

# 다중지능, 먹고 살 일(설계) & 금속공학교육



**최 병 학**

강릉원주대학교 신소재금속공학과 교수  
cbh@gwnu.ac.kr

서울대학교 금속공학 학사, 석사, 박사  
한국기계연구원 선임연구원  
(현) 강릉원주대학교 신소재금속공학과 교수  
관심분야: 상변태, 손상진단, 캡스톤설계

## 1. 글머리에

금속 · 재료공학 전공학과와 전공자 수가 우리 사회에 너무 많다고 여기는 근거는 스케일에 있다. 사실 우리는 물리학의 Å보다는 조금 큰 mm로부터 기계공학의 말단 크기인 mm 스케일을 다룬다. 좋게 보면 아래 · 위를 아우를 수 있는 융합의 품이 나지만 실제 직업현장에서는 “끼인 스케일”로 이도저도 아닐 때가 많다. 전공 교육의 고민도 여기부터 시작이고 이것을 풀 방도를 줄기차게 찾고 있다.

모든 교육의 시작은 학생들에 대한 관심과 사랑이다. 학생들의 교육수준, 선호성향을 먼저 파악한다면 그들의 바른 진로를 위하여 어려운 전공지식도 선동?강압적으로라도 학습시킬 수 있다. 본 글은 16년 동안 금속공학 교육을 하고 있는 나의 교육자로서 특별한 커리큘럼을 소개하는 것이다. 공학인증에서 탈락된 경험의 장본인으로서 도큐멘테이션의 포맷과는 절대 거리가 멀다. 인간 본성과 먹고 살 일이 결부되어 늘어놓는 틀 없는 수다로 보아주길 바란다.

## 2. 다중지능

얼마 전 EBS 방송에서 잠시 시청한 교육프로그램 내용이다. 인공지능, 그런 복잡한 전문분야 얘기가 아니고

사람의 지능을 여덟 가지 종목으로 구분하고 호오를 분간하는 교육법의 일종이다. 여러분에게 문제를 내겠다.

“다음 여덟 가지 지능 종목 중에서 자기가 잘하거나 좋아하거나 또는 중요하다고 여겨지는 세 가지를 고르세요. 언어, 수리, 논리, 공간, 음악, 대인관계, 자연친화, 자기이해”

문제에는 미리 말하지 않은 약간의 함정이 있고 또 정답도 있다. 그런데 답은 미리 적으면 금방 알아챌 것 같아 글의 뒤로 미룬다. 대략 우리 강릉원주대 학생들은 언어 · 음악 · 대인관계를 많이 선택한다. 나도 비슷하게 수리 · 논리 · 공간은 웬지 거리감을 느낀다. 아마 서울대 학생들이라면 수리와 논리도 많이 선택할 듯하다.

이제 답을 말하겠다. 여러분이 선택한 세 가지 항목 중에 자기이해가 포함되어 있는지? 자기이해가 정답이다. 대략 여덟 가지 항목 중 앞의 다섯은 지능지수이고 뒤의 둘은 감성지수인 듯하다. 또 자기이해는 감성을 바탕으로 지능과 연계하는 피드백 시스템 일지도 모르겠다. 어찌됐건 자기이해는 다중지능의 핵심이라고 한다. 방송에서 보여준 자기분야 성공자인 성악가, 발레리나, 기업가, 학자 등 모두가 자기이해를 꼽았다. 나는 우리 학생들의 성공을 “행복한 엔지니어”로 규정한다. 학생들이 성공을 이루기 위하여 반드시 그들의 지능 중 자기

이해를 불러일으키고 실현시켜야 함을 우선 깨닫는다.

