고 부탁 받는다면 상당한 난관에 봉착하게 될 것이다. 혹자는 기능면에서 손색없는 장치를 만드는데 성공할 수 있을지는 모르지만, 이들 장치는 경쟁력있는 장치라고는 말할 수 없을 것이다. 왜냐하면 이렇게 설계된 압축기는 아마 신뢰성이

결여될 수도 있고, 가스터빈은 비효율적일 수도 있고, 현수교는 아주 비용이 많이 들거나 심한 폭풍에 붕괴될 수도 있고, 인공위성은 제어가 어려울 수가 있기 때문이다. 공학지식의 급격한 발전은 산업혁명과 함께 일어났다고 말하는 사람도 있지만 필자의 생각으로는 르네상스 이후 지금까지 점진적으로 발전되어 왔다고 생각한다. 냉동압축기 하나만을 생각하더라도, 이 압축기에 적용되는 공학적 지식은 매우 종합적이다. 현대의 압축기는 더 이상 한 사람 개인의 작품이 될 수는 없고, 시장에서 경쟁력을 가지려면 동료 공학자들 외부 자문기관이든 간에 어느 전문가의 도움을 필요로 한다.

그렇다면 어떤 부류의 공학자로 교육을 시켜야 하는가? 역사적으로 공학교육은 위에서 논의된 추세로 진행되어 왔다. 고대의 공학자들은, 예를 들어 1세기에 Vitruvius<sup>(1)</sup>의 업적에서 찾아 볼 수 있는 바와 같이, 과학의 이론이 거의 정립되어 있지 않은 상태에서 훈련을 받고 전쟁무기, 수리시설, 도로와 교량 등을 쉽게 설계할 수 있는 군사공학 및 토목공학의 지식을 겸비한 만능 전문가들이 있다. 그 당시의 교육은, 독학, 개인교수에 의한 학습지도, 도제교육, 그리고 Alexandria의 경우와 같이 고대의 공학센터에서 가졌던 어떤 과정을 통한 교육 등이 복합적으로 이루어졌다고 믿어진다. 이러한 상황은 산업혁명 때까지 잘 지속되어 왔다. Guericke(1602~1686)과 Smeaton(1724~1792) 등과 같은 사람이 한 예라 할 수 있다. 현대적 의미를 갖는 최초의 공업학교는 17세기와 18세기에 이탈리아와 프랑스에서 설립되었으며 교수진은 대부분 구식으로 교육받은 공학자들로 구성되었다. 프랑스혁명 직전에서부터 Napoleon 시대에 이르러 최초로 전공이 분리되었다. 이 때 비로서 기계공학이 토목공학으로부터 분리되었으나 그 당시 기계공학은 군사학에 관련되어 발전하였다. 예로서 미국에 세워진 최초의 학구적 기계공학 학교는 프랑스를 모방해서 1802년에 설립한 West Point이다. 사실상 Land Grant 법안에 의하여

1869년 Lincoln 대통령에 의해 세워진 Purdue 대학도 최초의 기계공학과 학과장은 West Point 출신 장교였었다. 기능이 다양하고 품질이 우수한 전기장치 설계의 필요성에 의해 1900년초 전기공학부가 분리되었다. 제2차 세계대전이 시작될 무렵, 화학공학, 재료공학, 금속공학, 원자력공학, 항공공학, 심지어는 우주공학까지도 기계공학으로부터 분리되어 나갔고, 또한 산업공학과 생산공학도 떨어져 나가게 되었다. 지리적 조건에 맞추어 해양공학도 생겨났다. 여러 학교에서 실정에 따라 전공을 세분화하게 되었다.

역사는 미래를 예측할 수 있는 연구자료로 이러한 자료들은 전문화가 앞으로도 계속되리라는 것을 명백히 말해주고 있다. 다만 남아있는 문제는 우리가 그러한 것을 어떻게 대처해 나가야 하느냐 하는 것이다.

### 3. 기초공학의 문제점

모든 전공에 공통적으로 필요로 하는 기본과정의 중복을 피하기 위하여 기초공학(engineering science)과 역학과를 신설하였으나 일반적으로 받아들여지지 않았다. 기초공학이 응용과 동떨어질 때에는 사고력의 빈곤을 초래할 수 있다는 혹평들을 하는 바람에 Purdue 대학은 1970년초에 기초공학과를 없애고 교수들을 다른 공학부로 배치하였다. 지금은 각 공학부에서 다소 중복되는 감은 있지만 자기 학부에 가장 알맞는 기초과정(모든 일이 항상 이상적으로 되지는 않는다)을 가르치고 있다. 그리고 다른 학부를 지원하기 위하여 이들 과목을 설강하기도 한다. 여기서 밝혀둘 것은, Purdue 대학에서는 기계공학, 전기공학 등은 과(department)로 부르지 않고, 학생수를 반영해서 부(school)로 부르고 있다. (west Lafayette compus만도 대략 6,500명임) 물론 각 공학부는 전공분야로 세분화되어 있다. 예를 들면 기계공학부는 6개의 분야, 즉 역학, 유체역학, 열역학, 열전달, 제어제측 및 설계

분야로 세분되어 있다. 타 학부의 지원을 위하여 설강된 과목으로는 정역학, 동역학 및 열역학이 있다. 토목공학부의 역학전공 분야에서는 기계공학부에 재료역학을 지원해 주고 있다. 지금까지 필자가 말한 것이 기초공학 교육의 강화를 반대한다는 의미로 받아들여서는 안 된다. 필자야말로 다음 장에서 알게 되겠지만, 충실한 공학교육을 위해서는 기초공학이 절대적으로 필요하다는 것을 주장하는 사람이다.

