

## PCB 판에 대한 핀의 이동 공정에 따른 압입파괴 평가

김영춘<sup>1</sup>, 김춘식<sup>2</sup>, 이희성<sup>2</sup>, 조재웅<sup>\*</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 기계자동차공학부, <sup>2</sup>태성전자주식회사

### Estimation of Indent Fracture due to the Moving Process of a Pin on PCB Plate

Young-Choon Kim<sup>1</sup>, Choon-Sik Kim<sup>2</sup>, Hee-Sung Lee<sup>2</sup>, Jae-Ung Cho<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

<sup>2</sup>Taesung Electro-Cricuit Systems

**요약** 기계적 체결 방식으로 볼트와 너트를 이용한 결합 방식과 리벳이나 핀이 널리 사용되고 있다. 압입 방식은 다른 생산방법에 비하여 쉽게 가공 가능하며 재료의 인성이 우수하다. 하지만 실제적으로 압입방식으로 생산하는 과정에서 균열이 발생할 수 있는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 CATIA 프로그램을 이용하여 핀이 PCB 판으로 들어가고 나가는 두 가지 경우의 모델을 만들고 ANSYS 프로그램을 이용하여 유한요소 해석을 수행하였다. Case 1 및 2의 경우에 핀이 PCB판에 들어갈 때, PCB판에서 작용되는 최대 하중은 각각 79.708N과 90.277N이다. 그리고 Case 1 및 2의 경우에, PCB판이 Pin에서 빠져나올 때의 최대 하중은 각각 63.783N과 33.75N으로 각각 나타났다. 본 연구의 결과를 실제 압입 공정의 설계에 응용한다면 그 파손방지 및 내구성을 평가하는 데에 활용이 클 것으로 사료된다.

**Abstract** Assembly using a bolt and nut, and rivet or pin have been used widely for forming mechanical joints. The indent method is an easier process than other manufacturing techniques and the toughness of the material is excellent. On the other hand, there are many cases in which the cracks occur on the manufacturing process as the indent method. Therefore, two kinds of models, in which a pin goes into and out PCB plate in this study were developed using the CATIA program and finite element methods were performed using the ANSYS program. When a pin was passed through a PCB plate in cases 1 and 2, the maximum loads applied to the PCB plate were 79.708N and 90.277N, respectively. When the PCB plate came out of the pin in cases 1 and 2, the maximum loads were 63.783N and 33.75N, respectively. The damage prevention and durability can be improved by applying the study results to the design of real indentation.

**Key Words** : Joint method, Indent, Load, Pin, PCB plate

### 1. 서론

기계적 체결 방식으로는 볼트와 너트를 이용한 결합 방식, 리벳이나 핀을 이용한 결합 방식 등 많은 방식들이 있다. 압입 방식의 장점은 다른 생산방법에 비하여 쉽게 가공 가능하며 재료의 인성이 우수하고, 경량화된 강한 부품을 매우 균질한 정밀도로 생산하는 것 또한 가능하다[1-3]. 이러한 프레스의 기술 진보는 미래에 주력으로

사용될 전망이 크다. 본 연구에서는 핀이 PCB 판으로 들어가고 나가는 이동 공정으로서 두 가지 경우로 해석하였다. CATIA 프로그램을 이용하여 3D 모델링하였으며, ANSYS 프로그램을 이용하여 유한요소 해석을 수행하였다. 이를 통해서, 압입 접촉된 평면에서 손상평가를 하였다[4,5]. 본 연구의 결과를 종합하여 실제 압입 공정의 설계에 응용한다면 그 파손방지 및 내구성을 검토, 예측하는데 활용이 클 것으로 사료된다.

\*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(Kongju Univ.)