### 3. 먹고 살 일\_ 설계교육

십여 년 전인 2000년 초에 중소기업 대표들을 만난 자리가 있었다. 대표들에게 우리 학생들이 배워야 할 것이 무엇인지 물었는데 그때 3차원 CAD가 제시되었다, 그 학기에 PRO/E 구매와 강의를 바로 시작하였으니, 금속공학교육에 CAD설계를 도입한지 벌써 10년이 넘는다. 사오년 전에는 공학교육지에 “효과적인 공학설계 교육”을 쓰며, 교수 1 개인이 학부 2학년부터 4학년까지 전 과정에 일관된 설계교육체계를 갖추어야 함을 피력

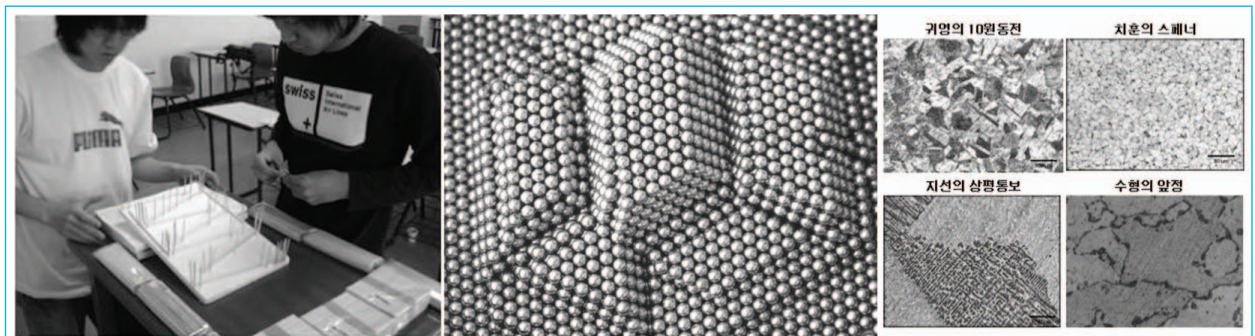
한 바 있다. 지금도 당시의 교육기준을 따르지만 아래 표와 같이 교과목명과 교육내용은 조금 변화하였다.

신소재입문공학설계(2-2)는 학생들에게 공학(또는 금속공학)에 재미와 흥미를 주는 것이 주목적이다. 생각하고 얘기하며 아이디어를 그림으로 그리고 어설피게나마 직접 만들어내고, 서로의 장단점을 평가하는 과정이 즐겁도록 꾸며본 과목이다. 초·중학생들이나 합직한 나무다리를 3인 팀을 구성하여 만든다. 아이스크림 나무막대 100개와 목공본드를 주고 일정한 길이와 높이의 다리를 만들되, 튼튼한 구조와 멋진 구조를 요구한다. 멋진 구조는 다른 팀들의 투표로 점수를 주고 튼튼성은 다리 위에 쇠추를 올려놓고 버티는 하중을 측정하

학년-학기	교과목 명	교육내용
2-2	신소재입문공학설계	설계에 임하는 학생들의 흥미 유발, 팀활동
3-1	신소재설계공학	PRO/E 설계교육 및 다양한 금속실험
3-2	응고중급설계	응고/주조 및 열·온도/응력해석 (ANSYS)
4-1	신소재캡스톤설계	팀별 지정/자유 설계과제 (도면/해석/제작)
4-2	금속손상진단	금속손상 PBL 및 손상해석 (CAD/ANSYS)



▲ 그림 1. 2학년의 나무다리 만들기과 부시기 및 3학년의 PRO/E 설계와 ANSYS 응력해석



▲ 그림 2. 2학년 구슬 굴리기, 쇠구슬 쌓기 (전위/쌍성/입계), 3학년 미세조직 실험

면 된다. 2학년은 3D CAD와 응력해석 실력이 없기 때문에 동시에 개설되는 3학년 응고중급설계 과목에서 2학년 나무다리를 2D CAD로 그리고 ANSYS로 해석하는 연계과정을 겪는다. 이것이 초·중학생들의 공작시간을 초월하여 대학의 설계와 해석이 겹쳐지는 순간이고 공학설계교육 효과이다.

