

PCB 다축드릴머신의 구조해석 및 설계

이종선^{1*}

Design and Structural Analysis of Multi-Axis Drill M/C for PCB

Jong-Sun Lee^{1*}

요약 본 논문에서는 PCB의 제작 공정에 있어 기준구멍을 가공하기 위한 다축드릴머신의 PCB와 드릴날 간의 충돌시 힘을 구하여 설계에 반영한다. 이는 PCB 가공을 대량생산에 적합하고 정확성을 높이기 위해 PCB용 다축드릴머신을 설계함에 있어 해석결과를 이용하여 안전성확보와 제작단가를 절감할 수 있다.

Abstract The objective of study is design and structural analysis of multi-axis drill machine for PCB. This is able to reduce the unit cost of manufacture and to ensure safety, that is with the result of analysis by design the multi-axis drill machine for the use of PCB to enhancing suitability and exactitude in mass production the process of PCB.

Key Words : PCB(Printed circuit board), Structural analysis, Multi-axis drill machine, Maximum deformation, Yield stress

1. 서론

현대 사회에 전자제품이 필수적으로 사용됨에 따라 전자제품의 기본 부품인 인쇄회로기판(PCB : Printed Circuit Board)의 수요도 꾸준히 급증하고 있다.

그러나 PCB의 공정중 내층 및 적층 과정에서 원활한 공정을 위해 기준구멍을 드릴링하는 과정은 대다수의 공장에서 수작업을 통하여 작업함으로써 효율이 저하될 뿐 아니라 정확도 또한 일정치 못하여 좋은 부품을 제작하는데 어려움이 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 PCB용 다축드릴링머신을 개발함으로써 공정의 작업능률을 증대시키고 높은 정확도와 대량생산에 적합한 공정을 개발 할 수 있다.

드릴은 여러 개의 모터에 개별적으로 설치하고 모터를 장탈착 할 수 있도록 제작하여 불필요한 전력소비를 줄일 수 있게 하고 간편한 조작으로 드릴링 과정과 PCB의 추출과정이 이루어지도록 제작함에 있다. 또한 드릴이 연결된 여러 개의 모터는 동시에 하강하여야 함으로 여러 개의 축을 연결하여 동시에 하강하도록 하고 하강시 상부의 자중을 지지하기 위하여 하부에 유압실린더를 연결하여 압력을 조절한다. 그러므로 본 논문에서는 PCB 다

축드릴머신의 설계를 위한 조건으로 적절한 유압실린더의 압력을 알기 위하여 여러 조건으로 PCB와 드릴날과의 응력과 변형률을 해석함으로써 가장 적절한 값을 찾아 설계에 반영한다.

2. PCB 다축드릴머신의 설계

드릴공정의 원활한 작업을 위해 그림 1과 같이 SolidWorks를 이용하여 설계하였다. 모터를 개별적으로 연결하고 드릴날을 각 모터에 한 개씩 설치함으로써 불필요한 전력소모를 줄이고, 지지대를 목재로 제작하여 드릴날의 회전시 과부하를 방지할 수 있다. 작업범위는 최대 600mm × 650mm, 최소 84mm × 140mm로서 1개의 모터 위치제어부에 6개의 드릴을 장착할 수 있으며 4개의 위치제어부로 이루어져 있다. 그러나 작업사양에 따라 최소범위내에서 드릴을 추가 시킬 수 있다. 지지대 하부에는 PCB 분말의 흡입판을 설치하여 작업자의 안전을 도모하고 드릴작업이 수행될 때 자동으로 흡입하기 위하여 개구부를 실린더에 연결하였다. 상부에는 PCB 가공후 안전한 이탈을 위하여 슬라이더를 설치하여 후면으로 드릴과정이 끝나면 자동으로 이탈할 수 있도록 하였다.

¹대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

*교신저자 : 이종선(jongsun@daejin.ac.kr)

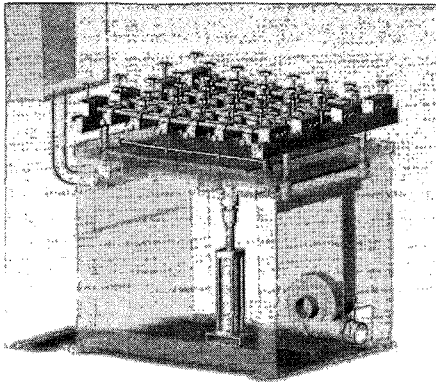


그림 1. 다축드릴머신의 전체 형상

3. 유한요소해석

드릴날의 하강시 드릴과 PCB간의 충돌로 인한 PCB의 파손을 방지하기 위하여 충돌시 힘을 알기 위해 유한요소해석 코드인 ANSYS를 통하여 해석하였으며 결과값을 통해 상승 및 하강을 조절하는 유압실린더의 압력을 계산할 수 있다.