Tel: +82-41-521-9271 email: jucho@kongju.ac.kr

Received August 21, 2014

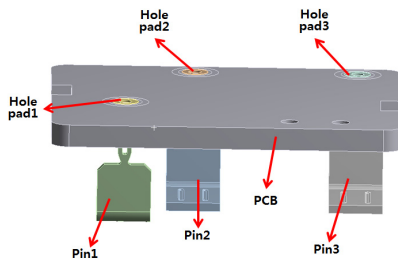
Revised October 20, 2014

Accepted December 11, 2014

## 2. 연구 모델 및 경계조건

### 2.1 연구모델

본 연구에 3D 설계된 모델은 Fig. 1에서와 같으며, 이 모델에 대한 각 부품들을 도시하였다. Fig. 1에서 보면 본 연구의 모델링은 핀(3개), Hole Pad(3개), PCB판(1개)으로 조립되어 있다. 또한 Hole pad는 PCB판과 붙어 있으며, 핀과 Hole Pad는 떨어져 있는 상태이다. 본 연구의 Case 1의 해석상 절점 및 요소 수는 각각 277060개와 178529개이며, Case 2의 해석상 절점 및 요소 수는 각각 268846개와 174486개이다. 또한 Case 1과 Case 2의 Pin들의 크기는 Table 1에 나타내었다. Hole pad와 핀은 순동으로 구성되고, PCB판은 fr-4로 구성되어 있다. 또한, 순동과 fr-4의 물성치들은 Table 1에 나타내었다.



[Fig. 1] Analysis models

[Table 1] Sizes of pin and hole pad

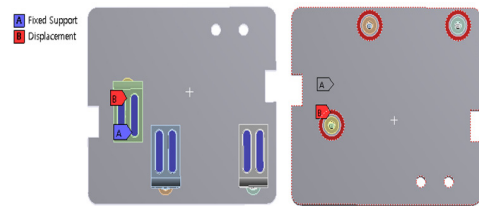
	Size
PCB hole size	1.000mm
Pin size_1	0.955*0.640mm
Pin size_2	1.015*0.640mm
Hole pad thickness	35um

[Table 2] Material property of model

	Copper	fr-4
Density(kg/mm <sup>3</sup> )	8.96×10 <sup>-5</sup>	1.9×10 <sup>-6</sup>
Young's Modulus(MPa)	11000	22500
Poisson's Ratio	0.343	0.11
Tensile Yield Strength(MPa)	33.3	300
Tensile Ultimate Strength(MPa)	210	400

### 2.2 경계조건

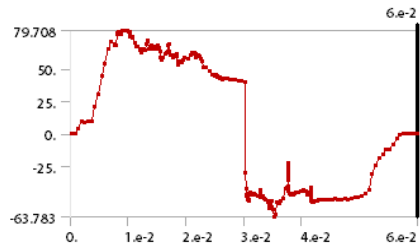
실제적으로 똑같이 시뮬레이션에서 구현하기 위해서 Fig. 2에서와 같이 경계조건을 주었다. Fig. 2에서 보면 Case 1과 Case 2는 모두 같은 경계조건을 주며 Pin의 받침을 고정시키고, PCB판면에서 붉은색으로 표시된 영역에 변위를 가하였다. 붉은색으로 표시된 영역은 링이며, 안의 원의 직경은 2.5mm이고 밖의 원의 직경은 3.5mm이다. 또한 모델링에 가해진 변위는 PCB판은 0.06s안에 아랫방향으로 3mm정도 내려갔다가 다시 원래의 상태로 되돌아간다고 사료된다.



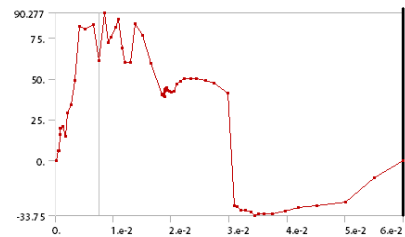
[Fig. 2] Boundary conditions of model

## 3. 해석 및 결과

### 3.1 하중 해석 결과



[Fig. 3] Graph of load vs. time of case 1

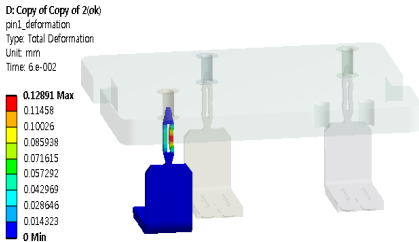


[Fig. 4] Graph of load vs. time of case 2

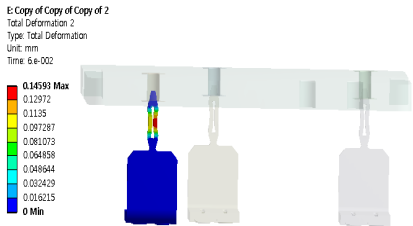
Fig. 3과 Fig. 4에 도시된 그림들은 시간-하중 그래프이며, 가로축은 시간이고 세로축이 하중이다. 하중은 전