#### 4. 기본과목과 응용학부 교육과의 관계

머리가 명석하고 학업에 열중하는 학생이 학사학위를 취득하는데 교육기간을 4년보다 더 늘릴 필요는 없다는 것이 일반적인 통념인 것 같다. 그러므로 학부과정에서는 다소 차이는 있지만 강의량과 실험시간이 확정되어 있다. 오늘에 와서는 지식과 전문성의 요구가 폭발적으로 증대되고 있어, 교육자들이 당면한 과제는 이러한 요구를 어떻게 대처해야 할 것인가 하는 것이다. 그렇다고 해서 아무런 실질적인 연구도 없이 교육기간을 5년, 심지어는 6년 과정으로 끌어 올리려는 시도는, 창의력이 가장 왕성한 젊은 시절의 귀중한 시간을 낭비하게 된다는 점에서 받아들여질 수 없다. 필자는 언제나 과거 공학자들의 젊은시절에 가졌던 업적에 호기심을 가져왔다. Sadi Carnot(1776~1832)는 단지 18세에 군사기술 장교로 임명될 수 있었고, 또 그가 열역학에 관한 획기적인 업적을 발표한 것도 불과 28세 때였다. 주어진 과정에서 더 많은 내용을 주입시키려는 것이 오늘날의 추세이나, 불행하게도 학생들의 중도 탈락이라는 문제를 감안할 때, 자동적으로 한계점에 부딪친다. 그러므로 이것을 해결하는 유일한 방법은 상세한 응용을 피하고 응용을 가미한 기초과목에 집중시키는 것이다. 이것이 뜻하는 의미는 미래의 교육 주체는 학부과정에서 특수 기계에 관한 기술을 전혀 가르쳐서는 안 된다는 의미가 아니고 기초공학이나 설계방법론을 강의할 때 응용에 관한 지식을 계속 가

미시케 주어야 한다는 것이다. 오늘날 Purdue 대학의 기계공학부 필수과정에도 특수 기계를 다루는 과목은 없다. 졸업에 필요한 필수과목에 내연기관, 압축기, 터빈, 펌프, 공작기계, 승강기, 운송기계 등은 포함되어 있지 않다. 학생들은 예를 들면, 차량역학이나 가스터빈과 같은 과정을 수강할 수 있는 소수의 공학선택 과정이 있으나, 설강이 제한되어 있어 이 분야를 깊이 공부하기란 불가능하다. 필자의 견해로는 모든 유용한 시간을 활용하여, 응용을 가미한 기초과목을 학생들에게 철저히 교육시켜 학생들로 하여금 기초와 응용력을 확립시켜 주는 것이 필요하다고 생각된다. 심지어 필자는 교양교육에 시간을 빼앗기는 것까지도 아깝게 생각하는 사람으로써, 일정한 교양선택과목의 학점을 이수해야 하는 현 미국의 교육제도를 반대하며, 이러한 제도는 잘못된 교육방법이라고 생각한다. 필자의 견해로는 교양교육은 고등학교에서 충실히 해야 한다고 생각한다. 우리는 교양있는 공학자를 요구하지만 교양교육은 보다 조기에 이루어져야 한다. 결론적으로 말해서 기초과목의 교육은 반드시 응용이 가미된 내용이어야 하고 교육방법은 그 분야에 응용할 수 있는 방법이 되어야 한다. 나는 추상적인 기초공학으로 되돌아가는 것은 원치 않는다. 그러나 일반 기계공학에의 응용과 특수 기계에 대한 교육과는 차이가 있어야 한다. 후자에 관해서는 차후에 다시 언급하겠다. 특정기계에 관한 교육은 산업계와 대학원에서 이루어져야 한다. 학부과정에서부터 어떤 특정 기계에 대한 전문인으로 양성하는 또 하나의 방법은 응용에 필요한 공학기초 과목을 줄이고, 그 대신에 직접 응용을 다루는 전문 교과과정을 만들어 교육하는 것이다. 이러한 교육은 예를 들어 바뀌기 전 옛 General Moter 기술연구소에 있는 항공공학부나 자동차공학과에서 시행 하였던 교육방법이다. 이러한 교육은 일시적인 능력을 가지고 산업체에 투입시킬 수 있는 공학자를 양성한다는데는 의문의 여지가 없겠으나, 반면에 이들 개개인이 다른 응용분야로 전

업을 원할 때에는 적응력이 결여된 엔지니어가 될 것이다. 또한 이러한 교육방법은 여기서 이야기하고 있는 Compressor와 같은 특정기계에 대한 전문인을 양성하는데는 적합치 않다. 왜냐하면 전문인의 요구가 전 공학부를 이 특정 기계의 교육을 전담할 수 있겠끔 만들 수 있리 만큼 많지 않기 때문이다.