해석을 위한 PCB의 물성치를 적용시키기 위하여 PCB의 주원료인 Epoxy의 물성치를 적용 하였으며 값은 표 1과 같다.

표 1. Epoxy의 재료 물성치

Property	Value
Young's Modulus (GPa)	13
Poisson' Ratio	0.42
Mass Density (kg/mm ²)	1.85e-6
Tensile Yield (MPa)	38.5
Compressive Yield (MPa)	170
Tensile Ultimate (MPa)	55

실제 드릴작업시 구속되는 면은 가장 면적이 넓은 아랫면이 지지대에 접촉하여 가공되지만 가장 불안한 상태에서 최적의 결과값을 구하기 위하여 대면하는 면중 거리가 가장 먼 두면을 완전 고정하여 해석을 수행하였으며 가로, 세로의 크기와 드릴의 개수를 최소거리와 최대 거리에 따라 Case I ~ Case IV까지 변경하여 해석을 수행하였다.

그림 2 ~그림 5는 4가지 경우의 PCB의 크기와 힘을 가한 거리를 나타내며, 그림 6 ~ 그림 9는 각 모델의 mesh 형상으로 5mm 이하의 4면체 요소로 요소망을 구성하였다.

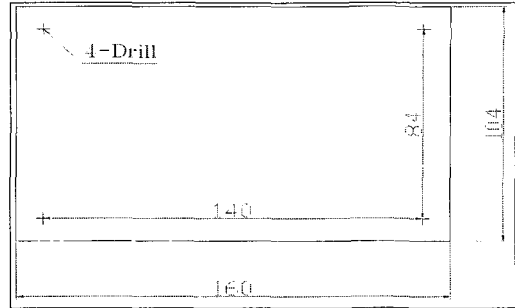


그림 2. Case I (84×140, 4-Drill)

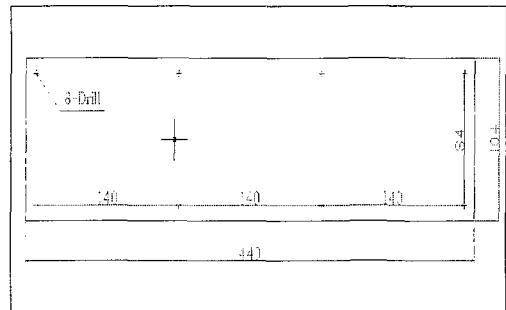


그림 3. Case II (84×140, 8-Drill)

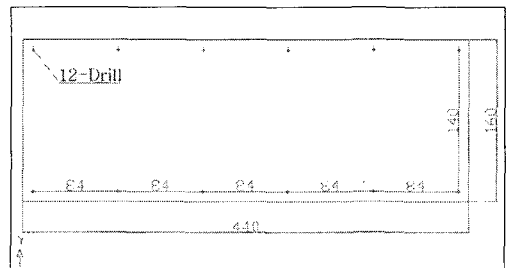


그림 4. Case III (84×140, 12-Drill)

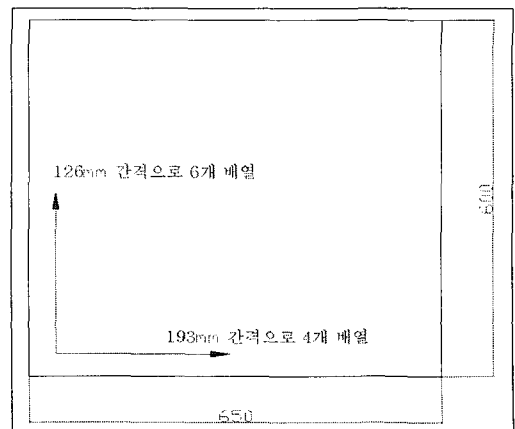


그림 5. Case IV (등간격, 24-Drill)