체 과정에 PCB판에서 작용한 하중이다. Fig. 3에서 보면 Case 1의 경우에 핀이 PCB판에 들어갈 때 PCB판에서 작용하는 최대 하중은 약 79.708N인 것을 확인하였으며, PCB판이 Pin에서 빠져나올 때의 최대 하중은 약 63.783N으로 나타났다. Fig. 4에서 보면 Case 2의 경우에 핀이 들어갈 때 PCB판에 작용하는 최대 하중은 약 90.277N인 것을 확인하였으며, PCB판이 Pin에서 빠져나올 때의 최대 하중은 약 33.75N으로 나타났다. 이 해석 결과를 통하여, 핀의 직경을 커짐에 따라 처음에 핀이 PCB판에 들어갈 때 PCB판에서 작용한 하중이 커지고 PCB판은 Pin에서 빠져나올 때 하중이 작아진 것을 확인하였다.

### 3.2 변형량 해석 결과



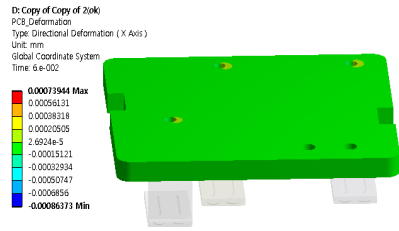
[Fig. 5] Total deformation of Pin 1 at 0.06s of case 1



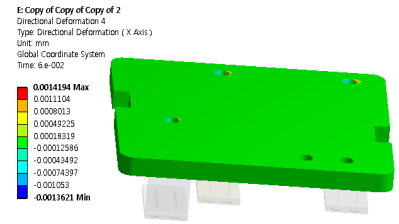
[Fig. 6] Total deformation of Pin 1 at 0.06s of case 2

Case 1의 3개의 Pin들과 3개의 Hole pad들의 해석결과는 거의 동등한 양상으로 나타났으며, Case 2도 같은 양상을 나타냈다. 따라서 본 연구에서는 Case별로 Pin 1과 Hole pad 1의 해석결과들만 비교한다. Fig. 5에서 보면 Case 1의 Pin 1의 0.06s에서 나온 최대 변형량이 0.12891mm로 나온 것을 보였다. Fig. 6에서 보면 Case 2의 Pin 1의 0.06s에서 나온 최대 변형량이 0.14593mm로 나온 것을 확인하였다. Case 1과 Case 2의 경우는 모두 Pin의 가운데 오른쪽에서 최대 변형량이 발생된 것을 볼 수 있으며, Case 2의 최대 변형량이 더 크게 나온 것을

알 수 있었다.

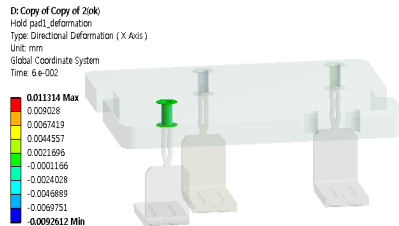


[Fig. 7] Total deformation of PCB at 0.06s of case 1

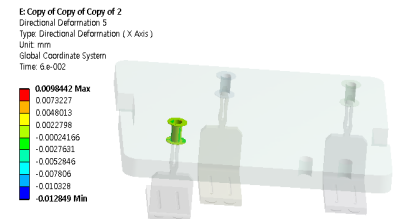


[Fig. 8] Total deformation of PCB at 0.06s of case 2

Fig. 7에서 Case 1의 PCB의 최대 변형량이 나타났으며, 0.00073944mm로 나온 것을 확인하였다. Fig. 8에서 Case 2의 PCB의 최대 변형량이 나타났으며, 0.0014194mm로 나온 것을 확인하였다. 이를 통하여 Case 2의 PCB의 최대 변형량은 Case 1의 PCB의 최대 변형량보다 약 2배로 더 크다는 것을 알 수 있었다.