### 5. 산업계의 역할

산업계는 갓 졸업한 공학자들을 양성하는데 많은 관심을 가져야 한다. 적절한 교육프로그램을 갖추고 있는 대기업들에게만 이것이 국한된 것은 아니다. 젊은 공학자들이 실제의 기술을 습득하기 위하여 최소 1년간 견습프로그램이 있어야 한다고 본다. 이것은 체계적으로 이루어져야 하는데 솔직히 견습생과 경험이 많은 공학자의 융합이 충분히 잘 이루어지지 않고 있다. 예를 들면 견습공학자에게 경험이 풍부한 공학자들이 강의를 하거나, 특수 기계류에 대하여 해박한 지식을 갖고 있는 교수를 초빙하여 세미나를 갖거나, 또는 단기 강좌나 학술 발표회에 참석하도록 하는 것이다. 이러한 것이 견습공학자들에게 회사의 제품을 알려주는 곳으로 활용되어야 한다. 예로, 냉동압축기 설계 코드, 냉매의 물성치, 기름 냉매 유향에 대한 베어링 설계, 밸브의 신뢰도, 소음과 진동 제어, 운동학적 선택, 유동손실 최소화, 열처리, 재료선택, 전문화된 특정기술, 컴퓨터 시뮬레이션 등이 있다. 이러한 과정을 거친 후, 산업계는 자질이 있는 후보자를 선발하여 더 깊은 교육을 시키기 위해 대학원에 보내야 한다.

거기에는 경제적인 문제가 뒤따르게 된다. 대학원생은 졸업 후에 일정기간 동안 그 회사에서 근무하겠다는 고용계약을 체결하여야 하고, 반면에 회사는 교육과정이 끝마쳤을 때 그 학생이 실제적이고 전문적인 지식을 습득하였다는 것을 인정하고 그에게 적절한 보상을 해주어야 한다. 계약된 피고용인으로 취급되어서

는 안 된다. 물론 계약조건을 가로막는 문화적인 차이가 있을 수 있으나, 견습사원들은 최소한의 도덕적인 의무를 인식해야 한다. 또 다른 문제는 중소기업들은 그러한 교육프로그램을 시킬 능력이 없을지도 모르지만, 중요한 점은 미래의 기업들은 전문교육을 갖춘 공학자들로 대처해 나가야 한다. 이렇게 서로 협력함으로써 회사는 현대의 상품시장에서 경제적이고 질이 뛰어난 제품들을 고안, 설계 그리고 제작할 수 있는 매우 유능하고 적응력이 있는 사원을 갖추게 되는 것이다.

공학교육에 있어서 산업계의 중요한 역할을 일시적이거나 몇몇 기업들이 인식해 왔었다. 필자도 1957년 대학을 졸업후 위와 같은 기업 중의 하나인 독일에 있는 자동차 회사 Adam Opel사에서 비교적 훌륭한 2년간의 견습교육을 받았었다. 거기서 필자는 사시설계, 엔진설계, 재료시험, 가공, 기획, 비용, 공학계산, 차량시험, 물리 실험실 등 다양한 공학부서에서 경험이 풍부한 공학자들과 같이 있게 되었다. 심지어 자동차에 적용되는 공기조화 압축기들에 대해서 잘 알게 되었다. 물론 자동차 설계에 대한 일련의 체계적인 강의가 없었기 때문에 이 방법이 적절하다고 생각하지는 않지만, 필자 스스로의 학습을 통하여 필요한 지식을 얻었기 때문에 효과가 있었다.

### 6. 산업계의 교육을 위한 대학원의 역할

대학원은 압축기와 같이 특수한 기계류에 대한 진보된 기술을 전공하는 곳으로 연구방향 때문에 설강과목들이 아직도 일반적이면서 기본적인 과목이 주를 이루고 있으나, 전문적인 과목들도 개설이 되어야 한다. 참된 전문화는 석사논문 또는 더 나아가 박사논문에 대한 연구를 통하여 이루어질 수 있다. 이상적인 상황은 앞에서 언급했듯이 산업계가 연수과정을 마친 유능한 사원을 선발하고, 대학원 공부에 재정적 지원을 하여야 한다. 나라에 따라서 다소간의 차이가 있겠지만, 미국에서는(특히

Purdue 대학) 연구계약서에 연구비용, 연구목적, 그리고 그 연구목적을 달성하기 위한 접근 방법을 명기한다. 대학원 교육과정은 주 연구자인 교수와 학생과의 접촉, 기존의 연구를 이용하는 독학, 그리고 연구를 뒷받침하는 강의를 통하여 이루어지며, 이러한 연구는 좀더 세부화된 전문화가 요구된다. 압축기를 예로 들면 연구의 대상은 음향학, 진동, 피로, 운동학, 열역학, 열전달, 기체역학 등이 될 수 있다.

석사학위논문을 쓰려는 사람은 창조적인 논문을 써야 하고, 거기에 따르는 전문적이고 진보된 지식을 필요로 한다. 또한 박사학위논문은 그 연구가 독창적이고, 압축기 공학에 기술적으로 많은 공헌을 할 수 있어야 하며, 또한 일반적인 공학의 발전에 기본적으로 영향을 줄 수 있어야 한다. 이러한 연구 과정을 통해 그 학생은 일반적인 압축기에 대한 지식을 축적하리라 기대된다. 여기서 언급한 과정은 원칙적으로 어떤 대학에서나 생길 수 있으나, 그 과정의 접근방법에서 비효율적인 요소가 있다. 따라서, 대학은 각 대학간의 연구의 중복성을 피하는 방법으로, 단 몇 가지 종류의 기계만을 전문으로 연구해야 한다고 생각한다.

