

리드프레임 피어싱 공정의 2D 와 3D 모델링 비교해석 및 실험적 연구

방현중¹, 한수식², 한철호[#]

A Comparative Analysis between 2D and 3D Modeling in the Piercing Process of Lead Frame and Experimental Study

H. J. Bang, S. S. Han, C. H. Han

Abstract

Piercing or blanking process is widely used to manufacture most of lead frame parts, but it is difficult to analyze the real process by the actual shape through progressive dies. In this paper several stages in progressive punching are modeled by 2D and 3D configurations using DEFORMTM 2D/ 3D code. During the progressive stage some state variables and deformed configurations are analyzed in each model. There are three stages in the process, the deformations at each stage are cumulative. The advantages and disadvantages of these two type modeling are discussed and analyzed. The experiments are performed as a working material copper alloy through manufactured die. Computed results in load by two types are compared to experiments.

Key Words : Lead frame(리드프레임), Blanking(블랭킹), Piercing(피어싱), Fracture(파단), FEM(유한요소해석)

1. 서론

리드프레임(lead frame)은 반도체의 주요 구성 요소의 하나로 반도체 패키지 내부와 외부를 연결해주는 도선 역할, 반도체 칩을 지지해주는 버팀대로서의 역할 그리고 칩에서 발생하는 열의 발산 경로 역할을 한다. 리드프레임 제작 방법에는 에칭법과 프레스 가공법이 있는데, 에칭에 의한 방법은 화학 약품으로 금속판을 부식시켜 가공하는 방법으로 가공 정밀도는 높지만 가격이 비싼 단점이 있다. 그러나 프레스 가공법은 원가가 싸고 품질이 균일하며 대량생산이 가능하다는 장점이 있다.⁽¹⁾ 리드프레임의 가공 공정은 블랭킹, 노칭, 피어싱, 트리밍 등 여러 종류의 공정을 순차적으로 적용시키는 순차이송금형(progressive dies)

을 사용한다.

리드프레임의 주된 공정인 블랭킹, 피어싱은 소재에 압축력을 가하여 최대 전단강도에 이르게 함으로써 크랙을 유발시켜 소재를 분리하는 가공 방법으로 탄성과 소성변형, 파괴를 포함한 전단가공 방식으로 인하여 소재의 전단 과정에서 성형상의 여러 가지 문제점이 발생하게 된다. 국내에서는 천선규 등이 상용 유한요소해석 프로그램 DEFORMTM 2D 를 이용한 해석과 실험을 통하여 리드프레임의 피어싱 공정에서 스트리퍼력과 스트리퍼 형상이 최종 리드 형상에 미치는 영향을 관찰하고 리드프레임의 치수 정밀도 향상을 위한 방법을 제시하였다.⁽²⁾ Jeong 등은 DEFORMTM 2D 를 이용하여 변형률을 파괴기준으로 설정하고 요소 제거 기법을 사용하여 평면변형 전단공정을

1. 금오공과대학교 대학원 생산기계공학과

2. 금오공과대학교 기계공학부

교신저자: 금오공과대학교 기계공학부

E-mail: chhan@kumoh.ac.kr

해석하였다.⁽³⁾ 김윤주 등은 DEFORM™ 2D의 요소 제거 기법을 이용하여 정밀 블랭킹 공정을 해석한 바 있다.⁽⁴⁾

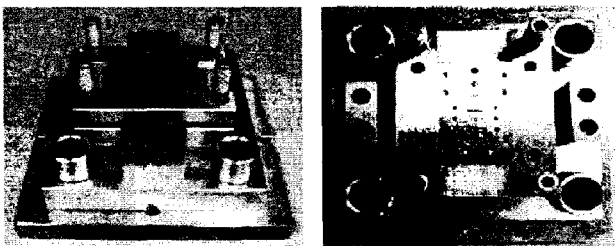
리드프레임 등⁽⁵⁾은 두께가 비교적 얇은 (0.20~0.25mm) 박판소재에 대하여 다이 간극, 압축력 그리고 잔폭이 타발면의 형상에 미치는 영향을 DEFORM™ 2D를 사용하여 해석하였다.

지금까지 유한요소법을 사용한 블랭킹 공정 해석은 직선부의 영향을 받는 곡선과 모서리 부분을 배제한 직선부의 2D 해석이 주로 이루어져 왔으며 3D 유한요소법을 이용한 해석은 미흡하다.

