

반도체 산업의 정밀리드프레임에 대한 프레스 및 금형 변형 예측

홍석무¹ · 윤여환¹ · 엄성욱¹ · 황지훈[#] · 이동욱²

Press and Die Deformation for a Precise Semiconductor Lead Frame

S. Hong, Y. Yoon, S. Eom, J. Hwang, D. Lee

(Received March 7, 2014 / Revised April 24, 2014 / Accepted April 29, 2014)

Abstract

The metal lead frame, a semiconductor component, has product tolerances in micro units as compared to products made with a larger size mold. Therefore, small deflections of the mold and of the press as well as the press molding process itself have a strong influence on accuracy of the product. Hence, it is necessary for the process design to consider the structural response of the mold and the press during deformation. In the current study, the mold deflection and pressure on the punch is examined using the finite element modeling (FEM) program ABAQUS. The results from the simulation were verified with the dynamic deformation measurement equipment using digital image correlation (DIC).

Key Words: Progressive Die, Press/Die Structure, FEM, DIC, Sheet Metal Forming

1. 서론

프레스로 성형되는 제품은 점점 작아지고 정밀도가 높아지고 있는 추세이다. 그 대표적인 예로 메탈리드프레임(Metal Lead Frame)을 들 수 있는데, 메탈리드프레임이란 반도체 칩과 회로기판을 전기적으로 연결시켜주는 동시에 열 발산의 경로 역할을 해주는 부품으로 현재 메모리, CPU, 그래픽, ASIC 등 대부분의 반도체 제품에 사용된다(Fig. 1)[1]. 제조방식에 따라 금형을 이용하는 SLF (Stamped Lead Frame)와 에칭법을 활용하는 ELF (Etched Lead Frame)으로 구분되는데, SLF 리드프레임의 제조 공정은 금형을 이용하여 제품 형상을 만드는 스탬핑 공정, 반도체 칩과 전기적 연결을 위해 형상 가공된 제품에 귀금속(Ag/Pb)을 도금하는 Plating 공정, 그리고 Taping-

Down set (bending)과 Cut off(cutting) 공정을 거쳐 비전검사 후 포장으로 완료된다. 이중 스탬핑 공정은 고속 프레스를 이용하여 250~550 SPM의 빠른 속도로 가공 하는데, 금형은 2~3m 정도로 순차 이송 금형(progressive die) 방식의 무인 자동화 시스템으로 구성된다. Fig. 2는 순차 이송 금형을 통해 점진적으로 성형되는 제품의 형상을 보여준다. 샘플은 216PIN 2열, Interval lead P 148um(최소 타발 폭: 65 um)이다.

순차이송 금형 방식은 하나의 금형에서 여러 단계의 전단 공정을 수행하기 때문에 프레스나 금형의 크기가 기존에 비해 대형화된다. 그러나 마이크로 단위의 제품 공차를 갖는 리드프레임의 특성상, 금형에서 발생하는 수십~수백 마이크로 단위의 미세한 변형도 제품의 품질 및 수율에 영향을 미치는

1. 삼성전자 글로벌기술센터

2. 삼성테크윈 MMS 메탈팁

Corresponding Author : Global Production Technology Center, Samsung Electronics Co, Ltd. E-mail: jss0.hwang@samsung.com

매우 중요한 인자가 된다. 따라서 제품이 마이크로 단위의 공차를 갖도록 생산하기 위해서는 구조적인 건전성을 고려한 프레스 및 금형 설계가 필요하다. 과거 현장에서는 금형 설치 시 다이 스포팅(die spotting)작업을 통해 간극을 조정했으나, 성형과정에서 소재 유입 및 신장 등에 의해 불 균일 두께상태가 되고, 이러한 원인으로 상하 금형의 간극이 점점 더 불 균일한 상태가 된다. 작업 도중 불량 발생 시 반복적으로 다이 스포팅을 하거나, 다이 베드 등의 연삭을 통해 임시방편으로 불량을 개선하는 실정이다. 현재까지 리드프레임 성형공정에 관한 연구는 펀치의 좌굴에 대한 보강설계[1], 피어싱 공정의 클리어런스 영향[2], 홀더력과 스트리퍼 형상이 최종 리드형상에 미치는 영향[3] 등의 유한요소법을 활용한 전단 공정의 연구가 주를 이루었다. 이들은 공정 조건에 따른 소재의 변형에만 초점을 맞추어 금형을 강체(rigid body)로 가정했는데, 이러한 FEM을 활용한 단품 구조해석으로는 금형의 미세변형이나 파손 등의 요인을 예측하기 힘들다.