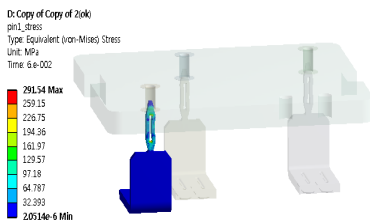
[Fig. 9] Total deformation of Hole pad 1 at 0.06s of case 1



[Fig. 10] Total deformation of Hole pad 1 at 0.06s of case 2

Fig. 9에서는 Case 1의 Hole pad 1의 최대 변형량이 나타났으며, 0.01314mm로 나온 것을 확인하였다. Fig. 10에서는 Case 2의 Hole pad 1의 최대 변형량이 나타났으며, 0.0098442mm로 나온 것을 확인하였다. Case 1의 Hole pad 1의 최대 변형량은 더 크지만 대부분 부위의 변형량은 초록색으로 표시되어 0.001mm쯤에 있는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 10에서 보면 Case 2의 Hole pad 1의 대부분의 부위들에서 노란색으로 표시되어 0.003mm쯤에 있는 것을 알 수 있다.

### 3.3 등가응력 해석 결과

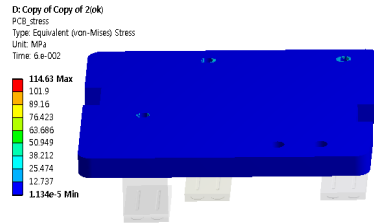


[Fig. 11] Equivalent stress of Pin 1 at 0.06s of case 1

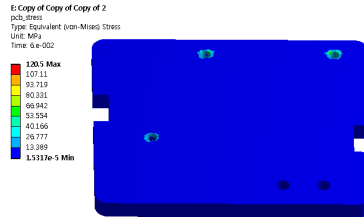


[Fig. 12] Equivalent stress of Pin 1 at 0.06s of case 2

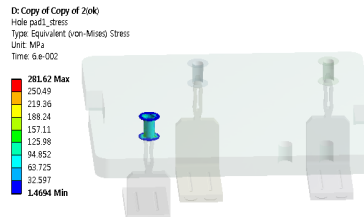
Fig. 11에서는 Case 1의 Pin 1이 최대 등가응력을 나타냈으며, 291.54MPa로 나오고 Fig. 12에서는 Case 2의 Pin 1이 최대 등가응력을 나타냈으며, 355.85MPa로 나온 것을 확인하였다. 전체적으로 보면 Case 1과 Case 2의 Pin 1의 최대 등가응력이 모두 순동의 항복응력보다 크므로 Pin의 표면이 파괴된 것을 알 수 있다. 또한 Case 2의 Pin 1의 최대 등가응력이 더 크고 Pin 1의 양쪽으로 변형을 보이며, Case 1의 Pin 1은 오른쪽만이 변형을 보인다.



[Fig. 13] Equivalent stress of PCB at 0.06s of case 1



[Fig. 14] Equivalent stress of PCB at 0.06s of case 2



[Fig. 15] Equivalent stress of Hole pad 1 at 0.06s of case 1



[Fig. 16] Equivalent stress of Hole pad 1 at 0.06s of case 2

Fig. 13, Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16에서 보면, Case 1의 PCB의 최대 등가응력이 114.63MPa로 나오고 Case 2의 PCB의 최대 등가응력은 120.4MPa로 나오고, Case 1의 Hole pad 1의 최대 등가응력이 281.62MPa로 나오고 Case 2의 Hole pad 1의 최대 등가응력은 313.46MPa로 나온 것을 확인하였다. Fig. 13과 Fig. 14를 함께 보면 Case 2의 PCB에 응력을 더 받은 게 보이며, Case 2의