## 7. 대학의 공업센터

중요한 기계요소는 말할 것도 없고, 몇몇 대기업에서 대량 생산되는 수많은 기본적인 기계들을 짧은 시간내에 우리가 열거할 수 있지만, 이러한 것의 설계는 많은 전문적인 지식을 요구하고 있고, 또한 각 기계에 대한 전문적인 연구가 있어야 한다. 이와 관련된 문헌들은 전문학술지에 실려 있다. 이와 같이 오늘날 공학은 매우 다양하고 복잡하다. 몇 개를 열거하여 본다면 압축기, 섬유기계, 연소기관, 광산기계 등이 그러하다. 그리고 볼 및 로울러 베어링, 기어와 전동장치, 설계에 있어 전문적 지식을 요하는 자동차와 항공기 타이어나 같은 수많은 기계요소들이 있다. 일반공과대학에서 이같은

모든 기계들의 관련된 높은 수준의 강의를 기대한다는 것과, 또 심지어 음향학에 관해 전문적 지식을 전반에 걸쳐 적용할 수 있는 전문가들이 없는 상태에서 이같은 모든 분야에 있어 유용한 진보적인 연구를 할 수 있는 교수들을 확보한다는 것은 어불성설이다. 기초공학에 집중하기 위해서는 경제적인 뒷받침이 있어야 하나 어떤 형태의 선진 기계기술을 갖고 있는 전문가들이 배제된 상태에서 이러한 것이 산업계와 학생들에게 일반적으로 더 맡겨지고 있다.

그러한 것에 대한 대답이 바로 공업센터이다. Purdue 대학 기계공학부 내에 있는 Ray W. Herrick 실험실은 압축기를 연구하는 공업센터이다. 그곳은 열역학, 기체역학, 재료학, 성능실험, 진동, 음향, 윤활 등을 전공한 교수들로 하여금 응용분야에 있어서 그들의 전문분야와 합쳐 공동연구하도록 구성되어 있다. 지난 25년 이상의 연구기간 동안 압축기 전문가가 된 사람도 있다. 그 센터는 연구계약 형태로 업체들의 대학원 연구의 지원을 통하여 발전되어 왔으며, 재정적 도움을 준 회사에 다섯 가지 면에서 이익을 갖다 주었음이 입증되었다. 첫째, 문제해결을 위한 해답제공, 둘째 압축기의 개발에 실험 및 해석적 기술제공, 셋째 압축기 제작업체에서 고용하는데 있어 잘 훈련된 학생들의 양성, 넷째 회사의 기술자문, 다섯째 압축기분야에 있어 단기 이수과정을 통한 계속적인 교육의 원천이 되었다는 것이다. 위의 장점들중 일부는 재정적인 도움과 관련없는 회사에서도 확실히 얻을 수 있겠지만 각 연구는 연구계약을 한 회사가 필요한 것에 초점을 맞출 수 밖에 없다. 미국정부는 이 공업센터를 설립하는데 있어 아무런 기여도 하지 않았다. 전적으로 기업만의 지원으로 공업센터가 지탱해 왔지만, 세월이 지남에 따라 정부지원 예를 들면, 미 해군과 연구계약으로 잠수압축기에 대한 연구가 수행된 적도 있었다. 최근들어 미국과학재단이 공업센터 작업에 착수해 오고 있다. 불행하게도 현 지침하에서는 압축기 센터는 뒷받침을 받을 수 없다. 필자의 생각으로는

업체의 지원이 없으면 공학에 대한 실제적인 기술과의 제휴가 있을 수 없기 때문에 상당한 산업체의 지원을 받고 있는 미국과학재단센터만이 지탱해 나갈 것이다. Purdue 대학은 소수정밀부품들에 대해 다양한 제작에 집중연구하는 미국과학재단의 공업센터를 갖고 있다. 이 공업센터는 자동적인 패턴인식과 로봇 응용분야를 다루고 있으며 현재 활기를 띄고 있다.

## 8. 공업센터의 당면과제

공업센터가 해결해야 할 두 가지의 근본적인 문제는 어느 정도는 서로 연관되어 있다. 첫째는 지속적인 경제적 지원의 결여에 있다. 실험시설의 부족으로 인하여 산업체의 모든 요구를 수용할 수 없을 때에는 압축기에 대한 산업체의 지원이 가끔 충분하기도 하지만, 교수들의 압축기 연구를 계속적으로 연구할 수 없는 경우와 연구시설을 유지하기 어려운 경우에는 그들 자신의 연구분야에서 다른 응용분야를 찾지 않을 수 없다. Ray W. Herrick 실험실에 있는 대학원생과 교수들은 산업체의 지원에 전적으로 의존하고 있기 때문에 정부 및 개인의 기부금이 이러한 문제를 극복하는데 필요하다. 두번째 문제는 민주적이고 자유로운 기업사회에서 어느 누구도 자신들의 연구분야에 개입하는 타 대학들의 시도를 막을 수는 없다. 즉 이러한 사실은 연구의 중복화, 유용자금의 효력에 대한 약화와 비현실적인 재정적 지원을 초래하게 된다. 일부 대학들은 어떠한 종류의 연구를 착수하기 위해 필사적으로 기부금을 마련하려고 하기 때문에, 실제 비용보다 예산을 줄이고, 때로는 자질이 없는 교수들로 하여금 연구를 착수하기 때문에 비용의 절감을 가져와서, 걸만 그럴듯한 연구가 된다. 이러한 연구는 평판이 좋지 않게 된다. 지속적인 실질적인 정부지원만이 우수한 공업센터들의 생존을 확실히 시키므로 산업계의 기부금에 의존한 센터들은 상당히 취약할 수밖에 없다. 필자는 기계공학에 대해서 중복성 없이 대학별 몇 개의 센