금형구조를 개선하거나 파손 원인 등을 규명하기 위한 선행연구 사례가 있는데, Yin 등은 구조해석 모델링 기법을 제안하고, 실험계획법을 활용하여 차체용 대형 금형과 블랭크 홀더의 구조강도 및 굽힘 변형을 최소화하는 구조설계를 수행했다[4]. Aitharaju 등은 유한요소해석을 이용한 다이 구조해석기법을 정립하고, 이를 활용한 차체 성형용 금형의 구조를 개선 설계했다[5]. Lee 등은 프레스/금형 연계해석 모델과 블랭크 두께 변화를 구조해석 모델에 반영하는 새로운 방법을 제안하고, 금형 간극 변화를 최소화하기 위한 밸런스 블록의 위치 및 높이 최적화를 수행했다[6]. Keum 등은 프레스와 금형의 변형을 고려한 구조해석을 통해 판재성형해석 시 스프링백 현상을 모사하는 등 해석 정밀도 향상시켰다[7]. 선행연구에서는 단순화된 모델링 기법과 이상적인 작업조건을 고려하였지만, 고속 타발 시 발생하는 동적 하중으로 인한 금형의 변화를 예측하고, 프레스 시스템의 전체 변형을 고려하기 위해서 새로운 모델링 기법이 적용되어야 한다.

본 연구에서는 고속 순차 이송 금형 방식의 프레스 타발 순간을 DIC(Digital Image Correlation)기법으로 측정하였다. DIC 기법을 통해 복잡하고 빠르게 움직이는 프레스 내에서 성형공정 프로세스의 순차적 측정이 가능하고 비 접촉 방식으로 변형을 측정

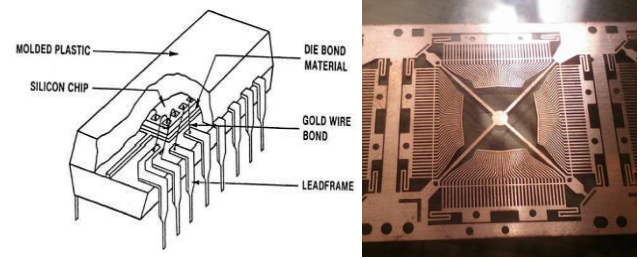


Fig. 1 Schematic diagram of metal lead frame and a sample of lead frame

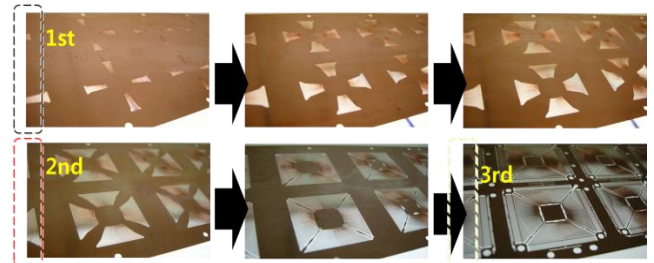


Fig. 2 Metal lead frame after progressive press forming

할 수 있으며, 또한 고속카메라(1200cut/s)를 이용하여 타발 시 실제 금형의 흔들림을 정량적으로 분석할 수 있다. 이 결과는 프레스와 금형 전체 유한요소해석 모델링(FEM)의 검증자료로 활용되었다. 각 금형의 구성 요소와 부품들은 Multi Point Constraint(MPC) 조건으로 체결되었고, 접촉 및 슬라이딩 조건을 부여함으로써 실제 거동을 현실적으로 모사했다.