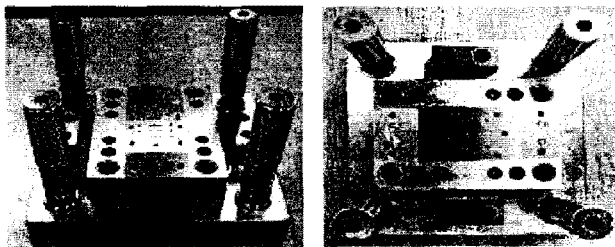
본 연구에서는 DEFORM™ 3D를 이용하여 리드프레임의 연속적인 피어싱 공정에서 직선부 파단면의 형상 및 펀치 침입에 따른 유효응력변화를 해석하고 DEFORM™ 2D의 해석결과와 비교 검토하였으며 리드프레임의 각 공정의 성형 하중을 실험 결과와도 비교 검토하였다.

2. 실험 방법

리드프레임 성형하중을 측정하기 위한 실험장치로서 프레스는 30톤 용량의 유압프레스를 사용하였으며 리드프레임 가공실험에 사용한 순차이송금형은 Fig. 1과 같다.



(a) the upper parts



(b) the lower parts

Fig. 1 Progressive dies

실험에 사용된 계측장치는 실험 중 하중을 측정하는 로드셀과 변위를 측정하는 전위차계를 사

용하였다. 로드셀은 최대하중이 30톤이며 하중지시계(weighing indicator)를 통해 출력 값을 증폭시켰고, 전위차계는 계측길이 300mm까지 가능하다.

3. FEM 해석

리드프레임 피어싱 해석을 위한 공정은 실제 공정 순서와 일치하도록 공정을 선정하였다. Fig. 2는 해석에서 고려한 리드프레임 피어싱 공정이다.

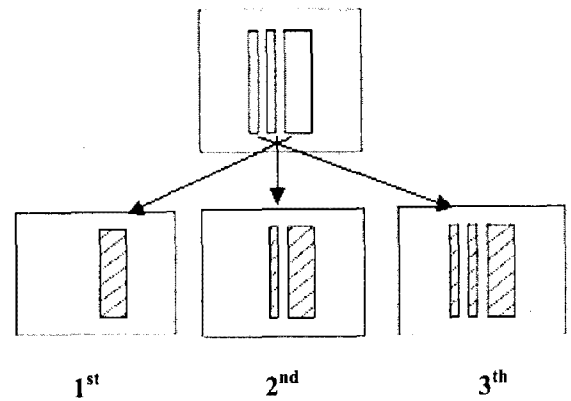


Fig. 2 Model for the lead frame in piercing process

유한요소 해석에서 적용한 공정은 Fig. 2에 나타난 1st, 2nd, 3th 단계 가공이며 실험의 순차 이송금형이 한 피치씩 이송하여 실제 공정이 진행되는 것과 같은 유사한 조건으로 피어싱 해석을 수행하였다.

재료의 파괴가 시작되기까지 재료의 전단은 요소 재구성에 의해 변형 해석되었으며 요소의 손상도 값이 규정된 파괴기준 값에 도달하면 파괴가 시작되고 계속되는 파괴는 요소를 제거하는 방법⁽³⁾을 선택하였다. Fig. 3은 유한요소 해석에 사용한 다이, 펀치, 스트리퍼 그리고 소재의 구성을 나타낸 것이다.

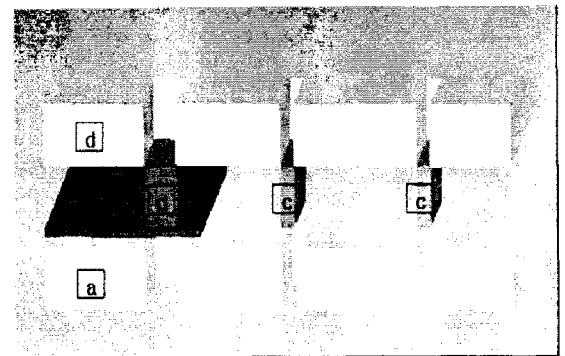


Fig. 3 Simulation modeling of parts (a) die, (b) sheet (c) punch, (d)striper

펀치 속도는 실제 공정에서 측정된 값을 사용하였는데, 1st 단계에서는 3.7 m/s 이며 2nd, 3th 단계에서는 5.6 m/s 이다. 다이 간극은 소재 두께의 4%이며, 소재는 KFC 1/2H 19210 을 사용하였고 다른 해석 조건은 Table 1 에 나타난 것과 같다.