터들로 이루어져야 하고, 실제적으로 중요 기계류에 대한 연구센터의 설립이 처음부터 경쟁적인 바탕 위에서 이루어지길 바란다. 초기 경쟁 후에는, 위 센터들에 대해서 10여년 간의 장기적인 지원을 계속적으로 해주어야 한다고 생각한다.

반면, 모든 공업센터들에게 도움을 주기 위하여 대학에서 자체내에 기초공학센터를 필요로 하기 때문에, 어떤 특정한 대학에 대해서 영구적이거나, 일시적인 이러한 연구센터를 설립하는 것은 반대한다. 결국 다양한 기초공학의 전문가가 아니고서는 누가 공업센터의 구성원이 되겠는가? 압축기 연구 및 교육과 같은 센터들의 응용분야에서 모든 대학이 높은 수준을 유지하기 위해서는 고체역학, 유체역학, 열역학, 열전달, 진동, 음향학 등과 같은 기초과목들에 대해서 우수한 수준에 있어야 한다. 세번째 문제는 훌륭한 연구집단을 이루기 위해서는 교수, 기술 및 행정적 지원을 해줄 수 있는 직원, 대학원 학생수에 달려있다. 학생수는 전문화된 과목을 개설하는 경제적인 측면에 영향을 주기 때문에 대단히 중요하다. Purdue 대학에서는 압축기에 대한 초보적인 과목을 설강하자면 최소한 약 10여명의 학생이 있어야 하고, 고급과목에 대해서는 6명이 되어야 한다. 교수들이 자기가 맡은 과목에 열중하기 위해서는 강의의 연속성을 보장받아야 한다. Ray W. Herrick 실험실에 북미의 대표적인 연구센터임에도 불구하고 때로는 학생수가 과목의 설강기준수에 못 미치고 있다. 이렇듯 지금까지 우리는 직접적인 스스로의 연구가 단기 이수과정 자료를 이용함으로써, 교육적인 측면을 대처해 나가는 것을 배웠다.

## 9. 특수 기계류에서 만물박사

유럽의 대학에서는 냉동에 대한 연구소, 또는 피스톤 기계류에 대한 연구소 등과 같은 어떤 특정한 기계류만 다루는 공업센터들이 있다. 이들 연구소의 교수들은 기계류에 관하여

전문적으로 연구하면서 기초공학에 대해서는 전공하지 않으려는 경향이 있으나, 자기가 맡은 바를 잘 완수한다. Ray W. Herrick 실험실을 전도유명한 연구소 모델로 만들기 위해서는 전문화가 보다 고급화되어야 한다. 예로, 음향학분야에서 기초적인 연구를 하면서 압축기의 음향학을 연구하는 음향학자는 압축기음향에 대해서는 전문가가 될 것이다. 즉, 그는 재료의 마멸특성과 같은 것에 대해서는 잘 알지는 못하겠지만, 소음흡수, 재료의 탄성 및 감쇠성질에 대한 지식에 대해서는 최고의 전문가가 될 것이다. 이런 식으로 이루어질 경우, 음향학과 관련된 전문적인 새로운 개발들이 압축기 응용분야에서 바로 이용되어진다. 필자는 이것을 피부로 느끼고 있다. 실제적으로 음향학 전문가라 하더라도 다양한 형태의 압축기들에 대해 연구하여 인정받는 만물박사가 되기 위해서는 상당한 지식을 요하고 있다. 전문화된 기계류에서 참된 만물박사는 전문분야에서 발전하기가 어렵다. 필자 생각으로는, 이러한 만물박사형 교수들도 기능본위센터에서 필요로 한다. 미래의 이상적인 모델은 유럽형 연구소와 Herrick 실험실의 전문가 모형과의 결합된 형태이다. 이같은 것이 미국에서 행하기 어려운 이유는 Herrick 실험실과 같은 센터들이 거의 전적으로 산업계와의 연구계약에 의해 지원을 받고 있기 때문이다. 그리고, 이와 같은 사실은 새로운 압축기에 대한 설계나 실물제작과 같은 일반적인 연구를 착수하기 어렵고, 지속적으로 연구를 도와주는 직원의 확보가 어렵다. 즉, 이같은 일에 대하여 회사와 수년간 계약을 하였다 할지라도, 제도사, 기사 및 사무직원을 연구가 끝남과 동시에 해고하여야 하기 때문에, 고용하는 것이 불가능하다. 유럽 연구소들 경우처럼, 정부로부터 지속적인 지원을 받는 센터가 일반적이고 단일화된 설계부서를 개발시키는 것이 가능하다. 더우기, 실제 기계에 대한 새롭게 개발된 설계를 미국대학 사회는 부정적 측면에서 보는 것을 버려야 한다. 이러한 설계가 석사논문으로 되는 경우 통속적