2. 유한요소모델링

본 연구에서 다룬 프레스 장비는 용량 80 Ton, 가동 속도 300SPM(Speed per minute)의 고속 프레스이다. 고속 프레스 장비 사용시 스피드가 높아질 수록 생산성이 향상되는 반면, 타발 시 금형 정밀도, 진동 및 마모 등의 복합적인 원인으로 타발 위치가 부정확하여 리드 프레임의 전단이 고르지 않게 되는 문제점이 종종 발생한다. 따라서 순차 이송 금형 방식을 적용한 프레스 장비와 금형 구조가 전단 부품의 제조에 미치는 영향을 살펴보기 위해서 금형과 프레스 일부 부분을 유한 요소 모델링하고 해석을 수행했다. 프레스의 크기는 수 미터이며, 금형의 폭이 3m에 이르는 대형 구조물과 수십 마이크로 단위 제품을 생산하는 전단 금형의 전체 모델링은 시간적 효율성과 해석기법을 고려했을 때 어렵다고 판단되므로, 펀치에 의해 전단되는 부분의 해석 등은

Table 1 Material properties of mold-parts

	Young's modulus	Density [ton/mm ³]	Part name
SM45C	205 GPa	7.82E-9	Punch holder Die holder
Copper	118 GPa	8.94E-9	Blank
KD 20	506 GPa	14.2E-9	Stripper insert Die insert
STD 11	209 GPa	7.72E-9	The others