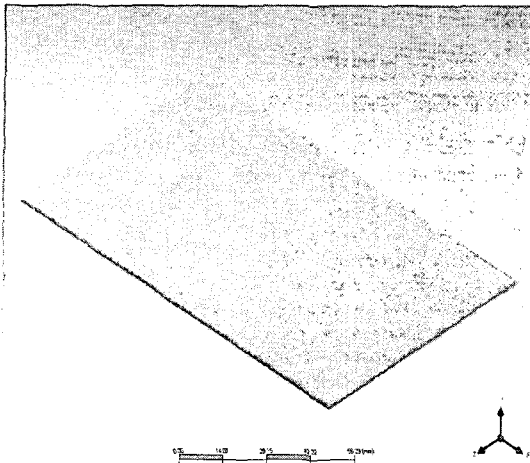


그림 6. Case I의 메쉬형상

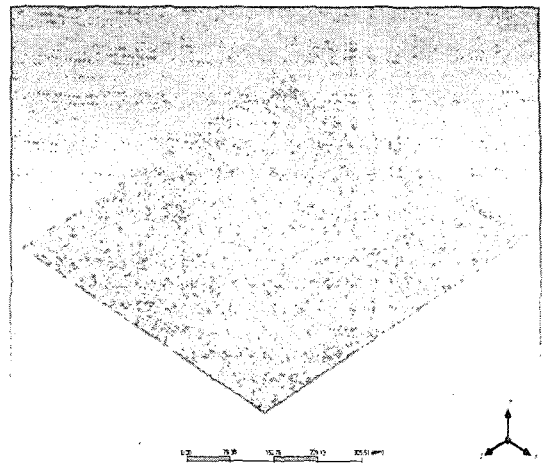


그림 9. Case IV의 메쉬형상

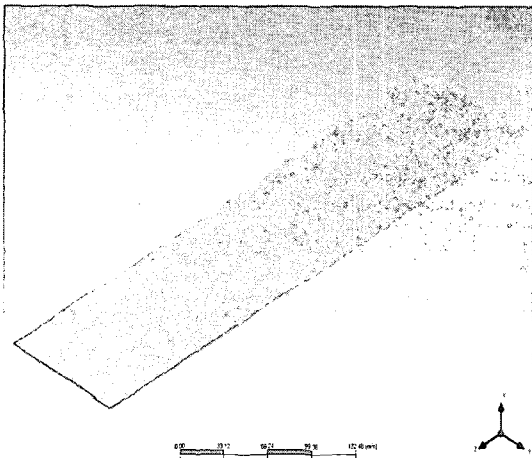


그림 7. Case II의 메쉬형상

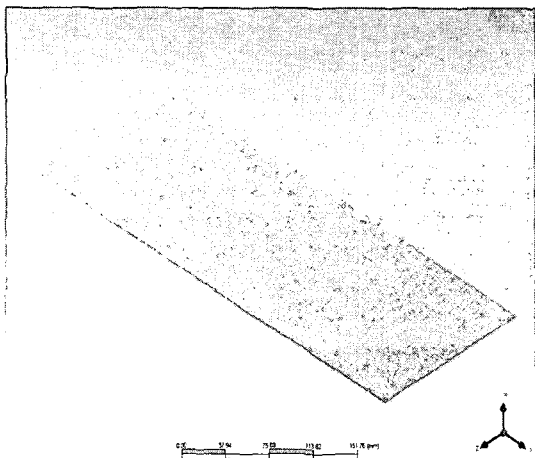


그림 8. Case III의 메쉬형상

각 경우의 요소수와 질점수는 표 2와 같다.

표 2. Case I ~ Case IV의 절점수와 요소수

구 분	절 점 수	요 소 수
Case I	22,737	12,326
Case II	43,806	21,595
Case III	67,384	33,312
Case IV	136,806	67,570

그림 10 ~ 그림 21은 PCB의 최대응력, 최대변형률 및 변형량을 나타낸 것이다.