이고, 선두적인 것이 아니며, 가치가 없다고 여겨진다. 왜 산업체들은 이러한 설계를 하지 않는가? 그러나, 이같은 비평을 하는 사람들은 실제적인 경험이 교육을 향상시킨다는 사실을 망각하고 있다. 오늘날 많은 대학에서 설계교육과 연구가 위기에 처해 있다고 본다. 그 이유는 설계전공 교수들은 방법론에는 많은 관심을 기울이면서 응용부분에는 별로 신경을 쓰지 않고 있으며, 또한 운동학, 윤활, 진동학 등의 전문가들이 설계만물박사처럼 행동하고 있다. 더우기 기업에서 실제적인 경험을 가지고 있는 설계교수는 극소수에 불과하다. Purdue, MIT, Ohio 주립대와 몇몇 다른 대학들에서 이러한 문제점들을 막을 수 있는 것이 매우 다행스러우나, 가만히 놓아두면 미래 재앙에 전조가 된다. 회사에서 수년간 경험을 가진 뛰어난 설계공학자들로 구성된 전문 설계교수직이 필요하다고 생각된다. 그들은 정상적인 재임용 과정을 채울 수 없기 때문에, 그 재임용 과정을 면하게 해 주어야 한다. 현재 우리의 재임용과정은 논문의 양과 질이 가장 엄한 필수 조건을 만족시키는데 조교수에게는 평균 6년을, 신임 부교수에게는 3년을, 신임 정교수에게는 1년을 주고 있다. 이러한 재임용 과정을 지지하지만, 그것은 업계의 특허와 실제적으로 개발한 설계들을 경시하기 때문에 설계교수들이 필요하다. 전문가들로 구성된 공업센터에도 만물박사형 전문가들에 의해서도 채워져야 한다.

## 10. 전문서적

대학교의 세 가지 역할은 교육, 연구, 그리고 학문이다. 공학자는 학문의 정립을 공학기술의 진보, 연구결과의 축적, 해석 및 정리로써 이루어진다고 본다. 성공적인 학문은 자기 연구의 도움도 되겠지만 전문과목에 대한 책으로 출판되어 학회에 발표되어야 한다. 미국에서 기본적인면서 응용화된 연구가 일반적으로 훌륭한에도 불구하고 응용과목에 대해서 이러

한 발표가 누락되었다는 것은 유감스러운 일이다. 압축기분야에서는 미국인에 의해 쓰여진 진보된 분야를 포괄적으로 다룬 책이 현재에는 없다. 따라서 기업은 시대에 뒤떨어진 영어로 번역된 외국서적<sup>(3)</sup>에 의존하고 있다. 다른 종류의 기계에서도 별다른 차이가 없다. 압축기 분야에서 진보된 내용을 담고 있는 유일한 출판물로는 Ray W. Herrick 실험실이 정기적으로 지원하는 단기 이수과정을 위해 Purdue 대학 교수들에 의하여 편집된 밸브설계, 음향학, 가스 맥동과 같은 몇 개의 전문화된 압축기 과목에 대한 소책자<sup>(4~12)</sup>의 형태로 된 노트들이 있다. 이렇게 된 이유는 다음과 같이 설명되어질 수 있다. (a) 출판업자들이 이윤을 얻기 위해서 많은 부수의 책을 인쇄하려 하기 때문에 수준이 낮고 덜 전문화된 교과서들에 관심을 갖고 있다. (b) 전문교과서에 대한 정부 보조금이 일반적으로 없다. (c) 교수의 승진과 보수는 교과서 집필보다는 주로 연구논문에 근거하고 있다. (d) 집필은 교수들에게 주어진 일과시간에 하는 활동으로 인식되어 있지 않다.

결국, 한 나라 공학자들의 경쟁과 안녕은 정보교환이 달려 있기 때문에 이같은 상황은 유감스러운 일이다. 미국에 있는 외국 서적들조차도 기대할 만한 학문적 깊이와 수준에 있는 것이 아니다. 필자가 한 표본으로써 마음속에 그리는 책은 1920년에 독일에서 출판된 증기와 가스터빈에 관한 Stodola의 책<sup>(13)</sup>으로 오랫동안 증기 터빈 분야에 없어서는 안될 책 중의 하나로, 오늘날에도 몇몇 분야에서는 참고문헌으로 인용되고 있다. 그 책의 분량은 1000페이지가 넘고 지식의 선두로 높은 수준과 독창적인 방법으로 씌어져 있으며 진동분야에서는 "Stodola's method"로 알려져 있다. 그 책은 그의 일생에 걸친 작품이었다. 오늘날 누군가가 비슷한 책을 쓰려고 한다면, 필자의 생각으로는 그 책의 크기, 수많은 설명과 작은 수량 때문에 책을 출판하기 위한 출판업자를 미국이나 대부분의 다른 나라에서도 찾기 힘들 것이다.