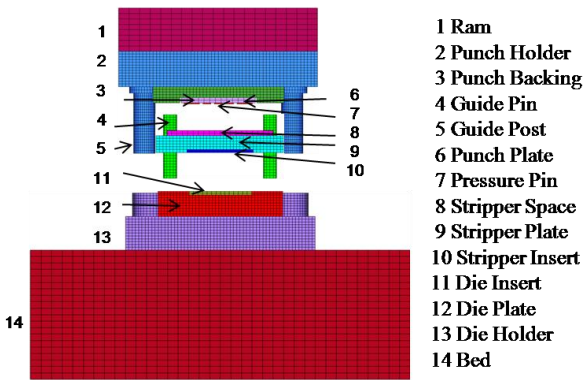


Fig. 3 Finite Element Modeling

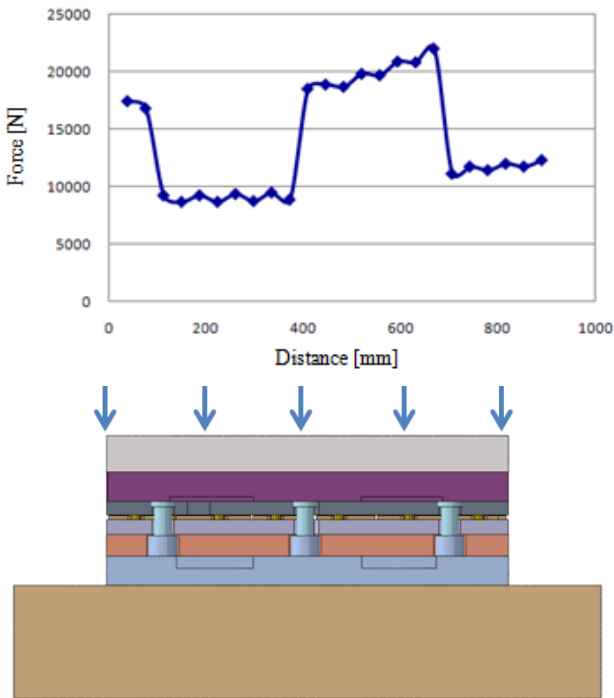


Fig. 4 Boundary condition on upper mold as distributed load

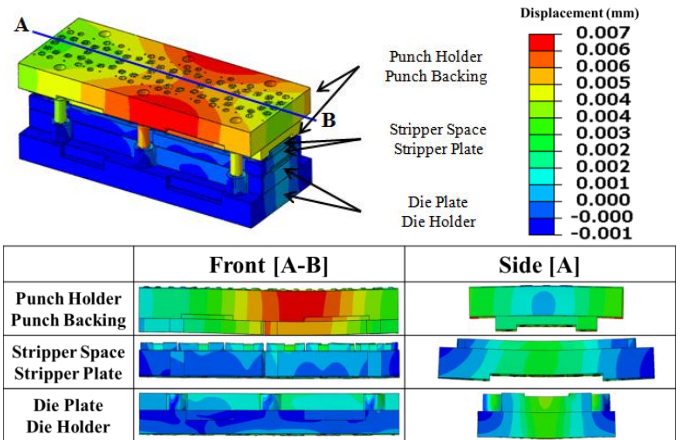


Fig. 5 Results from FE Simulation

제외하고 실제 측정에 의해서 얻어진 반력을 분산 하중으로 해석 모델에 적용하였다. 유한 요소 모델링은 14개의 파트로 이루어지며, Fig. 3에 전체 금형의 어셈블리 모델을 나타냈다.

2.1 경계조건

해석 모델에 총 세 가지 금속 재료가 사용되었는데, Holder(2,13)는 SMC45, Insert(10,11)는 KD20, 전단되는 블랭크 소재는 Copper, 그 외의 파트는 STD11이 사용되었다. 그에 대한 기계적 물성치는 Table 1과 같다. 각 파트의 볼트 체결과 클램프(clamp) 체결은 강체 요소(rigid element)를 사용하였고 경계조건으로 Bed(14) 아래 면을 구속 시켰으며, 구분된 각 파트의 접촉면을 접촉 경계조건으로 처리하여 실제 현상에서 일어나는 슬립 등을 고려하였다. 모델 중 Ram(1)과 펀치 홀더(2) 그리고 Bed(14)와 다이 홀더(13)의 일부분은 Tie 조건으로 설정해 수렴성을 향상시켰다. 해석에 필요한 하중 조건을 얻기 위해서 실험을 통해 프레스 상단부에서 하중을 측정하였으며, CAE 해석 경계조건으로 리드프레임 타발 시 필요한 전단 소요력을 Ram (1) 상단부에 주었다. 해석에 사용된 하중 조건은 Fig. 4에 나타내었다. 유한 요소 해석은 ABAQUS/CAE 프로그램 Static, General 모드를 사용하였다[8].

3. 결과

3.1 구조해석결과

유한요소해석에 의한 프레스의 변위 해석결과는 Fig. 5 와 같다. 결과에서는 프레스를 제외한 금형에

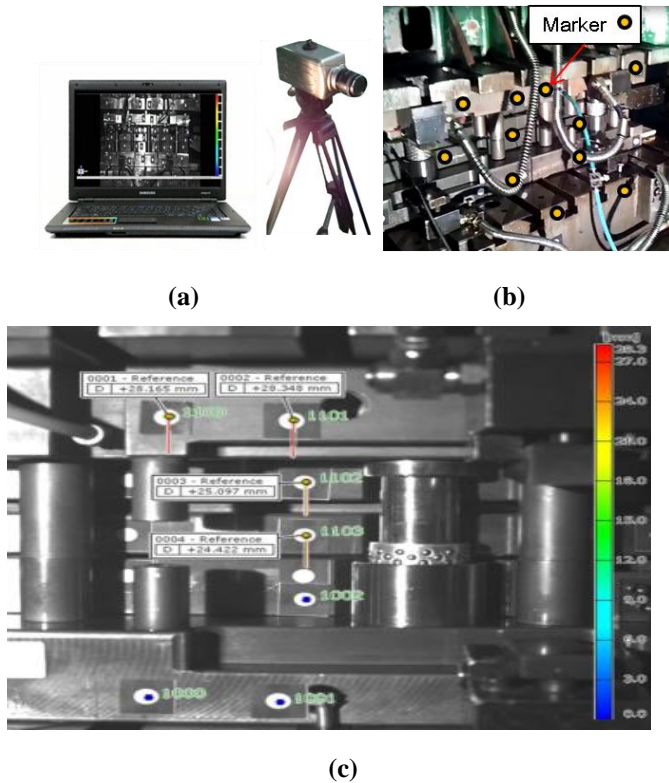


Fig. 6 Optical measurement system PONTOS: (a) high speed camera and S/W, (b) measurement markers on molds, (c) calculation of displacement on measurement positions