A4 용지크기의 스티로폼 판에 나무막대, 이쑤시개, 압정, 핀들을 붙이거나 꽃게 하고는 구슬을 굴리는 작업을 한다. 스티로폼의 경사 각도는 팀이 알아서 정하게 하며 세 번 구슬을 굴려서 가장 긴 시간동안 구슬이 굴러간 시간을 팀 성적으로 낸다. 구슬은 전위(dislocation)이며 판에 경사로 붙인 나무막대는 슬립면이며, 이쑤시개/압정 등은 전위 이동을 방해하는 석출상 줌으로 볼 수 있다. 이쑤시개 등의 석출물 분산도는 구슬의 전위거동을 제어한다.

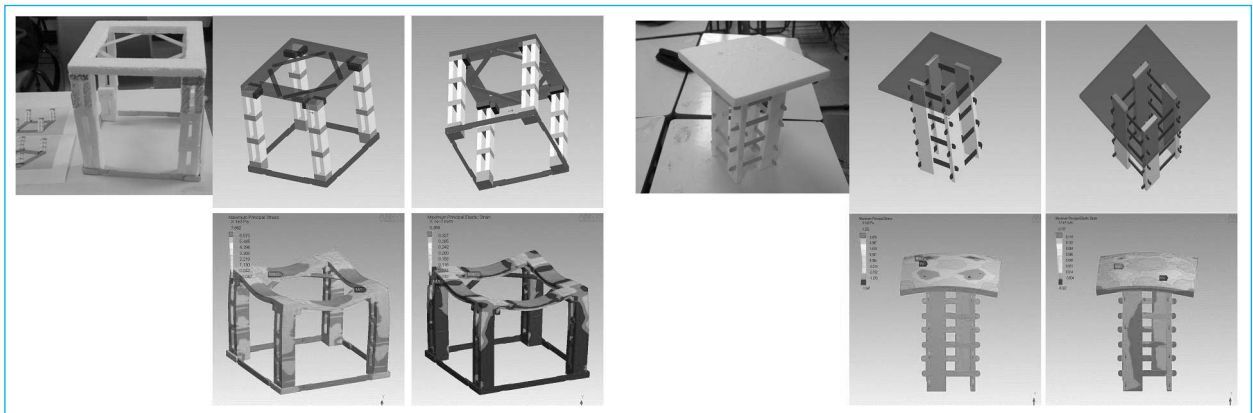
신소재설계(3-1)는 3D CAD인 PRO/E를 배우는 과정이다. 2D의 도면 이해 없이 곧바로 3D로 들어가는 이유는 학생들의 흥미 때문이다. 컬러풀한 입체도형 때문에 학생 스스로가 게임처럼 몰입한다. 대략 간단한 도면으로부터 중급의 도면까지 열 번 정도 3D CAD를 실행한다. 이번 학기에는 금속공학의 손맛을 계속 잊고자 폴리싱도 병행하였다. 학생들이 주변에서 가져온 쇠붙이들을 자르고 마운팅하고 폴리싱·에칭하여 광학현미경으로 미세조직을 찍고 경도 값 측정을 하도록 하였다. 설계수업과는 완전히 별개였지만 학생들은 두 번에 걸쳐 주변의 드라이버, 칼, 동전, 수저, 압정, 철근 등을 만져

보고 미세조직을 관찰하며 토론하는 훌륭한 현장 설계의 장을 스스로 만들었다.

응고중급설계(3-2)는 응고이론, 주조기술과 컴퓨터모사기술의 세 마리 토끼를 잡는 과정이다. 응고/주조에 설계·해석을 접목시키는 것은 금속·재료 전공 중에서도 컴퓨터 모사 기술습득을 위한 가장 쉬운 작업일 것이다. 이것은 온도를 주조의 최종응고지역인 hot zone에 수축공 결함이 생기므로 온도를 제어하는 것이 컴퓨터 해석의 효용성이기 때문이다. 3학년 1학기 때 PRO/E를 배운 3학년생들은 먼저 2학년들이 만든 나무다리를 PRO/E로 그려낸다. 나무막대를 조립해내는 과정으로 도면 그림과는 차이가 있어 경험이 된다.