Table 1 Conditions for FE analysis

Iteration control	Newton-Raphson
Fracture method	Normalize Cokccroft & Latham
Friction coefficient	0.1
Process definition	Isothermal, Plane-strain
Fracture criterion	2.0

3. 실험 및 FEM 해석 결과

3.1 실험과 FE 해석의 성형하중 비교

리드프레임의 성형하중에 대한 실험결과는 펀치 크기의 종류에 따라 1st 단계와 2nd, 3th 단계로 나누었고, 해석 결과와 비교하여 Fig. 3 과 Fig. 4 에 나타내었다.

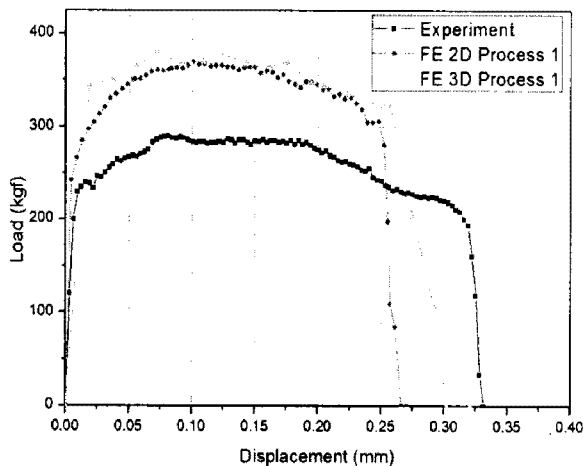


Fig. 3 Comparison of measured load-displacement curves between experiment and FE analysis results for Stage I

1st 단계에서 해석 결과는 실험의 성형 하중보다 높은 값을 나타내었으며 성형 하중이 급격히 감소하는 위치도 해석 결과가 더 빨리 나타났다. 성형 하중의 감소 위치의 차이는 해석에서의 과단 발생 시점이 실제 실험에서 발생하는 시점보다 지연되

어 나타났기 때문에 판단된다. 이것은 손상도 값이 규정된 파괴 기준값이 실제의 경우와 차이를 나타내기 때문에 판단되며 향후 이 부분에 대하여 개선이 요구된다. 해석 방법에 따른 성형 하중의 비교에 있어서 3D 해석 결과가 2D 결과보다 하중이 약간 높게 나타나지만 성형하중 변화 양상은 비슷하게 나타났다. 3D, 2D 유한요소해석에서 최대 성형 하중은 각각 380 kgf, 369 kgf 이었으며, 실험에서는 289 kgf 로 나타났다.

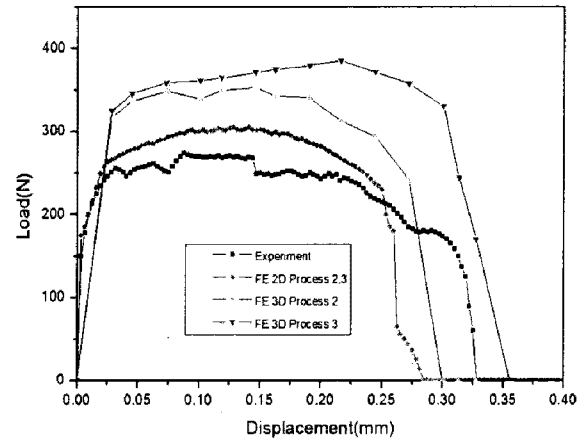
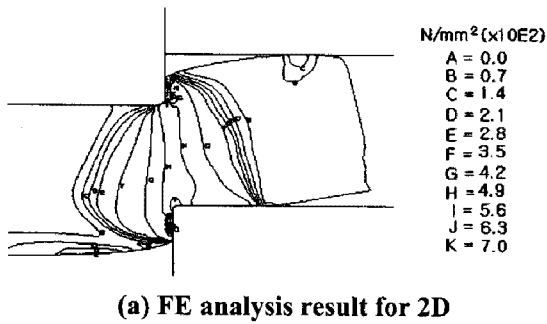


Fig. 4 Comparison of measured load-displacement curves between experiment and FE analysis results for Stage II and III