대한 변형만을 분석하였다. 순차이송 방식의 진단공정은 진단하중의 분포가 매우 중요하게 작용하는데, 순차이송 방향의 뒷부분에 대부분 하중이 집중됨으로 인해서 반력을 받게 되는 상단부 금형이 한쪽으로 쏠리는 현상이 발생된다. 가이드 포스트에는 집중하중이 발생되어 300SPM의 빠른 속도로 반복 타발 시 금형의 편 마모가 진행될 수 있음을 금형 구조 해석을 통해 확인할 수 있다.

3.2 DIC 측정 비교 결과

Fig. 6-(a)의 동적 변형을 측정할 수 있는 비 접촉 3차원 측정 시스템 PONTOS(GOM GmbH, Germany)를 활용하여 300SPM으로 고속 상하 반복을 하는 프레스 금형의 변위를 측정하였다[9]. 금형 위에 측정 마커를 붙이고 초고속 카메라 (1만장/초)를 이용하여 타발 순간을 분석하였다. 프레스 동적 하중이 미치는 금형의 위치 및 영향을 분석하기 위해서 프레스 금형의 각 부분 즉, Ram, Punch holder, Stripper

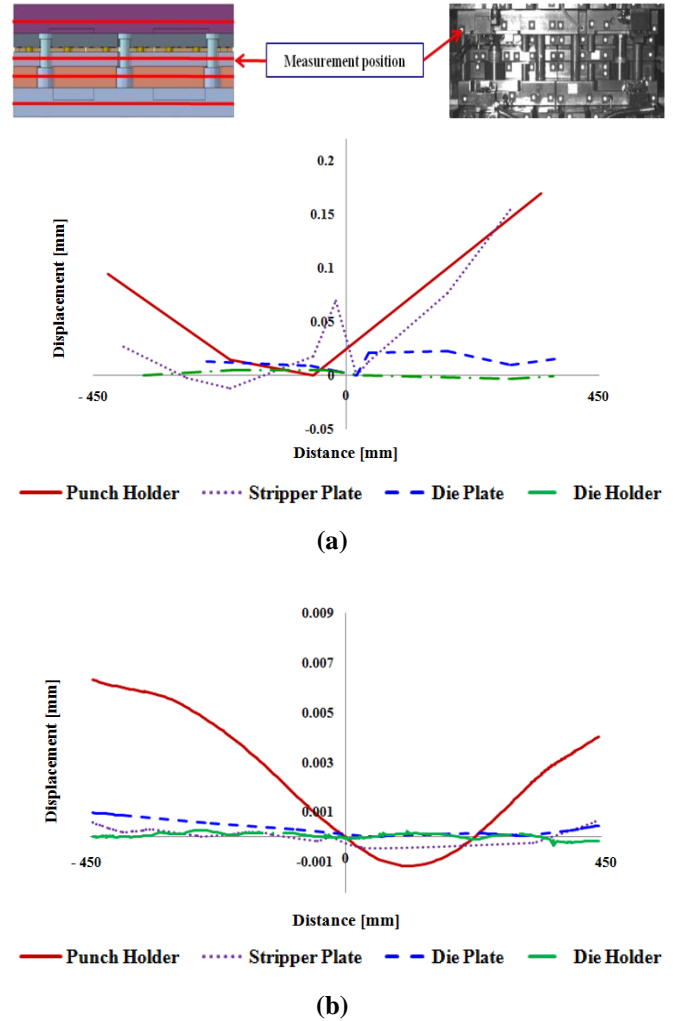


Fig. 7 Comparison between results of (a) DIC measurement and (b) FE simulation (Displacement difference on measurement position)