응고중급설계 실험의 하나로 포트에 물을 끓이고 각종 쇠붙이로 철근 막대, 구리 판재, 스테인레스 튜브 또는 세라믹 막대를 넣는다. 이때 각 막대들은 끓는 물표면 위로 20cm 정도 나와 있다. 학생들에게 각 막대·튜브의 그림을 PRO/E로 그리게 하고 이것의 온도를 ANSYS로 해석하게 맡긴다. 이때 물표면 10cm 위치의 온도는 일단 측정해주고 알려준다. 학생들이 모사해석을 통해 답해야 하는 것은 막대 끝 부분의 온도이다. 스무 명의 학생 중에서 보통 두세 명이 답을 맞힌다.

신소재캡스톤설계(4-1)는 지정과제와 자유과제로 나누어 진행한다. 교육내용은 매학기 바뀌는데, 가령 지정과제에서는 기본구조와 보강구조의 스티로폼 구조물을



▲ 그림 3. 스티로폼 구조물 PRO/E 설계 및 ANSYS 응력해석

만들게 하고 이것을 PRO/E로 그리고 ANSYS로 해석하는 과정을 밟는다. 2학년 나무다리와의 다른 것은 구조물에 실제 계산된 하중이 가해지며 보강의 효과를 느끼는 것이다. 자유과제로는 3인의 한 팀이 발명 아이디어를 도출해내고 이것을 PRO/E로 그려내고 어떤 방식으로건 응력·온도 해석을 ANSYS로 해 내게 하는 과제이다. 입술이 자꾸 벌어지는 어린이들은 턱 근육의 발육부진으로 치아 부정교합 원인이 된다고 한다. 한 팀의 학생들이 자유과제로 어린이들이 재미있게 턱 관절 운동할 수 있는 립 트레이너 기구를 디자인하였다. 예전의 팀들도 가구업체와 연계하여 조립형 어린이 의자를 설계하고 응력해석한 경험 등이 다양하다.

설계교육은 학생들의 취업과 먹고 살 일에 큰 도움을 준다. 중견기업에 졸업 예정 학생을 소개할 때, 우리 학과는 금속·재료 베이스에 3D CAD와 컴퓨터해석까지 섭렵한다하면 아주 좋은 인상을 준다. 많은 학생들이 스스로 중견기업에 입사하는데 설계팀으로 들어간다. 재료를 베이스로 하는 설계·해석은 현장에서 큰 능력을 발휘 하나보다. 작년부터는 작은 용량의 CNC도 세팅하였다. 설계와 해석 그리고 CAD/CAM 제작까지 일련의 과정을 금속공학교육에 몰아넣을 작정이다.

#### 4. 금속공학교육

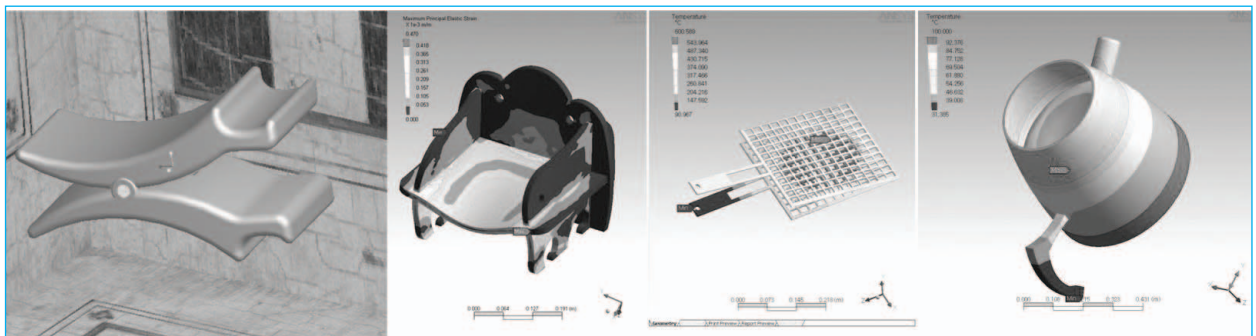
앞에 언급한 “설계·해석 교육”은 금속·재료공학의 상위 한계 스케일인 mm 차원을 넘어서는 것이다. 광개토대왕이 영토를 확대 하였듯이 기계공학전공을 치고 넘는 형상이다. 영토 확장으로 자칫 소홀할 수 있는 내부

사정(금속전공)을 다질 필요가 있다.