매우 현실적인 방법으로는 전문서적 형태로 학문을 발표하는 것을 대학교육의 의무로 하는 것이다. 만약 산업체들이 그 조직회원들에게 그러한 책을 집필하게 하지 않는다면 전문분야에서 가장 최근에 진보된 지식을 견습공학자들에게 전달해 줄 사람이 누가 있겠는가? 대학교수들은 객관적 입장에서 집필능력과 최근의 연구문헌에 뒤지지 않는 동기도 갖고 있어야 한다. 연구문헌의 한 가지 어려운 점은 예를 들면, 저자가 초보자들에게 배경되는 내용이나 자료를 아무 설명없이 자기 기준으로만 저술하는데 있다. 이러한 논문들은 대부분 학회지나 학술지들이 페이지의 제한을 두고 있어 내용을 간략하면서도 요약하게 된다. 산업체의 보통수준의 공학자가 설명이 없는 연구문헌을 단지 참조해야만 한다는 주장은 자기 자신의 진보된 교육을 위해서 바람직하지 않다. 정부와 산업체의 협력하에 공과대학은 이러한 문제점을 제시하고 해결해야만 할 것이다.

## 11. 연속교육

신입사원 교육의 필요성과 높은 수준의 일을 수행할 수 있는 연구진을 얻기 위한 산업체 요구를 충족시키기 위해서는 대학졸업 후 1년이 지난 젊은 공학자들에게 견습교육을 제공한 뒤 회사의 생산품과 관련된 문제를 연구시키기 위하여 이들을 대학원에 진학시켜야 한다. 그러나 미래의 추세는 퇴직시까지 새로운 실험 및 해석적 기술, 설계 아이디어 및 새로운 개발을 하는 공학자의 평생교육이다. 이러한 것은 기술 문헌에 대한 부지런한 독서를 하는 바탕 위에서 자기 스스로의 교육에 의해 이루어질 수 있지만 미래의 공과대학의 역할은 단기과정을 통해 다양한 전문분야에 대한 기술상태를 적절하게 제공함으로써 평생교육 과정을 돕는 것이다. 현재로서는 성공적인 면도 있지만 문제점들도 있다. 그 한 가지 예는 Purdue 대학의 Herrick 실험실에서 압축기 과목을 실감하는 전문화된 단기 이수 과정이다. 이러한 과정들



은 그들의 교육적 목표에 도달하는데 매우 성공적이었다. 한편 그 과정에 대학교가 얼마나 많이 보조했어야만 했느냐에 따라 측정되는 재정적인 성패는 한결같지 않았다. 그 보조금은 교수진과 직원에게 과중한 부담을 갖게 하였다. 바로 이러한 사실이 강의 주제를 가르치는 교수진들의 거마비에 맞물려 있다. 그 이유로 그렇게 하는 것이 자기의 명성에 도움이 되고, 잠재적인 연구 스폰서들과 접촉할 수도, 그리고 심지어 대학원생들의 교육에 공헌할 수도 있다. 예를 들어, 우리는 다양한 종류의 압축기와 모든 면들을 다루는 압축기 설계에 관한 1년의 강의과정들을 합쳐보려는 시도가 필요하다고 생각하면서도 실행하지 못하였다. 이러한 강의를 준비하는데 교수들이 필요로 하는 시간에 대해서는 현실적으로 사정을 해야 할 것이며 따라서 비교적 비용이 비싸게 되어야 한다. 여기서 말하는 강의란 기초학문의 강의가 아니라 높은 수준의 기술에 대한 강의를 의미한다. 현재 Purdue 대학에서는 컴퓨터 시뮬레이션 모델에 관해 두 강좌가 있다. 즉 흡입, 배기다기관에서의 가스맥동에 관한 것, 진동결연에 관한 것, 밸브역학과 설계에 관한 것, 그리고 압축음향학에 관한 것 등이다. 여기서 언급한 이런 어려운 점에도 불구하고 그 교육과정은 성공적이었다. 미래의 공과대학은 산업체와 정부로부터 재정적 도움을 받으면서 그러한 전문 강좌에서 한층 더 힘있는 역할을 해야 할 것이다.

## 12. 학술회의

대학과 관련 학회는 강력한 상호작용이 계속 되어야 할 것이다. 여러 분야에서 학회는 계속적인 교육을 제공하고 전공학술회의를 개최하여야 한다. 압축기를 예로 들어 본다면, Purdue 대학은 이 분야에 대하여 주로 학회의 기술위원회를 통한 ASHRAE(American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers)와 냉동기계위원회를

통한 IIR(International Institute of Refrigeration)과 교류한다. 연구논문들은 논문집이나 초록집에 실릴 수 있는 학회의 학술대회에 보내진다. 그러나, 밸브 또는 셸(shell)의 진동처럼 기초공학회들의 관심을 불러 일으킬 수 있는 여러 종류들의 논문들은 ASME(American Society of Mechanical Engineers) 또는 ASA(Acoustical Society of America)를 통한 초록집과 잡지 또는 Journal of Sound and Vibrations와 같은 독립된 간행물에 실을 수도 있다. Purdue 대학의 Ray W. Herrick 실험실은 어느 학회의 논문집에 게재해야 하는 문제는 교수와 대학원생의 기본적인 연구단위에 달려 있다. 이것은 Herrick 실험실이 유럽형 연구소가 아니라, 하나 이상의 기계류에 관해 전문적인 연구를 하는 교수들의 그룹이기 때문이다. 이것과 또 다른 이유들 때문에, Herrick 실험실은 단지 압축기에 관한 학술회의를 한다는 장점이 있다고 인정된다. 1972년에 Purdue Compressor Technology Conference를 설립하였고 1984년에는 이 회의가 국제적인 지위로 격상되었기 때문에<sup>(14-22)</sup> International Conference of Compressor Engineering 이라고 고쳐 불렀다. 이 회의는 2년에 한 번씩 열리고 1990년에는 10번째 회의를 개최하게 된다. 이 회의는 ASME, ASHRAE, IIR, AIR(Air Conditioning and Refrigeration Institute), CAGI(Compressed Air and Gas Institute), GRI(Gas Reserch Institute), IGT(Institute of Gas Technology), DKV(Deutscher Kalte-und Klimatechnicchev Verein), IIE(Indian Institute of Engineers), JSME(Japanese Society of Mechanical Engineering), KLVV(Royal Institute of Engineers in the Netherlands) 및 Refrigeration and Fluid Machinery Association of China의 협찬으로 이루어진다. 만약 어느 특정한 협회에서 이같은 회의를 마련하지 않는다면 전문적인 기계를 연구하는 공업센터에서 비슷한 회의를 주최해야 하는 것이 바람직하다.