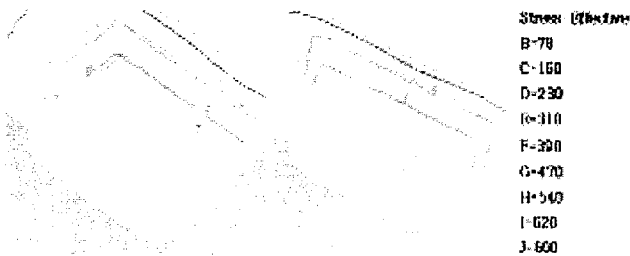
리드프레임의 2nd 단계와 3th 단계의 성형 하중 역시 실험 결과 보다 높게 나타났으며 3D 해석의 결과가 2D 보다 높게 나왔다. 2nd, 3th 단계의 성형 하중 실험에서 최대값은 263 kgf 였으며, 2D 유한요소해석에서 2nd, 3th 단계의 성형 하중 최대값은 302 kgf 이며 3D 해석에서 2nd, 3th 단계의 성형 하중은 각각 351 kgf, 389 kgf 으로 나타났다.

3.2 2D/3D FE 해석의 유효응력 비교

2D 유한요소해석과 3D 유한요소해석에서 펀치 침입에 따른 소재의 유효응력을 비교해 보았다. Fig. 5 는 1st 단계시 펀치가 소재 두께의 30%를 침입했을 때의 2D, 3D 해석 결과이다. 그리고 Fig. 6 은 2nd 단계시 펀치가 소재 두께의 30%를 침입한 해석 결과이다. Fig. 5, Fig. 6 에 나타난 바와 같이 리드프레임의 2D, 3D 유한요소해석 모두 유사한 유효응력의 분포 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

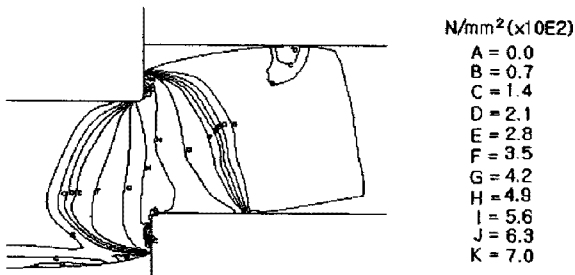


(a) FE analysis result for 2D

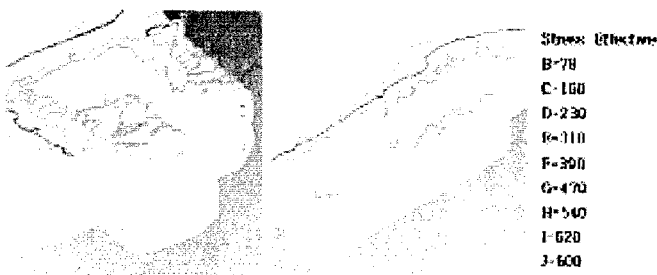


(b) FE analysis result for 3D

Fig. 5 Comparison of effective stress distribution for 2D & 3D FE analysis at the punch penetration 30%t in the stage I



(a) FE analysis result for 2D



(b) FE analysis result for 3D

Fig. 6 Comparison of effective stress distribution for 2D & 3D FE analysis at the punch penetration 30%t in the stage II



Fig. 7 Deformations of the lead frame at each stage in the piercing process

4. 결론

본 연구에서는 DEFORM™ 3D 를 이용하여 리드프레임의 연속적인 피어싱 공정을 해석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 연속적인 피어싱 공정을 3D 로 해석함으로써 2D 결과에서는 볼 수 없는 소재 전체의 형상을 관찰할 수 있었다.
- (2) 연속적인 피어싱 공정의 3D 해석이 피어싱 공정에서 잔폭의 크기에 따른 비틀림 영향등 양질의 리드프레임을 위한 최적공정변수를 찾는 데 매우 유용한 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- (1) 고관영, 1999, 정밀소성가공학, 지성출판사, pp. 138~145
- (2) 천선규, 한철호, 1999, 리드프레임 블랭킹공정의 정밀도 향상에 관한 연구, 한국정밀공학회 '99 추계학술대회 논문집, pp. 1027~1030
- (3) S. H. Jeong, J. J. Kang, S. I. Oh, 1996, A study on shearing mechanism by FEM simulation, Proceed. 5th Int. Con. on Tech. of Plasticity, Vol. 2, pp. 631~634
- (4) 김윤주, 곽태수, 배원병, 2000, 파인 블랭킹에서 전단면에 미치는 다이 틈새의 영향에 관한 유한요소 해석, 한국소성가공학회지, 제 9 권, 2 호, pp. 152~158
- (5) 임상현, 서의권, 심현보, 2001, 리드프레임 정밀전단공정의 전단특성에 관한 연구, 한국소성가공학회지, 제 10 권, 5 호, pp. 425~432