(이상 구동부), Die Plate, Die Holder, BED (이상 고정부)로 구분하여 측정 마커를 지정하였다(Fig. 6-(b)). 지정된 마커들은 고속카메라 측정 중 노드로 인식되며, 이 마커들의 움직임을 PONTOS S/W에서 계산해 Fig. 6-(c)와 같이 고속 프레스의 작동 중 측정 대상 개체의 변위를 측정하게 된다. Fig. 7은 중심부를 기준으로 측정 마커들의 상대 변위를 계산하여 해석 결과와 측정 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

해석 결과와 측정 결과 그래프를 동일한 스케일과 위치에서 비교해 본 결과 동일한 거동을 보이며 상대 위치 및 변위 차이도 양호한 일치성을 보인다. 이 중 스트리퍼 변위의 경우 해석상 계산된 변위와 실제 생기는 변위에 차이가 보이는데, 이는 해석 시

하중 경계 조건에서 금형의 타발 시 충격량과 관성력 등의 여러 조건들을 고려하지 않았기 때문에 상대적으로 작게 평가된 것으로 보인다. 향후 실제와 동일한 조건을 모두 고려하도록 모델링하여 동적 해석(dynamic)을 진행한다면 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 고속 순차 이송 금형 프레스의 타발 순간 금형의 변형을 구조 정적 해석을 통해 예측하고 DIC 기법을 활용한 측정 결과와 비교하였다. CAE 해석 결과와 DIC 동적 변형 측정 결과의 변형 양상은 양호한 일치율을 보인다. 따라서, 프레스와 금형의 정적 구조해석을 통해서 타발 시 금형의 변형과 응력을 최소화 할 수 있는 최적 금형 조건을 결정할 수 있게 된다. 또한 프레스 장비 자체 강성을 평가할 수 있는 기준으로 적합하며, 해석 데이터는 프레스 강성 보강을 위한 근거 데이터로 활용이 가능한 것으로 판단된다. DIC를 활용한 동적 평가와 해석데이터의 비교 분석으로 프레스 장비의 노후도 예측이 가능할 뿐만 아니라, 금형 내부의 결합 구조에 따른 금형의 마모 정도도 예측 가능하다. 따라서 본 연구 결과를 활용하여 신규 모델 개발 시에 장비 선택 및 신규 장비 개발에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] I. S. Lee, D. C. Ko, B. M. Kim, 2005, Proc. Kor. Soc. Prec. Eng., Autumn Conf., Kor. Soc. Prec. Eng., Seoul, Korea, pp. 1014~1017.
- [2] H. S. Kim, H. A. Lee, W. H. J. Kim, H. P. Kim, Y. J. Kim, 2006, Proc. Kor. Soc. Prec. Eng., Autumn Conf., Kor. Soc. Prec. Eng., Seoul, Korea, pp. 237~238.
- [3] S. K. Cheon, C. H. Han, 1999, Proc. Kor. Soc. Prec. Eng., Autumn Conf., Kor. Soc. Prec. Eng., Seoul, Korea, pp. 1027~1030.
- [4] J. J. Yin, Y. S. Shin, H. Y. Kim, 2001, Analysis on the Bending Deflection of the Blank Holder in Automotive Body Panel Draw Die, Trans. of the Kor. Soc. of Machine Tool Engineers, Vol. 10, No. 3, pp. 68~74.
- [5] V. Aitharaju, M. Liu, J. Dong, J. Zhang, C. Wang, 2005, Integrated Forming Simulations and Die Structural Analysis for Optimal Die Designs, Numisheet 2005, Vol. A, pp. 96~100.
- [6] H. S. Lee, J. J. Yin, S. W. Chae, 2006, Proc. Kor. Soc. Automot. Eng. Spring Conf. Vol. 6, Kor. Soc. Automot. Eng., Seoul, Korea, pp. 2039~2044.
- [7] Y. T. Keum, I. H. Ahn, M. H. Song, S. O. Kwon, J. S. Park, 2005, Simulation of Stamping Process of Automotive Panel Considering Die Deformation, Numisheet 2005, Vol. A, pp. 90~95.
- [8] ABAQUS User's Manual, Ver. 6.10, Dassault Systemes Simulia Corp., Providence, RI, USA.
- [9] GOM User's Manual, GmbH, Germany.