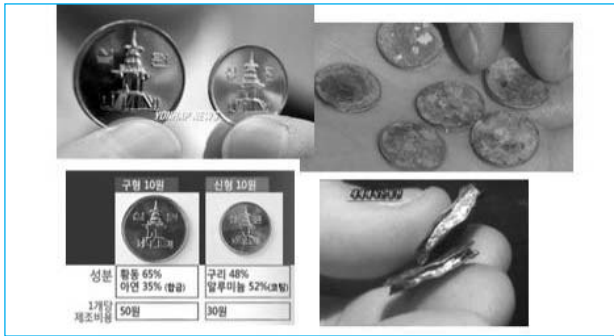
금속손상진단(4-2)은 설계과목의 연장이지만 다분히 금속의 종합적인 전공을 요구하는 과목이다. PBL(Problem Based Learning)은 원래 의학교육에 사용되던 방법으로 알고 있다. 가령 초음파, CT, MRI 사진을 가지고 환자의 병 상태를 진단하고 치료 처방을 내놓는 문제해결 중심의 교육방법이다. 금속손상진단 교과목에 PBL을 접목하였다. 이것은 소아과, 내과, 이비인후과, 안과, 외과를 섭렵하는 종합의적인 성격을 갖는다.

나의 대학 은사님들께는 죄송하지만, 금속공학을 배우면서 이것이 특별히 재미있다고 느껴본 적은 없다. 물론 공부를 깊이 안한 나의 탓이 가장 크다. 그런데 지금 아쉬운 것은 선생님들께서 사회 이슈가 될 만한 주제로 강의를 이끄셨다면 함이다. 가령 강릉에 포스코 투자 마그네슘 제련 공장이 서는데 그 앞날과 나아가 할 방향, 한국가스공사에서는 포스코와 함께 합성가스 배관을 준비하는데 이때 수소취성을 억제할 방안, 태안반도 기름유출 사건에서 와이어 파단문제, 천안함의 파손, 해당 동 CNG 버스 용기 파손사건 등등 우리 금속공학에는 사회적 이슈에 적극 참여하고 함께 풀어야하는 전공 일이 아주 많다.

최근에 우리 금속·재료공학 전공자들이 잘못된 일을 아래에 문제로 제시해보겠다. 이것은 요즘 금속손상진단 강의 때 마다 종종 사용하는 금속손상사례이며, 학생들에게 PBL 리포트로 요구하는 문제이기도 하다. (자료는 인터넷에서 가져온 것이며, 중국샤프심 문제도 아



▲ 그림 4. 립 트레이너, 어린이 조립식 의자, 석쇠 및 주전자 설계와 응력/온도해석



▲ 그림 5. 물에 녹는 10원짜리 만든 이유는?

래 제시하였다.)

“새로운 10원짜리 동전이 나왔다. 그런데 이 동전은 세탁세제, 심지어는 물에 담가만 놓아도 그림과 같이 녹듯이 심하게 부식된다. 여기에서 PBL 문제는 세 가지이다. ① 손상의 원인은? ② 보완대책은? ③ 도대체 왜 이런 동전을 만들었을까?”