### 13. 맺음말

급증하는 지식으로 인하여 공학교육은 보다 전문화가 되어왔고 지금도 그러한 추세로 가고 있다. 역설적으로 말한다면, 이러한 이유들 때문에 갓 졸업한 공학도가 회사에 입사하였을 때 받아야 할 고된 교육을 감당하기 위해서는 학부교육을 기초공학과 기본적인 설계방법론 쪽으로 이끌어 가야 한다. 압축기를 예를 들어 살펴보았듯이 처음 견습기간 이후에는 다양한 종류의 기계류의 전문화는 대학원 교육을 통하여 이루어져야 하고 이러한 목적을 달성하기 위하여 공학센터가 설립되어야 한다. 다양한 기초공학을 하는 전문가들을 이 센터에 한 자리에 모아놓고 그들의 지식을 센터가 주관하여 연구하는 기계류에 관한 연구와 개발에 응용되도록 하여야 한다. Purdue 대학에 있는 기계공학부의 Ray W. Herrick 실험실의 압축기 센터를 예로 들었으며 미래 공학센터의 역할에 모형으로써 나타낼 수 있다는 것을 지적하였으며, 또한 제거해야 할 문제점들에 대해서도 논의하였다.

### 참고 문헌

- (1) Marcus, Vitruvius Pollio., 1931, "De Architectura Libri Deçem", 15 B.C., Harvard University Press, Cambridge.
- (2) Finch, J.K., 1960, "The Story of Engineering", Doubleday & Company, Garden City.
- (3) Chlumski, V., 1965, "Reciprocating and Rotary Compressors", Spon Ltd., London.
- (4) Soedel, W., 1972, "Introduction to Computer Simulation of Positive Displacement Compressors", Short Course Text, 116 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (5) Soedel, W. and Wolvertson S., 1974, "Anatomy of a Compressor Simulation Program", Short Course Text, 94 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (6) Hamilton, J.F., 1974, "Extensions of Mathematical Modeling of Positive Displacement Compressors", Short Course Text, 135 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (7) Soedel, W., 1978, "Gas Pulsations in Compressors and Engine Manifolds", Short Course Text, 116 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (8) Dhar, M. and Soedel W., 1978, "Compressor Simulation Program with Gas Pulsations", Short Course Text, 109 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (9) Hamilton, J.F., 1980. "Introduction to Finite Element Analysis of Vibration and Stress in Gas Compressor Valves", Short Course Text, 108 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (10) Hamilton, J.F., 1982, "Modeling and Simulation of Compressor Suspension System Vibrations", Short Course Text, 103 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (11) Soedel, W., 1984, "Design and Mechanics of Compressor Valves", Short Course Text, 170 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (12) Hamilton, J.F., 1988, "Measurement and Control of Compressor Noise", Short Course Text, 167 pages, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (13) Stodola, A., 1928, "Dampf-und Gasturbinen", 5th Edition, 1140 pages, Verlag von Julius Springer, Berlin.
- (14) Soedel, W., 1972, (Editor and Conference Chairman) "Proceedings of the 1972 Purdue

- Compressor Technology Conference”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (15) Soedel, W., 1974, (Editor and Conference Chairman) “Proceeding of the 1974 Purdue Compressor Technology Conference”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (16) Hamilton, J.F., 1976, (Editor and Conference Chairman) “Proceedings of the 1976 Purdue Compressor Technology Conference”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (17) Hamilton, J.F., 1978, (Editor and Conference Chairman) “Proceedings of the 1978 Purdue Compressor Technology Conference”, Office Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (18) Soedel, W., 1980, (Editor and Conference Chairman) “Proceedings of the 1980 Purdue Compressor Technology Conference”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (19) Hamilton, J.F., 1982, (Editor and Conference Chairman) “Proceedings of the 1982 Purdue Compressor Technology Conference”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (20) Cohen, R., 1984, (Editor and Conference Chairman) “Proceedings of the 1984 International Compressor Conference-at Purdue”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (21) Cohen, R. and Hamilton J.F., (Editors and Conference Chairmen) 1986, “Proceedings of the 1986 International Compressor Conference-at Purdue”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.
- (22) Soedel, W., (Editor and Conference Chairman) 1988, “Proceedings of the 1988 International Compressor Conference-at Purdue”, Office of Publications, Purdue University, West Lafayette.