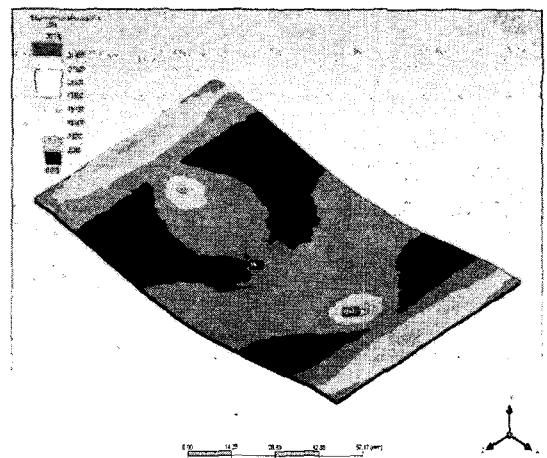


그림 10. Case I의 응력

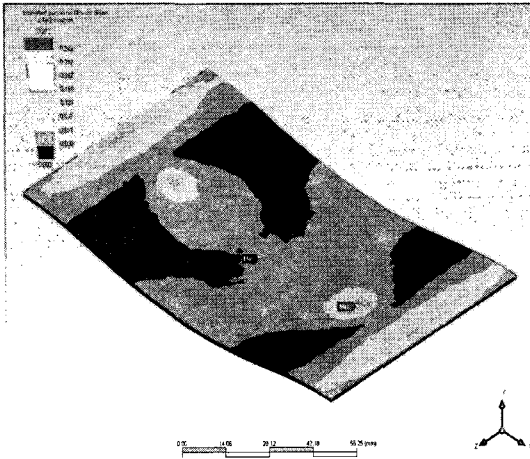


그림 11. Case I의 변형률

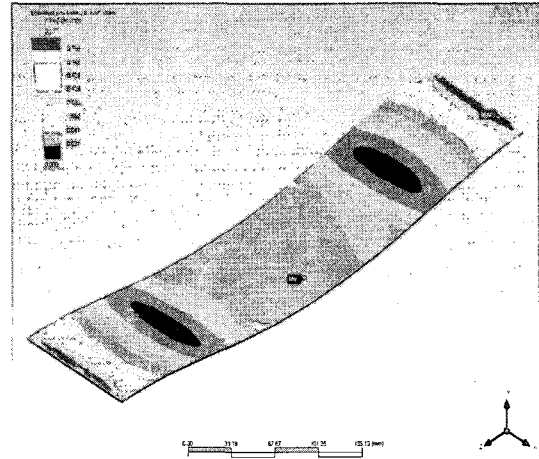


그림 14. Case II의 변형률

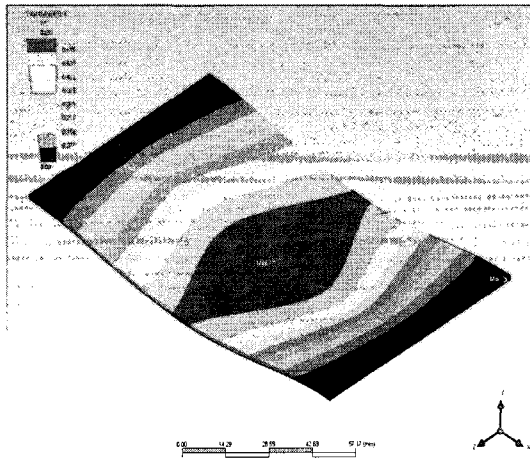


그림 12. Case I의 변형량

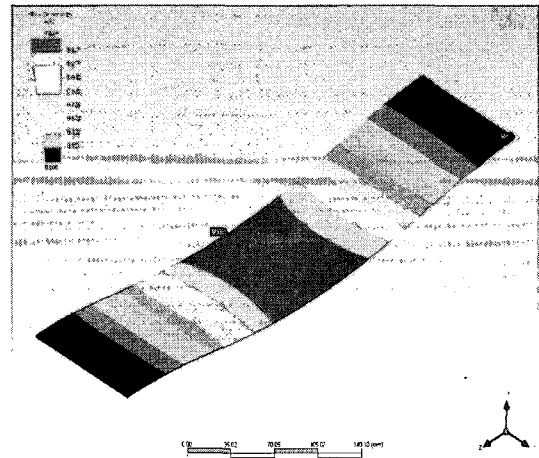


그림 15. Case II의 변형량

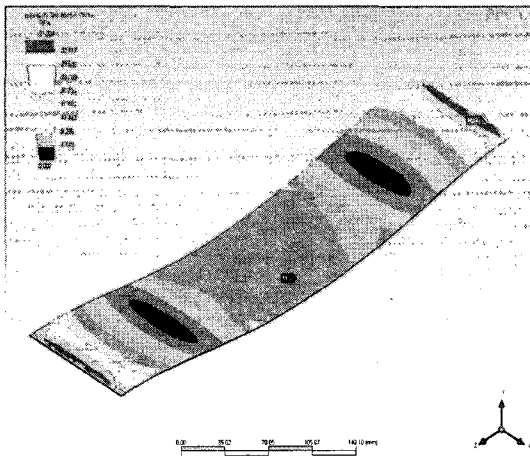


그림 13. Case II의 응력

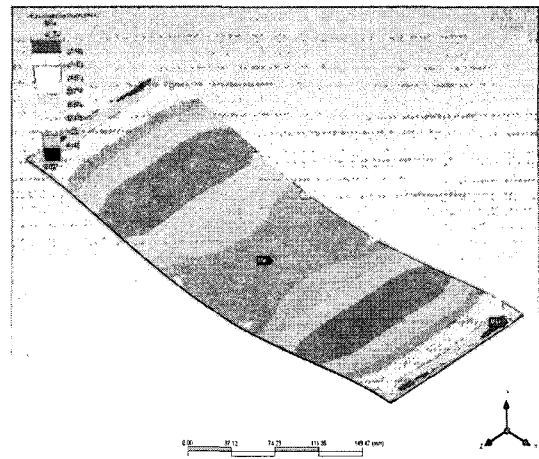


그림 16. Case III의 응력

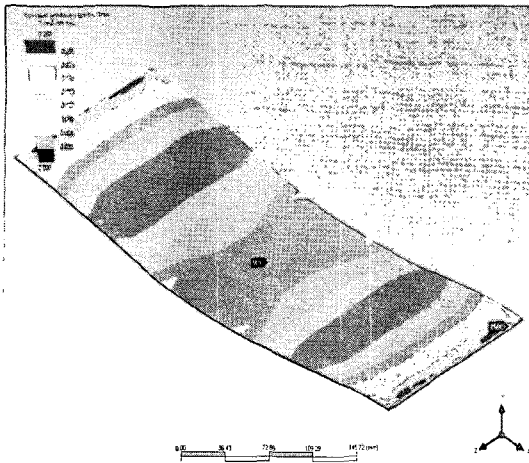


그림 17. Case III의 변형률

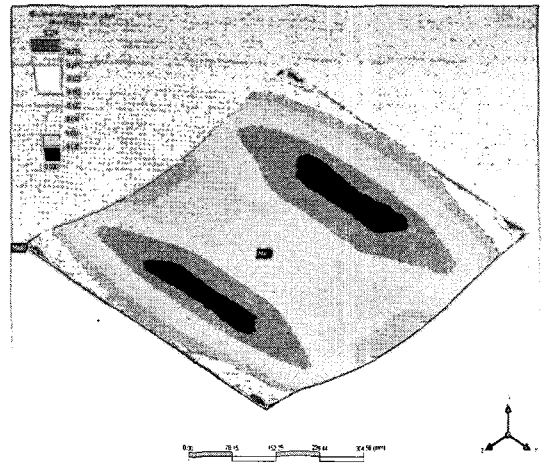


그림 20. Case IV의 변형률

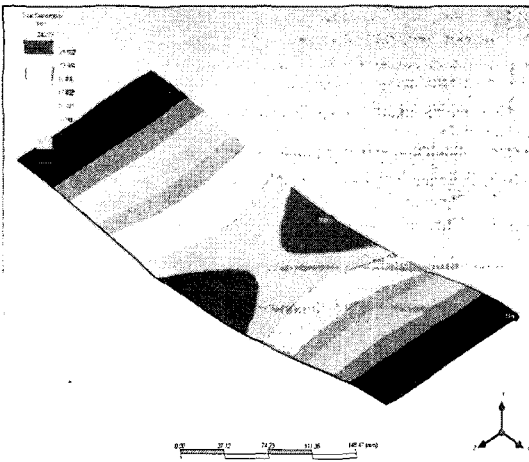


그림 18. Case III의 변형량

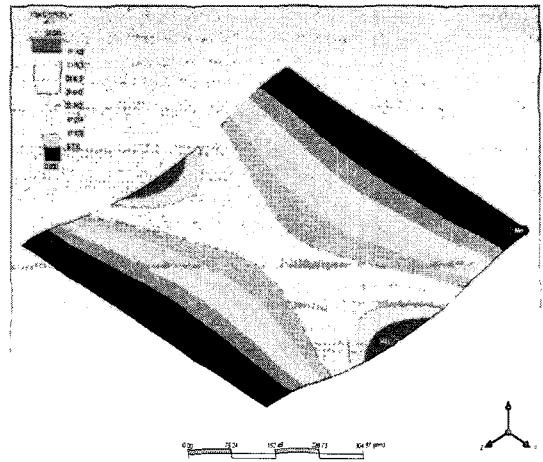


그림 21. Case IV의 변형량

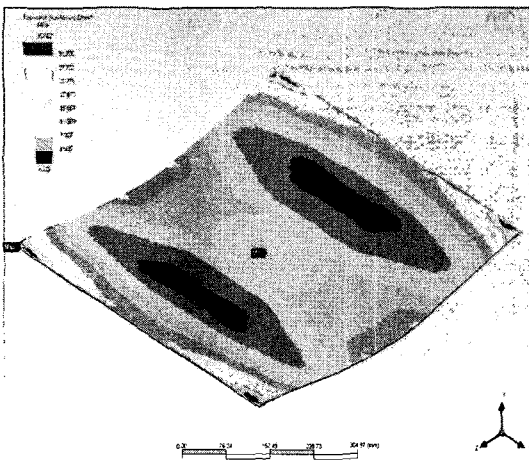


그림 19. Case IV의 응력

위와 같은 해석을 통하여 표 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 3. 해석결과