정답은 ① 손상의 원인은 바로 갈바닉 부식이다. 두 종류의 금속이 맞붙어 있으면 “카칼나막알아철니주남수구수은”의 전위차 때문에 Cu와 Al이 접촉된 10원 동전에서는 Al이 쉽게 부식되기 마련인 것이다. ② 보완대책은 처음부터 이런 동전 공법을 막았어야 함이다. 금속 전공자들이라면 전위차 부식기구를 다 배웠을 터인데 문제는 거의 일이 터진 후에 인지하게 되니 교육방법이 어렵다. ③ 도대체 왜 이런 동전을 만들었을까? 창의적인 한 네티즌의 답이다. “한국정부가 돈세탁을 방지하려고 물에 녹는 동전을 개발함!!” 나의 금속재료의 전공 교육에는 의미와 더불어 재미도 함께 넣고 싶다.

### 5. 맺음말

설계·해석 교육을 중심으로 하여 미력하게 금속공학교육의 영역을 넓혔다. 학생들은 현장에서 설계라는 공학의 언어를 쉽게 익힐 수 있고 곧 창의적인 생각과 개발을 이루어 낼 것이다. 사람과 세상을 위한 행복한 엔지니어의 꿈을 이루어 낼 것이다.

욕심을 더 내본다면 Å을 다루는 물리학에까지 나서



▲ 그림 6. 중국 샤프/샤프스의 문제점은 (2010년 11월)

고 싶다. 학생들이 이것을 감지한다면 electronic의 세계를 알 수 있기 때문이다. 이것이 진정한 nano·pico·femto의 세계일 터이다. 어찌서 국내 메이저급 대학 금속·재료전공에 양자역학이 없는지 궁금하다. 슈레딩거의 1st principle을 통한 불연속 존재 확률을 모르고서 원자·전자 구성과 금속·재료 원리를 어떻게 이해하는지 궁금하다.

다중지능 항목 중에서 “자기이해”가 실현된 학생들의 학습능력은 대단하다. 어떠한 영역의 학습도 쉽게 받아들이는데, 이것은 “자기이해” 능력이 수리·논리·공간 등의 다른 지능과 순환적이고 피드백되기 때문인 것으로 보아진다. 학습의 동기부여는 바로 “자기이해” 실현에 바탕을 둔다. 이것이 실현된다면, 어떤 전공자도 금속·재료, 기계, 전자, 물리학 등 융합의 전공을 어렵지 않게 받아들일 수 있을 것이다.

본 글에서 금속·재료 전공 영역을 기계공학·물리학까지 넘보는 영토 확장 개념으로 본 것 같다. 사실 이와는 다르다. 학문·전공의 경계에서 사각으로만 존재 하였던 새로운 영역의 학문·전공 간 융합을 목표로 하는 바이다. 우리 학과가 일찌감치 탈락되었던 ABEEK 공학인증에는 이 모든 교육방법이 포함되어 있다. “학습동기부여의 자기이해와 설계 및 현장중심 교육, 그리고 문제해결능력”까지 체계가 잘 잡혀있다고 본다. 다만 인증 초반에 탈락된 우리가 안도의 한숨을 쉬는 이유와 같이 “번다함이 본질을 잃을 수 있다”는 옛말은 지금 ABEEK에서 꼭 새겨들어야 할 쓴 소리이다. 공학인증에 고마운 것은 몇 년의 ABEEK 훈련을 통해 우리 학과는

아직 학습동기부여, 설계 및 현장실습, 강의비교 설문조사, 졸업생 취업과 피드백시스템을 잘 운영하고 있다는 것이다. 그러나 우리 학과가 다시 ABEEK에 도전하고 싶은 생각은 아직 들지 않는다.

과연 우리나라에 금속·재료전공 학과와 학생 수가 어느 정도면 적합할까? 이것은 공학교육을 책임진 우리

교수들이 풀어내야 할 문제이다. 융합의 블루 오션이 창출된다면 사람과 세상에 유의미한 “행복한 엔지니어”가 얼마든지 배출되어도 좋을 것이다. 나는 짧은 시일 내에 훨씬 더 많은 금속·재료 전공자들이 우리 사회에 꼭 필요할 것이라고 믿는다. 물론 자기이해가 바탕이 된 다중지능의 엔지니어 인재이다. 