PCB의 최대 등가응력이 더 큰 것을 알 수 있었다. 또한 Case 1과 Case 2의 경우의 PCB는 모두 Hole의 표면만 파괴되고 다른 부위에 fr-4의 항복응력을 초과하지 않고 파괴가 안 되는 것으로 보인다. Fig. 15와 Fig. 16을 함께 보면 Case 2의 Hole pad 1의 최대 등가응력이 더 크게 나타났다. 또한 Case 1과 Case 2의 Hole pad 1의 대부분 부위에서 모두 순응의 항복응력을 초과하며, Case 1과 Case 2의 Hole pad 1은 모두 파괴된다고 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 압입 공정의 2가지 Case로서 핀이 PCB 판으로 들어가고 나가는 경우에 대하여 유한요소해석을 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. Case 1의 경우에 있어 핀이 PCB판에 들어갈 때 PCB판에서 작용하는 최대 하중은 약 79.708N인 것을 확인하였으며, PCB판이 Pin에서 빠져나올 때의 최대 하중은 약 63.783N으로 나타났다. Case 2의 경우에 있어 핀이 들어갈 때 PCB판에 작용하는 최대 하중은 약 90.277N인 것을 확인하였으며, PCB판이 Pin에서 빠져나올 때의 최대 하중은 약 33.75N으로 나타났다. 이 결과를 통해서 핀의 직경이 커짐에 따라 처음에 핀이 PCB판에 들어갈 때 PCB판에서 작용한 하중이 커지고 PCB판은 Pin에서 빠져나올 때 하중이 작아진 것을 확인하였다.
2. 구조 변형량의 해석결과, Case 2경우의 Pin의 크기가 더 크므로 Case 2의 모든 부품의 변형량이 Case 1보다 더 크다는 것을 확인하였다.
3. 구조 등가응력의 해석결과, Case 1과 Case 2의 Pin 1과 PCB는 모두 표면만 파괴가 되고, Hole pad 1은 파괴가 된 것을 알 수 있었다.
4. 연구의 결과를 종합하여 실제 압입 공정의 설계에 응용한다면 그 파손방지 및 내구성을 검토, 예측하는데 활용이 클 것으로 사료된다.

#### References

- [1] Sim. Yong-Sub, Lee. Hee-Sang, "The Comparison of the In-Situ Thermal Response Tests and CFD Analysis of Vertical-type Geothermal Heat Exchanger", Journal of

KAIS, Vol. 14, No. 7, pp. 3146-3169, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.7.3164>

- [2] Jeon. Sung-Taek, Cho. Jin-Pyo, "Effect of pitch angle and blade length on an axial flow fan performance", Journal of KAIS, Vol. 14, No. 7, pp. 3170-3176, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.7.3170>

- [3] Kang. Gil-Hyun, Kim. Chul-Su, "Damping Characterization of the Double-skin Aluminum Extruded Panels for Rolling Stock Carbody", Journal of KAIS, Vol. 14, No. 7, pp. 3197-3202, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.7.3197>

- [4] H. Y. Kim, J. M. Kim, J. G. Choi, K. T. Lee and D. J. Lee, "Structural Analysis for the Development of Round Recliner", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 2, pp. 1361-1366, 2003

- [5] Kim. Jin-Dong, Cha. Jong-Ho, "A Study on the Regional Resources Facilities Tax", Journal of KAIS, Vol. 14, No. 7, pp. 3223-3231, 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.7.3223>

#### 김 영 춘(Young-Chun Kim)

[중신회원]



- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

전기자동차전력변환, 전장제어, 태양광에너지

#### 김 춘 식(Choon-sik Kim)

[정회원]



- 1979년 2월 : 인하대학교 건축공학과
- 2006년 8월 : 호서대학교 대학원정보 제어공학과 (공학석사)
- 1994년 6월 : 경신공업(주) 부사장
- 1985년 7월 ~ 현재 : 태성전장주식회사 대표이사

<관심분야>

철도 및 자동차 부품, 제조, 와이어하네스, 자동차 센서

**이 희 성(Hee-Sung Lee)**

[정회원]



- 2007년 2월 : 공주대학교 기계설계 공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 공주대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2009년 1월 ~ 현재 : 태성전장주식회사 연구소 입사 / 재직

<관심분야>

배터리 전류센서, 금형 및 단조, 자기장 해석, 홀 센서

---

**조 재 응(Jae-Ung Cho)**

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석