Case	Max Stress (MPa)	Max Strain	Max Deformation (mm)	Force (N)
I	35.390	0.272e-2	0.692	50
II	37.324	0.187e-3	1.628	60
III	37.289	0.287e-2	24.279	75
IV	35.662	0.274e-2	51.641	150

Epoxy의 항복응력은 약 38.5MPa로서 표 3에서 보는 바와 같이 각 경우의 최대응력은 허용응력 이하이며 그

때의 적절한 힘을 구하면 50N, 60N, 75N, 150N으로 볼 수 있다. 그러므로 안전한 가공을 위하여 드릴이 하강하는 힘은 50N이하로 제어하여야 한다. 또한 변형량이 면적이 넓은 경우에 큰 것을 볼 수 있는데 이는 구속되어지는 면이 멀기 때문이며 실제 적용시에는 가장 넓은 면인 밀면을 고정하므로 큰 변형량으로 인한 뒤틀림현상은 고려하지 않아도 된다.

4. 결론

PCB 기준구멍을 가공하기 위한 다축드릴머신 설계에 있어 PCB의 구조해석을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 기준구멍 가공시 가장 불안정한 경우를 해석하기 위하여 대면하는 면이 가장 먼 두면을 고정하고 드릴개수와 간격을 조절하여 해석함으로써 각 경우에 대해 하강해야 하는 힘을 알 수 있었고 안전한 가공을 위하여 50N이하의 힘으로 하강하여야 함을 알 수 있었다.
- (2) 하강하는 힘이 적을 수록 하부에서 유압 실린더가 지지해야하는 압력이 커지므로 하강하는 힘은 항복응력 이내에서 최대의 힘으로 하강하여야한다.
- (3) 다축드릴의 동력요소인 모터를 개별적으로 장탈착 할 수 있게 하여 불필요한 회전을 방지하므로써 전력소모를 방지 할 수 있다.
- (4) PCB 가공을 대량생산에 적합하고 정확도를 높이기 위해 해석결과를 이용하여 안전성확보와 제작단가를 절감할 수 있다.

5. 참고문헌

- (1) 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001.
- (2) 김낙수, 임용택, 진중태 공역, 공업재료 가공, 반도체출판사, 1994.
- (3) T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, Introduction to Finite Elements in Engineering, Prentice Hall, 1991.
- (4) ANSYS User's Manual Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1996.
- (5) James shakelford and William Alexander, "Material Science and Engineering Hand Book", CRC Press, 1994.
- (6) Weaver, Jr. W. and Johnston, R., Finite Elements for Structural Analysis, Prentice Hall, 1993.

이 종 선(Jong-Sun Lee)

[종신회원]



- 1982년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 국민대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 국민대학교 기계설계학과(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 부교수

<관심분야>
최적설계, 생산공학